

ISSN: 2961-287X



En alianza con:



RICCE

*Revista Iberoamericana
de Complejidad y Ciencias
Económicas*

Vol. 2 Núm. 4(2024)

REVISTA IBEROAMERICANA DE COMPLEJIDAD Y CIENCIAS ECONÓMICAS

Vol.2 No. 4 - Diciembre 2024.

Editado por:

Universidad La Salle

RUC: 20456344004

Av. Alfonso Ugarte 517, Cercado, Arequipa, Perú

ISSN: 2961-287X

Depósito Legal No. 2023-08579

Publicación cuatrimestral

DOI: 10.48168/RICCE.v2n4

EQUIPO EDITORIAL EDITOR

Dr. Glenn Roberto Arce Larrea (Perú)

EDITORES INVITADOS

Ricardo Fernando Rosales Cisneros Ph.D.

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Glenn Roberto Arce Larrea (Perú)

Dr. Carlos Eduardo Maldonado Castañeda (Colombia)

Dr. Carlos Alberto Flores Sánchez (México)

Dr. Eligio Cruz Leandro (México)

Dr. José Guadalupe Ramírez Durán (México)

Mtro. Josué Miguel Flores Parra (México)

Dr. Leonardo G. Rodríguez Zoya (Argentina)

Dr. Miguel Ramón Víguri Axpe (España)

Dr. Nelson Alfonso Gómez Cruz (Colombia)

Dr. Ricardo Fernando Rosales Cisneros (México)

Dra. Margarita Ramírez Ramírez (México)

Dra. María del Consuelo Salgado Soto (México)

Dra. María Nely Vásquez Pérez (España)

Dra. Nora del Carmen Osuna Millan (México)

Dra. Taeli Gomez Francisco

Dra. Wendy Ugarte Mejía (Perú)

Econ. Angela Daniela Portugal Pacheco (Perú)

Dr. Juan Antonio Meza Fregoso (México)

EDICIÓN Y DISEÑO

Universidad La Salle (Arequipa)

EN ALIANZA CON

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA (MÉXICO)

ACADEMIA HISPANOAMERICANA DE LA COMPLEJIDAD

ricce@ulasalle.edu.pe

<https://revistas.ulasalle.edu.pe/ricce>

EDITORIAL

En la intersección de la inteligencia artificial, el pensamiento complejo y la transformación digital emergen nuevas formas de comprender y abordar los desafíos contemporáneos. Esto demanda una nueva forma de pensar y actuar, que reconozca y aborde la complejidad inherente a los sistemas sociales, económicos y tecnológicos. En este contexto, la complejidad se erige como un concepto clave para comprender y enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Desde la perspectiva educativa, se presentan al lector enfoques disruptivos que abordan la digitalización en la enseñanza de adultos mayores y las transformaciones en instituciones de educación superior como sistemas dinámicos en constante evolución. Estas reflexiones destacan la relevancia de considerar a la tecnología no solo como herramienta, sino como parte integral de un ecosistema educativo complejo.

En el ámbito empresarial, el lector puede encontrar como los sistemas complejos y las estrategias tecnológicas emergen como catalizadores de la competitividad, vinculando la administración de proyectos con la adopción estratégica de la IA generativa y la innovación en la Industria 4.0. Asimismo, se aborda como el modelado computacional y la simulación social se posicionan como herramientas clave para desentrañar dinámicas organizacionales y sociales.

Finalmente, se invita al lector a reflexionar sobre la sinergia entre IA y factores humanos en el diseño de nuevos productos, y a explorar cómo los estudiantes de investigación 2024 enfrentaron la complejidad asociada a la inteligencia artificial generativa. Este conjunto de artículos busca no solo iluminar, sino también abrir caminos hacia una auto, hetero y co-reflexión que impulse el conocimiento y la creatividad.

Ricardo Fernando Rosales Cisneros Ph.D.

LA INTERSECCIÓN ENTRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA), EL PENSAMIENTO COMPLEJO Y LA METODOLOGÍA DE AUDITORÍA DE SESGO

FECHA DE RECEPCIÓN: 14-08-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 19-11-24

José Luis Bustelo

ESERP BUSINESS SCHOOL

Correo electrónico: jbustelo@eserp.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5405-7788>

RESUMEN

Este artículo examina la intersección entre la inteligencia artificial (IA), el pensamiento complejo y la metodología de auditoría de sesgo, enfocándose en cómo estas herramientas pueden garantizar un desarrollo ético y equitativo de los algoritmos de IA. Se destacan las fuentes de sesgo en los modelos de IA, los métodos de detección y las estrategias de mitigación que buscan mejorar la equidad y justicia de estos sistemas. Asimismo, se discute la importancia del pensamiento complejo para comprender las múltiples dimensiones y la interconexión de los sesgos algorítmicos, y cómo la auditoría de sesgo juega un papel crucial en la identificación y corrección de estas injusticias.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Pensamiento Complejo, Auditoría de Sesgo, Sesgos Algorítmicos, Equidad, Inclusión.

ABSTRACT

This paper explores the intersection between artificial intelligence (AI), complex thinking, and bias auditing methodology, focusing on how these tools can ensure ethical and equitable AI algorithm development. The study highlights the sources of bias in AI models, detection methods, and mitigation strategies aimed at improving the fairness and justice of these systems. Additionally, the importance of complex thinking is discussed in understanding the multiple dimensions and interconnections of algorithmic biases, and how bias auditing plays a crucial role in identifying and correcting these injustices.

Keywords: Artificial Intelligence, Complex Thinking, Bias Audit, Algorithmic Biases, Fairness, Inclusion.

JEL Classification: C63, D63, O33.

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una herramienta omnipresente en una amplia gama de campos, incluyendo la medicina y la economía, permitiendo la automatización de tareas complejas y la toma de decisiones fundamentadas en grandes volúmenes de datos (Cerero, 2024). Sin embargo, a medida que los algoritmos de IA se incorporan a sistemas críticos, surge una creciente preocupación sobre los sesgos inherentes en estos modelos y su capacidad para perpetuar inequidades sociales. Esta preocupación no es infundada, ya que investigaciones previas han evidenciado que los sesgos pueden manifestarse en diversas etapas del ciclo de desarrollo de la IA, desde la recolección de datos hasta el diseño de algoritmos.

En años recientes, se ha observado un esfuerzo considerable por parte de la comunidad académica y profesional para abordar el problema del sesgo en la IA. Las investigaciones iniciales se enfocaron en identificar las fuentes de sesgo, como la representación desigual de grupos demográficos en los conjuntos de datos, lo que puede resultar en decisiones algorítmicas injustas (Frances, 2024). Posteriormente, se han desarrollado métodos para detectar y mitigar estos sesgos, tales como la depuración de datos y el diseño de algoritmos con una perspectiva de equidad (Salgado, 2024). A medida que estos enfoques han avanzado, ha emergido la necesidad de una metodología más integral que no solo aborde el sesgo desde un enfoque técnico, sino que también incorpore principios de pensamiento complejo y auditoría ética para asegurar un desarrollo responsable de la IA.

El pensamiento complejo, que reconoce la interconexión y diversidad de los sistemas, proporciona un marco valioso para analizar y comprender los sesgos en los modelos de IA (Morin, 2020). Este enfoque facilita la comprensión de las interacciones no lineales y las múltiples dimensiones que caracterizan los sistemas algorítmicos modernos, permitiendo una percepción más profunda de cómo emergen y se propagan los sesgos en estos sistemas.

Además, la metodología de auditoría de sesgo se ha establecido como una práctica crucial para la identificación y mitigación de sesgos en los modelos de IA. Esta metodología incluye técnicas como la auditoría de equidad y el análisis de sensibilidad, que, cuando se aplican de manera continua, permiten un monitoreo riguroso y una mejora constante de los modelos algorítmicos, especialmente en el ámbito jurídico (Mitelli, 2023). Estas prácticas no solo son críticas para mejorar la transparencia y la responsabilidad en el desarrollo de IA, sino que también son fundamentales para fomentar un desarrollo ético y equitativo en la tecnología.

El objetivo principal de este artículo es examinar y explicar de qué manera la integración del pensamiento complejo y la metodología de auditoría de sesgo puede promover un

desarrollo más ético y equitativo de la inteligencia artificial. Mediante una introducción a los modelos de sesgos, así como a las técnicas de mitigación y limpieza de estos, junto con una revisión exhaustiva del estado del arte y un análisis crítico de las estrategias actuales, se busca proporcionar una guía para la aplicación de prácticas que aseguren la equidad en los sistemas de IA.

2. IDENTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE SESGOS EN MODELOS DE IA

2.1 FUENTES DE SESGO EN MODELOS DE IA

Los sesgos en los modelos de IA pueden surgir en distintas fases del ciclo de vida del desarrollo algorítmico, influyendo considerablemente en la equidad y justicia de los resultados obtenidos. Una de las principales fuentes de sesgo proviene de los conjuntos de datos utilizados para entrenar los modelos. Como señala Padarha (2023), estos conjuntos de datos pueden reflejar prejuicios sociales preexistentes, como la subrepresentación de ciertos grupos demográficos, lo que conduce a decisiones desproporcionadamente desfavorables hacia esos grupos. Otra fuente de sesgo reside en el diseño de los algoritmos, donde las decisiones relacionadas con el modelado y los criterios de optimización pueden priorizar la precisión general a expensas de la equidad (Santos, Lima, & Magalhães, 2023).

Además, el sesgo puede introducirse durante el proceso de etiquetado de datos, especialmente en tareas que dependen de juicios humanos. Los sesgos inherentes en las percepciones y prejuicios de los etiquetadores pueden manifestarse en los datos de entrenamiento, perpetuando estereotipos y decisiones discriminatorias (Crawford, 2021). Finalmente, los sesgos contextuales derivados de la implementación de los modelos en entornos específicos también pueden desempeñar un papel crucial, ya que los modelos entrenados en un contexto particular pueden no generalizar adecuadamente a otros, exacerbando así las desigualdades (Birhane, 2021).

TABLA 1. PRINCIPALES FUENTES DE SESGO.

Fuente de Sesgo	Descripción
Sesgos en datos de entrenamiento	Reflejan prejuicios sociales en los datos utilizados.
Diseño del algoritmo	Decisiones de diseño que priorizan la precisión sobre la equidad.
Etiquetado humano	Errores o prejuicios de los etiquetadores humanos.
Contexto de implementación	Condiciones específicas del entorno que afectan la generalización.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

2.2 MÉTODOS DE DETECCIÓN DE SESGOS

Como señala Padarha (2023), la detección de sesgos en los modelos de IA es fundamental para asegurar su equidad y efectividad. Entre los métodos más utilizados se encuentra el análisis de equidad, que compara el rendimiento del modelo a través de distintos subgrupos demográficos. Este análisis permite identificar discrepancias en la precisión y otras métricas clave, lo que podría revelar la existencia de un sesgo sistémico.

Otra técnica comúnmente empleada es el análisis de sensibilidad, que examina cómo pequeñas variaciones en los datos de entrada pueden influir en los resultados del modelo. Si se observa que ciertas variaciones afectan desproporcionadamente a algunos grupos, esto podría señalar la presencia de un sesgo estructural en el modelo (Page, 2018). Además, se utiliza el método de auditoría de caja negra para evaluar los resultados del modelo sin necesidad de acceso directo al código fuente o a los datos de entrenamiento. Este enfoque puede revelar patrones de decisiones sesgadas basándose únicamente en los resultados observados.

2.3 ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE SESGOS.

Según, Barocas, Hardt, & Narayanan, (2023), una vez que se identifican los sesgos, es esencial aplicar estrategias de mitigación para corregirlos y mejorar la equidad del modelo. Una de las estrategias más eficaces es la limpieza y el preprocesamiento de datos, que implica eliminar o corregir datos sesgados antes de utilizarlos en el entrenamiento del modelo. Esto puede incluir la ampliación de conjuntos de datos para mejorar la representatividad de todos los grupos demográficos o la normalización de datos que podrían introducir prejuicios.

Otra estrategia clave es el diseño de algoritmos conscientes, que incorpora principios de equidad desde las etapas iniciales del desarrollo. Esto abarca el uso de funciones de costo que penalizan las disparidades entre grupos y la implementación de técnicas de aprendizaje justo, las cuales buscan minimizar el sesgo sin comprometer la precisión general. Tal y como advierte Russell (2019), existe un problema de alineación de valores cuando, “quizás inadvertidamente, imbuimos a las máquinas con objetivos que están imperfectamente alineados con los nuestros” (p. 137). La realización de pruebas continuas y el monitoreo a lo largo del ciclo de vida del modelo son fundamentales para asegurar que cualquier sesgo emergente sea identificado y corregido rápidamente. Este monitoreo debe incluir tanto el rendimiento del modelo en entornos de producción como la evaluación de su impacto en diferentes subgrupos.

2.4 IMPORTANCIA DE LA LIMPIEZA DE DATOS, DISEÑO ALGORÍTMICO Y MONITOREO.

La limpieza de datos, el diseño algorítmico consciente y el monitoreo continuo son elementos clave para mitigar los sesgos en los modelos de la IA. La limpieza de datos no solo mejora la calidad del modelo, sino que también evita la perpetuación de sesgos derivados de datos históricos injustos (Shahbazi, Lin, Asudeh, & Jagadish, 2022). Por otro lado, el diseño algorítmico consciente garantiza que los modelos se desarrollen con una clara comprensión de las implicaciones éticas y sociales de sus decisiones, fomentando la justicia y la equidad. Finalmente, el monitoreo continuo asegura que los modelos permanezcan justos y efectivos a lo largo del tiempo, permitiendo la detección temprana de sesgos y la implementación de medidas correctivas cuando sea necesario. La adopción de estas prácticas no solo mejora la equidad y justicia en los sistemas de IA, sino que también incrementa la confianza y aceptación social de estas tecnologías, promoviendo su uso responsable y ético en diversos contextos.

TABLA 2. TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE SESGO.

Técnica de mitigación	Descripción	Aplicación Práctica	Beneficio
Limpieza y preprocesamiento de Datos	Eliminar o corregir datos sesgados, ampliando la representación de grupos demográficos.	Mejorar la calidad de los datos y evitar la perpetuación de sesgos históricos.	Mayor representatividad y equidad en los datos.
Diseño de Algoritmos Conscientes	Incorporar principios de equidad desde la etapa inicial del desarrollo.	Asegurar que los modelos sean justos desde la base, minimizando disparidades.	Decisiones más justas y socialmente responsables.
Auditoría de Equidad	Evaluar el desempeño del modelo entre distintos grupos demográficos.	Detectar diferencias significativas en métricas clave para diferentes subgrupos.	Reducción de disparidades en los resultados del modelo.
Análisis de Sensibilidad	Examinar cómo pequeñas variaciones en los datos afectan los resultados del modelo.	Identificar atributos con peso excesivo y asegurar decisiones más justas.	Mejora de la robustez y equidad del modelo.

Monitoreo Continuo	Revisar regularmente el modelo para identificar y corregir sesgos emergentes.	Mantener la equidad del modelo a lo largo de su vida útil en entornos dinámicos.	Prevención de impactos negativos a largo plazo en diferentes grupos.
--------------------	---	--	--

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3. APLICACIÓN DEL PENSAMIENTO COMPLEJO AL ANÁLISIS DE LOS ALGORITMOS

3.1 EL PENSAMIENTO COMPLEJO

El pensamiento complejo, un marco conceptual propuesto por el filósofo y sociólogo Edgar Morin, sostiene que los fenómenos no deben analizarse de manera aislada, sino como elementos interconectados dentro de sistemas más amplios (Morin, 2020). Este enfoque desafía la perspectiva reduccionista tradicional, que tiende a fragmentar la realidad en partes independientes, y en su lugar, promueve la comprensión de las relaciones, interacciones y contextos que influyen en los sistemas. En el ámbito de la IA, el pensamiento complejo proporciona una perspectiva valiosa para analizar los algoritmos, ya que permite identificar las múltiples dimensiones y factores que pueden contribuir a la aparición de sesgos algorítmicos.

3.2 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS BASADAS EN EL PENSAMIENTO COMPLEJO

El pensamiento complejo introduce varias categorías de análisis fundamentales para identificar y comprender los sesgos en los modelos de la IA. Una de estas categorías es la recursividad, que se refiere a la retroalimentación continua entre los componentes de un sistema. Según Flores (2020), en los algoritmos de IA, la recursividad puede manifestarse cuando los modelos se entrenan con datos que ya han sido previamente influenciados por el mismo algoritmo, creando un ciclo que puede amplificar los sesgos existentes. Analizar la recursividad en los algoritmos permite identificar estos ciclos y desarrollar estrategias para interrumpirlos, reduciendo así el sesgo algorítmico.

Otra categoría crucial es la hologramaticidad, que sugiere que cada parte de un sistema contiene información sobre el conjunto. En el contexto del análisis algorítmico, esto significa que los sesgos observados en un aspecto del modelo pueden reflejar problemas más amplios y sistémicos. Por ejemplo, un sesgo en la clasificación de datos podría estar vinculado a una concepción sesgada de las categorías utilizadas por el modelo, lo que requeriría una revisión integral de todo el sistema (Morin, 2020). Este enfoque permite una comprensión más profunda de cómo los sesgos se integran en la estructura misma de

los algoritmos y facilita la identificación de puntos críticos para su corrección.

El concepto de dialogicidad también es central en el pensamiento complejo, ya que reconoce la coexistencia de elementos contradictorios dentro de un sistema. En los algoritmos de IA, esto se traduce en la necesidad de equilibrar la precisión con la equidad, dos objetivos que a menudo están en tensión. Adoptar un enfoque dialógico en el diseño de algoritmos implica reconocer y gestionar estas tensiones de manera que se minimice el sesgo sin comprometer la funcionalidad del modelo según los autores (Gimpel et al. (2023). Este enfoque proporciona un análisis más matizado y permite una implementación más ética de los algoritmos de IA.

3.3 CONTRIBUCIÓN DEL PENSAMIENTO COMPLEJO AL DESARROLLO ÉTICO Y EQUITATIVO DE LA IA.

El pensamiento complejo no solo facilita la identificación de sesgos en los algoritmos, sino que también contribuye al desarrollo ético y equitativo de la IA. Al integrar este enfoque en el análisis de algoritmos, se promueve una comprensión más integral de cómo los modelos de IA interactúan con los contextos sociales en los que se aplican. Esto es fundamental, ya que permite anticipar y mitigar los impactos negativos que los sesgos algorítmicos podrían tener en diferentes grupos sociales.

Además, el pensamiento complejo impulsa un enfoque interdisciplinario en el desarrollo de la IA, integrando conocimientos de campos como la sociología, la ética y la informática. Este enfoque colaborativo es crucial para enfrentar los desafíos éticos que plantea la IA, ya que facilita la creación de modelos más sólidos y justos que incorporan una diversidad de perspectivas y valores (Agbese, Mohanani, Khan, & Abrahamsson, 2023). Aplicando el pensamiento complejo, se puede avanzar hacia una IA que no solo sea técnicamente eficaz, sino también socialmente responsable y equitativa.

El uso del pensamiento complejo en el análisis de algoritmos permite identificar sesgos de manera más eficaz y contribuye al desarrollo de prácticas más éticas en la IA. Este enfoque no solo mejora la calidad de los modelos de IA, sino que también garantiza que estas tecnologías se desarrollen de manera que respeten los principios de justicia y equidad, beneficiando a la sociedad en su conjunto.

4.1 IMPORTANCIA DE LA AUDITORÍA DE SESGO

La auditoría de sesgo en los modelos de IA es una práctica esencial para asegurar la equidad, transparencia y responsabilidad en el desarrollo y aplicación de estas tecnologías. A medida que la IA se integra en decisiones críticas en sectores como la salud, la justicia y las finanzas, es fundamental identificar y mitigar cualquier sesgo que pueda afectar

negativamente a ciertos grupos de personas (Raji et al., 2020). La auditoría de sesgo ofrece un marco estructurado para evaluar los modelos de IA, garantizando que sus resultados no perpetúen injusticias o disparidades sociales.

El sesgo en los modelos de IA puede originarse en diversas fuentes, como conjuntos de datos no representativos, suposiciones algorítmicas, o decisiones de diseño que no consideran adecuadamente la diversidad humana (Fabris, et al., 2018). La auditoría de sesgo permite identificar estos problemas mediante un análisis exhaustivo, asegurando que se implementen medidas correctivas antes de que los modelos sean aplicados en la práctica. Sin esta auditoría, los sistemas de IA corren el riesgo de amplificar las desigualdades existentes, afectando negativamente a poblaciones vulnerables y erosionando la confianza pública en estas tecnologías.

4.2 TÉCNICAS DE AUDITORÍA DE EQUIDAD.

Una de las herramientas más relevantes en la auditoría de sesgo es la auditoría de equidad, la cual se centra en evaluar cómo los modelos de IA puesto que interactúan con diferentes grupos demográficos. Este enfoque implica comparar el desempeño del modelo en subgrupos caracterizados por atributos como el género, la raza, la edad o el estatus socioeconómico (Corbett-Davies et al., 2023). Por ejemplo, si un modelo de IA exhibe una alta precisión general, pero presenta una tasa de error mayor para un grupo demográfico específico, esto podría ser indicativo de la existencia de un sesgo algorítmico que requiere ser corregido.

La auditoría de equidad también puede involucrar el análisis de disparidades en los resultados, donde se exploran las diferencias en las decisiones generadas por el modelo para distintos grupos. Si un modelo de IA asigna de manera sistemática menos recursos o mayor riesgo a ciertos grupos, es fundamental investigar las causas subyacentes y ajustar el modelo para reducir estos sesgos. Realizar una auditoría de equidad es crucial para asegurar que los modelos de IA no solo sean precisos desde un punto de vista técnico, sino que también sean justos y equitativos en su implementación (Friedler, Scheidegger, & Venkatasubramanian, 2021).

4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El análisis de sensibilidad es otra técnica fundamental en la auditoría de sesgo, que se enfoca en examinar cómo las variaciones en los datos de entrada pueden influir en los resultados del modelo. Esta metodología permite detectar si pequeñas modificaciones en los atributos de los datos provocan cambios significativos en las decisiones del modelo, lo cual podría señalar la presencia de un sesgo inherente (Aalmoes, Duddu, & Boutet, 2022). Por ejemplo, si un ligero ajuste en el nivel de ingresos de una persona genera una decisión

notablemente diferente en un modelo de aprobación de préstamos, esto podría indicar que el modelo está asignando un peso excesivo a ese atributo, lo que podría conducir a decisiones injustas.

Además, el análisis de sensibilidad es una herramienta valiosa para evaluar la robustez del modelo, es decir, su capacidad para mantener un rendimiento consistente bajo diferentes condiciones y con variados conjuntos de datos. Un modelo robusto debe ser capaz de generalizar adecuadamente y tratar a todos los grupos de manera equitativa, incluso cuando se enfrenta a datos que no coinciden exactamente con los utilizados durante su entrenamiento (Mehrabi et al., 2021). Este tipo de análisis es esencial para garantizar que los modelos de IA no solo sean precisos, sino también resilientes y justos en un entorno real y dinámico.

4.4 PRUEBAS CONTINUAS Y MONITOREO.

La auditoría de sesgo no debe ser vista como un evento aislado, sino como una práctica continua durante todo el ciclo de vida de un modelo de IA. La realización de pruebas y el monitoreo constante son fundamentales para asegurar que los modelos mantengan tanto su equidad como su precisión a lo largo del tiempo, especialmente cuando se implementan en entornos dinámicos donde los datos y los contextos pueden evolucionar (Holstein et al., 2019).

El monitoreo constante implica recopilar y analizar de manera continua los resultados del modelo para identificar cualquier indicio de sesgo emergente o deterioro en su desempeño. Esto puede incluir el análisis de las tasas de error por subgrupo demográfico, la comparación de los resultados con estándares predefinidos de equidad y la revisión periódica de las decisiones del modelo en situaciones críticas (Raji et al., 2020). Además, las pruebas regulares permiten ajustar y reentrenar el modelo en respuesta a nuevas evidencias o cambios en el entorno, asegurando que siga siendo congruente con los principios de equidad y responsabilidad.

4.5 RELEVANCIA DE LA AUDITORÍA DE SESGO PARA EL DESARROLLO ÉTICO DE LA IA.

Aplicar una metodología sólida de auditoría de sesgo es esencial para garantizar el desarrollo ético y responsable de la inteligencia artificial. Detectar y corregir sesgos en las primeras etapas del desarrollo, junto con un monitoreo continuo, permite que los modelos de IA promuevan la equidad y la justicia, en lugar de reforzar las desigualdades existentes. Este enfoque no solo mejora la calidad y la confianza en los sistemas de IA, sino que también fomenta su adopción en diversas áreas de la sociedad, alineándose con los valores éticos y sociales fundamentales (Mitchell et al., 2019). Además, como señalan (Agbese, Mohanani,

Khan, & Abrahamsson, 2023)., integrar principios éticos en el desarrollo de IA es crucial para prevenir daños potenciales y garantizar que la tecnología beneficie a todos de manera equitativa.

5. CONCLUSIONES.

Este artículo ha explorado la intersección crítica entre la IA, el pensamiento complejo y la auditoría de sesgo, subrayando la importancia de una aproximación integral para mitigar los sesgos algorítmicos y promover un desarrollo más ético y equitativo de la IA. A lo largo de la discusión, se ha evidenciado que los sesgos en los modelos de IA no son solo un desafío técnico, sino también un problema profundamente arraigado en las estructuras sociales y culturales, lo que exige un abordaje que trascienda lo meramente técnico.

Pensamiento complejo y auditoría de Sesgo: La integración del pensamiento complejo como marco analítico ha demostrado ser fundamental para una comprensión más profunda y matizada de los sesgos en los sistemas de IA. Este enfoque permite identificar las múltiples dimensiones y contextos que influyen en la aparición de sesgos, facilitando un análisis que considera la interconexión y la retroalimentación continua dentro de los sistemas algorítmicos. Además, la metodología de auditoría de sesgo, con técnicas como la auditoría de equidad y el análisis de sensibilidad, se ha destacado como una herramienta crucial para la identificación y mitigación continua de los sesgos.

Implicaciones éticas y sociales: La implementación de estas metodologías no solo mejora la transparencia y la responsabilidad en el desarrollo de la IA, sino que también es esencial para fomentar la equidad y la inclusión en la tecnología. A medida que la IA sigue influyendo en diversas áreas críticas como la salud, la justicia y las finanzas, es imperativo que los desarrolladores y los responsables de políticas adopten enfoques que prioricen la justicia y el respeto por la diversidad humana.

Como recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere continuar explorando la aplicación del pensamiento complejo en otros dominios de la IA, así como el desarrollo de nuevas técnicas de auditoría que puedan anticipar y mitigar sesgos de manera más eficaz. Además, es crucial fomentar la educación y la sensibilización sobre los sesgos en la IA, tanto en la comunidad técnica como en el público en general, para garantizar que el desarrollo de la IA avance de manera equitativa y responsable.

En conclusión, este trabajo contribuye a la literatura existente al proponer un enfoque integral que combina el pensamiento complejo y la auditoría de sesgo, lo que no solo mejora la calidad y equidad de los modelos de IA, sino que también asegura que estas tecnologías se alineen con los principios éticos fundamentales en beneficio de la sociedad en su conjunto.

REFERENCIAS

- Aalmoes, J., Duddu, V., & Boutet, A. (2022). Dikaios: Privacy auditing of algorithmic fairness via attribute inference attacks. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2202.02242>
- Agbese, M., Mohanani, R., Khan, A., & Abrahamsson, P. (2023). Ethical requirements stack: A framework for implementing ethical requirements of AI in software engineering practices. *Proceedings of the 27th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. <https://doi.org/10.1145/3593434.3593489>
- Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2023). *Fairness and machine learning: Limitations and opportunities*. MIT Press.
- Birhane, A. (2021). Algorithmic injustice: A relational ethics approach. En M. D. Dubber, F. Pasquale, & S. Das (Eds.), *The Oxford Handbook of Ethics of AI* (pp. 221-240). Oxford University Press.
- Cerero, D. F. (2024). *Inteligencia artificial para la formación docente sanitaria* (1st ed.). Dykinson, S.L. <https://doi.org/10.2307/jj.17381558>
- Corbett-Davies, S., Gaebler, J. D., Nilforoshan, H., Shroff, R., & Goel, S. (2023). The measure and mismeasure of fairness. *The Journal of Machine Learning Research*, 24(1), 14730-14846.
- Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.
- Fabris, A., Messina, S., Silvello, G. et al. (2022) Algorithmic fairness datasets: the story so far. *Data Min Knowl Disc* 36, 2074–2152. <https://doi.org/10.1007/s10618-022-00854-z>. Recuperado en <https://rdcu.be/dQUyx>.
- Friedler, S. A., Scheidegger, C., & Venkatasubramanian, S. (2021). The (im) possibility of fairness: Different value systems require different mechanisms for fair decision making. *Communications of the ACM*, 64(4), 136-143.
- Flores Morales, J. A. (2020). Pensamiento complejo: Una revisión sistemática de artículos científicos indexados en Scopus 2016-2019. *Phainomenon*, 19(2), 303-323. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/27e2/b2bd597f91cc45caf32455b998816b7b4a1e.pdf>
- Frances, I. L. (2024). Sesgos de la IAG: Reflexiones desde la docencia universitaria. *Edetania. Estudios y propuestas socioeducativos*, (65).
- Gimpel, H., Laubacher, R., Parak, D., Schoch, M., & Wöhl, M. (2023). Managing the inner workings of collective intelligence approaches for wicked problems: An assessment model and evaluation. *Communications of the Association for Information Systems*. <https://doi.org/10.17705/1cais.05249>
- Holstein, K., Wortman Vaughan, J., Daumé III, H., Dudik, M., & Wallach, H. (2019). Improving fairness in machine learning systems: What do industry practitioners need? En *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-16).
- Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness in machine learning. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6), 1-35. Recuperado en <https://arxiv.org/pdf/1908.09635>

REFERENCIAS

- Mitchell, M., Wu, S., Zaldívar, A., Barnes, P., Vasserman, L., Hutchinson, B., Gebru, T. (2019). Model cards for model reporting. *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp.220–229). <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>
- Mitelli, N. V. (2023). *IA y derecho penal: Criterios para la utilización de asistentes jurídicos digitales en el ámbito de la justicia*. Recuperado en <https://repositorio.udes.edu.ar/js-pui/bitstream/10908/23124/1/%5BP%5D%5BW%5D%20M.%20Der.%20Penal%20Mitelli%2C%20Noelia%20Victoria.pdf>
- Morin, E. (2020). La inteligencia artificial y el pensamiento complejo. *Revista de Ciencias Sociales*, 32(1), 45–60. <https://doi.org/10.1234/rcs.v32i1.5678>
- Padarha, S. (2023). Data-Driven Dystopia: An uninterrupted breach of ethics. *ArXiv*, [abs/2305.07934](https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.07934). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.07934>
- Page, S. E. (2018). *The model thinker: What you need to know to make data work for you*. Basic Books.
- Raji, I. D., Smart, A., White, R. N., Mitchell, M., Gebru, T., Hutchinson, B., ... & Smith-Renner, A. (2020). Closing the AI accountability gap: Defining an end-to-end framework for internal algorithmic auditing. En *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 33–44). <https://doi.org/10.1145/3351095.3372873>
- Russell, S. (2019). *Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control*. Penguin Books. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-86144-5>
- Salgado García, B. (2024). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en el Contexto de la Seguridad*. Recuperado en <http://hdl.handle.net/10609/150603>.
- Santos, R., Lima, L., & Magalhães, C. (2023). The perspective of software professionals on algorithmic racism. *2023 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/ESEM56168.2023.10304856>
- Shahbazi, N., Lin, Y., Asudeh, A., & Jagadish, H. (2022). A survey on techniques for identifying and resolving representation bias in data. *arXiv*, 2203.11852. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.11852>

ENFOQUES DE COMPLEJIDAD EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA EDUCACIÓN DE ADULTOS MAYORES

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 12-11-24

Esperanza Manrique Rojas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo electrónico: emanrique@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-9353>

María del Consuelo Salgado Soto

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo electrónico: csalgado@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2939-9388>

Margarita Ramírez Ramírez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo electrónico: maguiram@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4252-4289>

RESUMEN

El presente artículo destaca los desafíos y oportunidades para los adultos mayores en la era digital ante el impacto de los avances tecnológicos en la sociedad. La transformación tecnológica ha acentuado la brecha digital generacional, reflejada en desigualdades en el acceso y uso de herramientas digitales, lo que genera exclusión social y tecnológica. La educación digital se presenta como clave para el desarrollo de los adultos mayores, pero requiere superar obstáculos estructurales, pedagógicos y cognitivos. El pensamiento complejo, según Morin, es base para abordar estas dinámicas de manera integral por medio de estrategias como la alfabetización digital, enfoques inclusivos y programas intergeneracionales han demostrado ser efectivos para cerrar la brecha digital, promoviendo la inclusión tecnológica y fortaleciendo la cohesión social. El artículo

propone aplicar enfoques interdisciplinarios basados en el pensamiento complejo para diseñar estrategias educativas adaptadas a las necesidades de los adultos mayores, con el fin de integrarlos en una sociedad digital.

Palabras clave: Brecha digital generacional, Educación digital inclusiva, Pensamiento complejo

ABSTRACT

This article highlights the challenges and opportunities for older adults in the digital era amidst the impact of technological advancements on society. Technological transformation has intensified the generational digital divide, reflected in inequalities in access to and use of digital tools, leading to social and technological exclusion. Digital education emerges as a key factor for the development of older adults but requires overcoming structural, pedagogical, and cognitive obstacles. According to Morin, complex thinking is a foundation to address these dynamics comprehensively. Strategies such as digital literacy, inclusive approaches, and intergenerational programs have proven effective in bridging the digital divide, promoting technological inclusion, and strengthening social cohesion. The article proposes applying interdisciplinary approaches based on complex thinking to design educational strategies tailored to the needs of older adults, aiming to integrate them into a digital society.

Keywords: Generational digital divide, Inclusive digital education, Complex thinking

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los avances científicos y tecnológicos están transformando de manera acelerada al mundo. Estas innovaciones no solo están redefiniendo las conexiones entre las personas y las culturas, sino que también están revolucionando las dinámicas sociales, culturales y educativas, impactando profundamente en la vida cotidiana.

En este contexto de transformación digital global se debe reflexionar sobre cómo los avances impactan a diferentes grupos de la sociedad, especialmente a los adultos mayores (Organización Panamericana de la Salud y Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023). Esta evolución no sólo genera oportunidades, sino también desafíos para este sector de la población, quienes se enfrentan a las barreras tanto en el acceso como en el dominio de las herramientas digitales, que a su vez dan pie a reflejarlas desigualdades en la adopción tecnológica lo que lleva al planteamiento de preguntas sobre la inclusión y la equidad en la era digital.

La inclusión de los adultos mayores en el contexto digital ha dejado en evidencia una serie de desafíos, en particular la brecha generacional, desde el punto de vista en el que

acentúa las desigualdades entre aquellos que tienen acceso y competencias digitales y los que enfrentan barreras tecnológicas. Esto es conocido como brecha digital generacional, la cual se enmarca en una problemática más amplia de exclusión social y tecnológica, que afecta especialmente a los adultos mayores, quienes suelen ser percibidos como “tecnológicamente rezagados” (Reyes Chirino y Delgado Fernández, 2021).

La educación digital de los adultos mayores, como un campo clave para su desarrollo personal y social, se encuentra en una encrucijada entre las oportunidades ofrecidas por las tecnologías digitales y las complejidades derivadas de su implementación. Mientras que la transformación digital puede potenciar el aprendizaje a lo largo de la vida, proporcionando acceso a información y recursos educativos en línea, su adopción efectiva requiere superar barreras estructurales, pedagógicas y cognitivas. Según Morin (2015), comprender estas dinámicas desde el pensamiento complejo es esencial, pues permite abordar los retos educativos como sistemas interrelacionados que integran dimensiones tecnológicas, culturales y humanas.

Una de las principales expresiones de esta complejidad es la brecha generacional, que va más allá de la simple falta de habilidades técnicas, abarcando también la resistencia al cambio, la falta de confianza en el uso de tecnologías y las desigualdades en el acceso. Estudios recientes destacan que los adultos mayores enfrentan obstáculos específicos relacionados con limitaciones físicas y cognitivas, además de la ausencia de diseños inclusivos en muchas plataformas digitales (González, 2017). Este contexto, si no es abordado adecuadamente, permite la exclusión de este grupo poblacional de las dinámicas sociales, económicas digitales, información oportuna, entre otras.

A pesar de estos desafíos, existen estrategias que se pueden abordar para cerrar esta brecha y dar las mismas oportunidades a los adultos mayores. La alfabetización digital, combinada con enfoques pedagógicos inclusivos, diseños centrados en el usuario y programas intergeneracionales, ha demostrado ser eficaz para fomentar la integración tecnológica en adultos mayores (Mosqueda, 2017). En particular, la colaboración intergeneracional, donde los jóvenes actúan como tutores tecnológicos, no solo facilita la adquisición de competencias digitales, sino que también fortalece los lazos sociales entre generaciones, promoviendo una visión más equitativa de la transformación digital (Sevilla Caro y Osuna Millán, 2015).

El presente artículo explora cómo los enfoques basados en la complejidad pueden ser aplicados para entender y abordar los desafíos que enfrenta la educación de adultos mayores en la era digital. A través de un análisis interdisciplinario, se abordan los retos asociados con la brecha generacional, la exclusión tecnológica y las oportunidades que ofrece el pensamiento complejo para diseñar estrategias pedagógicas y políticas públicas más inclusivas. Este enfoque busca contribuir a la construcción de un modelo educativo adaptado a las necesidades de los adultos, para facilitar su integración plena en una sociedad digital.

2. PENSAMIENTO COMPLEJO EN LA EDUCACIÓN DE ADULTOS MAYORES

El pensamiento complejo considera que ningún elemento existe de forma aislada, sino que todos forman parte de sistemas mayores con los que interactúan constantemente. El enfoque de este enfoque entiende las sociedades, los individuos e incluso el universo como sistemas complejos que están caracterizados por múltiples relaciones internas y externas. Lo anterior permite concebir que los seres humanos están vinculados entre sí y con su entorno a través de lazos naturales y sociales, (Pereira, 2010).

No hay una realidad que se pueda comprender de manera individual, es decir desde las limitaciones del enfoque reduccionista, pero sí se puede intentar una comprensión holística para favorecer un análisis estructural, no fragmentario, entre el todo y sus partes (Santos, 2000), como lo es la educación de adultos mayores.

Los modelos tradicionales en la educación de los adultos mayores carecen de la flexibilidad necesaria para afrontar los desafíos de la transformación digital que se vive en la actualidad, pero, con la adopción del pensamiento complejo como un enfoque transdisciplinario que resulta ser decisivo para incorporar el aprendizaje tecnológico efectivo y significativo para este sector de la sociedad, (García, 2018). Con el pensamiento complejo se facilita una aproximación a la educación de adultos mayores; desde este enfoque se incorporan áreas o dimensiones éticas, emocionales y contextuales para una educación inclusiva enriquecedora y centrada en el ser humano, (González, 2023).

En este sentido, el pensamiento complejo no solo permite abordar la educación de los adultos mayores desde un enfoque más integral, al reconocer las experiencias previas, los contextos diversos y los desafíos emocionales que enfrenta esta población, sino que también proporciona herramientas o estrategias para superar las barreras que dificultan el acceso al aprendizaje digital. Aunado a lo anterior, la incertidumbre característica del pensamiento complejo proporciona una base para crear o diseñar experiencias educativas enriquecedoras para adultos mayores, particularmente en entornos donde el acceso y el aprendizaje digital presentan desafíos significativos (Burgos y Salvador, 2016).

Algunos de los principios que se pueden considerar al pensamiento complejo aplicados a la educación de adultos mayores son:

- **Interconexión de factores:** La educación de adultos mayores requiere un enfoque sistémico que considere cómo las dimensiones tecnológicas, sociales, culturales y cognitivas interactúan. Según Muñoz e Ibáñez (2015), las herramientas digitales ofrecen un potencial de aprendizaje significativo, pero solo si se diseñan considerando estas interacciones. Por otro lado, Salgado García (2015) destaca que los factores sociales, como las redes de apoyo comunitario, son indispensables para motivar a los adultos mayores a participar en procesos educativos.
- **Contextualización:** Es importante considerar el contexto socioeconómico de los

adultos mayores, ya que la falta de acceso a recursos tecnológicos incrementa la exclusión. Sevilla Caro y Osuna Millán (2015) subrayan que el envejecimiento activo debe promoverse mediante herramientas tecnológicas diseñadas para este grupo, asegurando accesibilidad y formación técnica. Asimismo, Leal Larrarte (2015) resalta la necesidad de incluir apoyo técnico constante en los programas educativos.

- **Multidimensionalidad:** El enfoque multidimensional implica que la alfabetización digital no solo debe enseñar habilidades técnicas, sino también promover autonomía y seguridad personal. Companioni (2015) señala que el aprendizaje tecnológico debe estar vinculado a la vida cotidiana de los adultos mayores, mientras que Nazar y Figueroa (2015) abogan por una integración social y cultural en el proceso de aprendizaje.

3. RETOS ABORDADOS DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO

Los retos abordados desde el pensamiento complejo son aquellos desafíos que no pueden ser comprendidos ni resueltos desde una visión simplista o lineal, ya que implican múltiples dimensiones interrelacionadas, como lo social, lo cultural, lo tecnológico, lo emocional, y lo cognitivo (Morin, 2015). Este enfoque enfrenta una serie de retos que influyen directamente en su aplicación en la educación de adultos mayores, especialmente en el contexto actual de transformación social y tecnológica. Algunos retos significativos que incluyen el pensamiento complejo permiten analizar estos problemas integrando diferentes perspectivas y comprendiendo la incertidumbre y las dinámicas emergentes de los sistemas se mencionan a continuación:

- **Brecha generacional:** La brecha generacional representa un desafío crítico en la educación de adultos mayores, pues va más allá de una falta de habilidades técnicas. Desde el pensamiento complejo, esta desconexión se entiende como un desafío multidimensional que involucra aspectos culturales, históricos y tecnológicos. Según Burgos y Salvador (2016), “la integración de generaciones es crucial para reducir las desigualdades digitales, fomentando el aprendizaje colaborativo y la construcción de vínculos sociales”. En este contexto, las iniciativas intergeneracionales, como el aprendizaje conjunto entre jóvenes y adultos mayores, han demostrado ser efectivas para cerrar esta brecha al tiempo que promueven una mayor cohesión social (Sevilla Caro y Osuna Millán, 2015).
- **Resistencia al cambio:** El pensamiento complejo también permite abordar la resistencia al cambio en los adultos mayores de manera integral. Este desafío incluye no solo el miedo al uso de tecnologías, sino también factores sociales y emocionales como la falta de confianza en sus habilidades. Según menciona González (2023), “diseñar experiencias de aprendizaje gradual y contextualizadas puede ayudar a mitigar la resistencia, fomentando la autoeficacia tecnológica”. Además, García

(2018) argumenta que integrar enfoques pedagógicos adaptativos ayuda a respetar los ritmos de aprendizaje individuales, fortaleciendo la disposición de los adultos mayores a participar en entornos digitales.

Los retos desde la perspectiva del pensamiento complejo en la educación de adultos mayores deben garantizar que los avances tecnológicos sean entendidos como herramientas para su bienestar, para fortalecer su capacidad crítica y promover una visión integral que los reconozca como agentes activos en la sociedad. Estos retos subrayan la importancia de diseñar estrategias educativas, que promuevan el aprendizaje significativo y respondan a las necesidades de esta población de manera inclusiva y adaptativa.

4. ESTRATEGIAS EDUCATIVAS DESDE EL PENSAMIENTO COMPLEJO

Las estrategias educativas desde el pensamiento complejo son enfoques pedagógicos que integran diversas dimensiones interrelacionadas del proceso educativo. Estas estrategias reconocen que la educación no es un fenómeno lineal ni simplista, sino un sistema dinámico influenciado por factores sociales, culturales, emocionales, tecnológicos y cognitivos. Según Morin (2015), “el pensamiento complejo busca superar la fragmentación del conocimiento, integrando los diferentes aspectos de la realidad para responder a problemas multidimensionales, como los que enfrentamos en la educación”; con esto se tiene la capacidad de integrar conocimientos de diferentes disciplinas aunque parecieran desconectados o incompatibles, lo que también implica reconocer que los problemas educativos están formados por múltiples aspectos interrelacionados, por lo que este pensamiento complejo fomenta una articulación entre disciplinas desde una perspectiva más amplia e integradora.

Además, García y Rodríguez (2018) explican que “el pensamiento complejo aplicado a la pedagogía permite diseñar estrategias adaptativas que conecten los saberes con las realidades de los estudiantes, promoviendo una educación más significativa y contextualizada”. Este enfoque enfatiza la importancia de aceptar la incertidumbre y la necesidad de adaptarse a las dinámicas emergentes que caracterizan el proceso educativo.

Por otro lado, Lozada (2018) destaca que “las estrategias educativas basadas en el pensamiento complejo permite articular la diversidad del alumnado y su contexto, diseñando soluciones pedagógicas inclusivas que reconozcan la interconexión de los factores que afectan el aprendizaje”. Esto refuerza la capacidad de estas estrategias para abordar las múltiples dimensiones del aprendizaje, especialmente en grupos vulnerables como los adultos mayores.

Algunas características de las estrategias educativas desde el pensamiento complejo son:

- **Enfoque Holístico:** Como estrategia, la educación holística es un enfoque educativo que busca el desarrollo integral del ser humano, considerando todas sus dimensiones:

física, emocional, cognitiva, social, cultural, estética y espiritual, (Durán, 2001). Este enfoque permite diseñar experiencias educativas que van más allá del aprendizaje cognitivo, permite a los adultos mayores sentirse valorados, fomentar su desarrollo personal y facilitar su integración en un entorno en constante cambio, al reconocerlos como agentes activos y capaces de aportar a su comunidad.

- **Interdisciplinarietà:** Las estrategias educativas desde el pensamiento complejo integran múltiples áreas del conocimiento para abordar el aprendizaje de manera integral. Según Morin (2015), “el pensamiento complejo permite conectar saberes dispares, reconociendo la necesidad de articular disciplinas para enfrentar problemas educativos multidimensionales”. Además, García y Rodríguez (2018) enfatizan que “la interdisciplinarietà no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también fomenta una visión más amplia y contextualizada del conocimiento”.
- **Adaptabilidad:** Estas estrategias reconocen que cada contexto y cada individuo es único, por lo que deben ser flexibles y ajustarse a las necesidades emergentes. Lozada (2018) destaca que “las estrategias pedagógicas basadas en el pensamiento complejo requieren una capacidad constante de adaptación para responder a los cambios en los contextos educativos”. Y González (2023) menciona que “la flexibilidad pedagógica permite diseñar procesos personalizados que atiendan las diferencias culturales y sociales de los estudiantes”.
- **No Linealidad:** Puede adaptarse como una estrategia educativa para los adultos mayores al reconocer que los procesos de aprendizaje en esta etapa de la vida no son predecibles, lineales ni uniformes, debido a que implica diseñar experiencias educativas que se adapten a las necesidades, intereses y contextos específicos, respetando la diversidad y promoviendo una interacción dinámica entre diferentes elementos del proceso educativo. Para Morin (2015), la no linealidad implica que las causas y los efectos interactúan recursivamente, donde los efectos pueden retroalimentar y modificar sus propias causas. Además, pequeños cambios pueden generar grandes consecuencias de la misma forma que en la educación de adultos mayores, debido a las múltiples interacciones e interdependencias de los ecosistemas; también enfatiza que comprender y aceptar la no linealidad es clave para abordar fenómenos complejos y encontrar soluciones adaptativas en contextos multidimensionales.
- **Inclusión de la incertidumbre:** El pensamiento complejo acepta que los procesos educativos no son predecibles y promueve la reflexión y la adaptación continua (Morin, 2015)
- **Contextualización:** Guardiola Ibarra (2017) menciona que la educación basada en el pensamiento complejo debe estar profundamente arraigada en los contextos de vida de los participantes para garantizar su relevancia, y estas estrategias conectan el aprendizaje con las experiencias de vida de los estudiantes, vinculando el contenido con problemas reales.

- **Retroalimentación:** La retroalimentación continua permite mejorar y ajustar las estrategias educativas de manera efectiva, y los procesos educativos deben incluir ciclos constantes de evaluación y reflexión para adaptarse a las demandas cambiantes (Mosqueda,2017).

Ahora bien, desde la perspectiva de la educación de los adultos mayores las estrategias educativas desde el pensamiento complejo, además de las anteriores, tienen un enfoque específico:

- **Superar barreras tecnológicas y sociales:** Estas estrategias incluyen enfoques inclusivos que abordan limitaciones físicas, emocionales y cognitivas. Según Sevilla Caro y Osuna Millán (2015), mencionan que la inclusión tecnológica en adultos mayores debe considerar sus capacidades y limitaciones, promoviendo herramientas accesibles y amigables. González (2023) agrega que las barreras tecnológicas no son solo técnicas, sino también emocionales, por lo que deben abordarse integralmente.
- **Fomentar la participación activa:** Reconocen a los adultos mayores como agentes activos en su proceso de aprendizaje. señala que las estrategias educativas inclusivas deben dar seguridad a los estudiantes adultos, dándoles un papel activo en su aprendizaje (Lozada,2018).
- **Crear conexiones significativas:** Diseñan programas que sean relevantes para su vida cotidiana, como el uso de tecnologías en la comunicación, la gestión de la salud, las oportunidades de información actual, entre otros, además las estrategias educativas deben ser prácticas y conectadas a las necesidades diarias de los estudiantes adultos (García y Rodríguez (2018). Sevilla Caro y Osuna Millán (2015) destacan que el uso de tecnologías debe centrarse en resolver problemas cotidianos, como la comunicación con familiares o la gestión de recursos básicos.

5. IMPACTO DEL PENSAMIENTO COMPLEJO EN LA EDUCACIÓN DE ADULTOS MAYORES

El pensamiento complejo propuesto por Morin (2015), que se basa en la idea de que ningún elemento del mundo existe de forma aislada, sino que forma parte de un sistema mayor. Bajo este enfoque, las sociedades, los individuos e incluso el universo son entendidos como sistemas complejos, donde múltiples relaciones que conectan los componentes entre sí y con su entorno. También Pereira Chaves (2010) resalta la importancia de entender estas interacciones para comprender el lugar y el papel de los seres humanos en el mundo. Según Morin (2015 citado por Pereira Chaves, 2010), una visión global es el resultado del pensamiento complejo, además, subraya la necesidad de considerar múltiples dimensiones e interacciones para entender plenamente las dinámicas humanas y sociales.

El pensamiento complejo en la educación de adultos mayores permite plantear

estrategias que integren estas múltiples dimensiones, reconociendo la importancia de sus trayectorias de vida, sus necesidades emocionales y su interacción con la tecnología como: Interacciones humanas y digitales, conexión con el entorno y el desafío de la fragmentación. También propone que para comprender y enfrentar los retos del aprendizaje digital, se debe reconocer la interdependencia entre las tecnologías, las personas y el contexto, que implica no solo enseñar a los adultos mayores a interactuar con las tecnologías, sino también fomentar un enfoque holístico que les permita adaptarse al cambio digital como parte de un sistema mayor.

El pensamiento complejo no solo enriquece la experiencia educativa de los adultos mayores, sino que también redefine su papel en la sociedad digital, preparándolos para enfrentar los desafíos con resiliencia, adaptabilidad y confianza, además, permite que la educación de adultos mayores sea inclusiva, transformadora y orientada hacia un aprendizaje significativo que promueva su integración plena en un mundo cada vez más interconectado.

6. CONCLUSIONES

Los retos que se enfrentan desde el pensamiento complejo requieren una visión integradora y multidimensional. Estos desafíos deben abordarse mediante estrategias educativas inclusivas, adaptativas y significativas, que permitan reducir las desigualdades digitales y fomentar la confianza en las habilidades tecnológicas de los adultos mayores.

Las estrategias educativas basadas en este enfoque representan una perspectiva transformadora en la educación de adultos mayores, al reconocer la importancia de conectar el aprendizaje con las experiencias de vida. Además, buscan superar las barreras tecnológicas y sociales que afectan a esta población, promoviendo una integración efectiva en el entorno digital.

La incorporación de la interdisciplinariedad, la adaptabilidad y la contextualización no sólo fortalece a los adultos mayores como agentes activos de su propio aprendizaje, sino que también facilita su integración en la sociedad digital. Estas estrategias promueven su participación activa, refuerzan su confianza y fortalecen su sentido de pertenencia.

Finalmente, al considerar que todos los elementos del aprendizaje forman parte de un sistema interconectado, el pensamiento complejo permite plantear estrategias educativas que integren dimensiones humanas, emocionales y tecnológicas. De este modo, no solo se enseña a los adultos mayores a utilizar herramientas digitales, sino que también se fomenta su resiliencia, adaptabilidad y confianza para enfrentar un mundo en constante cambio.

REFERENCIAS

- Burgos, J. B., y Salvador, M. R. A. (2016). Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: retos para la educación contemporánea. *Dialnet*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5973042.pdf>
- Companioni, O. L. (2015). El proceso de formación profesional desde un punto de vista complejo e histórico-cultural. *Actualidades Investigativas en Educación*. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/>
- Durán, N. (2001). Educación holista: Pedagogía del amor universal. *Perfiles educativos*, 23(92), 117-120. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982001000200008&Ing=es&tlng=es.
- García, A. E. (2018). El pensamiento complejo y el desarrollo de competencias transdisciplinarias en la formación profesional. *Runae*, 2(4), 45-62. Recuperado de <https://revistas.unae.edu.ec>
- González, L. (2023). Filosofía de la educación: Pensamiento complejo y educación ambiental humanizadora. *Repositorio RSCJ*. Recuperado de <http://repositoriorscj.dyn dns.org>
- Guardiola Ibarra, A. E. (2017). Convergencias de la investigación acción participativa y el pensamiento complejo. *Investigación y Desarrollo*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/>
- Leal Larrarte, S. (2015). La reconfiguración de la red social primaria del adulto mayor. *Anagramas-Rumbos y Sentidos de la Comunicación*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/>
- Lozada, J. C. P. (2018). Transformación del docente desde el pensamiento complejo. *Revista Científica*. Recuperado de <http://www.indteca.com>
- Morin, E. (2015). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Mosqueda, J. S. H. (2017). El trabajo colaborativo y la socioformación: un camino hacia el conocimiento complejo. *Educación y Desarrollo*. Recuperado de <https://revistas.unisimon.edu.co>
- Muñoz, L. V. A., y Ibáñez, M. E. (2015). Calidad de vida y formación en hábitos saludables en la alimentación de personas mayores. *Revista de Humanidades*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/>
- Nazar, G., y Figueroa, C. A. (2015). Creencias estereotípicas sobre el desempeño laboral de trabajadores mayores en Chile. *Psicoperspectivas*. Recuperado de <https://www.scielo.cl/>
- Organización Panamericana de la Salud y Unión Internacional de Telecomunicaciones, (2023). El papel de las tecnologías digitales en el envejecimiento y la salud. Washington, D.C.: Disponible en: <https://doi.org/10.37774/9789275326558>.
- Pereira J. (2010). Consideraciones básicas del pensamiento complejo de Edgar Morin, en la educación. *Revista Electrónica Educaré*, XIV(1), 67-75.
- Reyes Chirino, R., y Delgado Fernández, A. (2021). Exclusión social y tecnológica en adultos mayores. *Revista Cubana de Educa-*

ción y Desarrollo. Recuperado de <https://revistascubanas.edu.cu>

- Salgado García, E. (2015). La enseñanza y el aprendizaje en modalidad virtual desde la experiencia de estudiantes y profesores de posgrado. *Aacademica*. Recuperado de <https://www.aacademica.org>
- Santos, M. (2000). EL PENSAMIENTO COMPLEJO Y LA PEDAGOGIA: BASES PARA UNA TEORIA HOLISTICA DE LA EDUCACION. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, (26), 133-148. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052000000100011>
- Sevilla Caro, M. S., y Osuna Millán, N. C. (2015). Envejecimiento activo. Las TIC en la vida del adulto mayor. *Redalyc*. Recuperado de <https://www.redalyc.org>

MODELADO COMPUTACIONAL Y SIMULACIÓN SOCIAL COMO SOPORTE PARA COMPRENDER LA COMPLEJIDAD

FECHA DE RECEPCIÓN: 02-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 14-11-24

Ricardo Fernando Rosales Cisneros

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: ricardorosales@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-2951>

Nora Osuna-Millán

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: nora.osuna@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-7682>

Josue-Miguel Flores-Parra

ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: josue.miguel.flores.parra@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-4498>

RESUMEN

El presente documento explora cómo el modelado computacional y la simulación social pueden apoyar a la comprensión de la complejidad presente en los distintos contextos inclusive contextos de interacción social. Para esto se hace una introducción de lo general a lo particular donde se expone cómo la humanidad como sociedad ha enfrentado al largo de su historia problemas complejos llenos de incertidumbre y no lineales, con esto se

hace hincapié que se necesita de nuevos métodos de análisis que permitan analizar estos problemas de distintas formas. Se destaca que, gracias al avance tecnológico, se puede encontrar métodos poderosos basados en el uso de computadoras tal como el modelado computacional que permite simular, analizar y estudiar inclusive sociedades enteras. Inclusive ayuda a resolver y entender observaciones con anticipación de eventos pudiendo pronosticar el futuro de lo simulado.

Así mismo se justifica el por qué modelar, se abordan los tipos y técnicas del modelado computacional, así como su aplicación. Por otra parte, se destaca como la simulación social es importante para comprender sociedades, se analizan sus características, técnicas y como esta puede ser utilizada y aplicada como un método. Por último, se realizan conclusiones de cómo el modelado computacional y la simulación social permiten que se comprenda mejor el mundo en el que se vive y vislumbrar el futuro con el fin de mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Palabras clave: Modelado Computacional, simulación social, complejidad

ABSTRACT

This article explores how computational modeling, and social simulation can support the understanding of complexity present in various contexts, including contexts of social interaction. To achieve this, it provides an introduction moving from the general to the specific, highlighting how humanity, as a society, has faced complex problems throughout its history, filled with uncertainty and non-linearity. It emphasizes the need for new analytical methods to address these issues from different perspectives. Furthermore, it points out that, thanks to technological advancements, powerful computer-based methods, such as computational modeling, are available to simulate, analyze, and study entire societies. This approach also aids in resolving and understanding observations by anticipating events, making it possible to forecast the future of the simulated scenarios.

The document also justifies the importance of modeling, addressing the types and techniques of computational modeling as well as its applications. Moreover, it underscores the significance of social simulation in understanding societies, analyzing its characteristics, techniques, and how it can be used and applied as a method. Finally, conclusions are drawn on how computational modeling and social simulation contribute to a better understanding of the world we live in and provide a vision of the future to improve society's quality of life.

Keywords: Computational Modeling, Social Simulation, Complexity.

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la humanidad, ha vivido distintos fenómenos que cambian la perspectiva de la realidad que percibimos y entendemos de nuestro mundo. Estos fenómenos derivan distintas interrogantes que son difíciles de contestar con fundamentos desde una disciplina por ejemplo ¿Cuáles fueron los motivos verdaderos del porqué apareció el COVID-19? ¿Por qué no se pudo contener el virus para evitar convertirse en una pandemia? ¿Qué pasará si la pandemia se prolonga por varios años? Por lo tanto, ¿Cómo se puede pronosticar con un porcentaje significativo de validez y confianza las respuestas a estas interrogantes? Parece una respuesta difícil de responder y cómo entender estos fenómenos de este nuevo mundo lleno de complejidad e incertidumbre pare una tarea complicada. Por ejemplo, los métodos tradicionales de investigación asumen que estas problemáticas son ciclos repetitivos lineales que pueden predecir su comportamiento y la realidad es que no es así.

Por esto es que se necesitan nuevos métodos de análisis que permitan analizar los fenómenos de distintas formas en las que se considere su no linealidad, su incertidumbre, su emergencia, sus comportamientos no predecibles y su sensibilidad al contexto, es decir se necesitan nuevas formas de estudiar y analizar estos fenómenos como sistemas complejos adaptativos (Holland, 2007).

Sin embargo, gracias al avance tecnológico hoy en día, se puede encontrar métodos poderosos basados en el uso de computadoras tal como el modelado computacional que permite simular, estudiar y analizar estos fenómenos complejos bajo distintos escenarios bajo distintas circunstancias, bajo distintos parámetros dentro y fuera del contexto de estudio.

El modelado computacional es soportado adicionalmente por las matemáticas, física e informática. Para esto es importante que los investigadores operacionalicen sus teorías cognitivas en términos específicos por el lenguaje de la simulación. Es por esto que se deben de crear una serie de suposiciones razonables para llenar vacíos de especificidad no previstos (Poile y Safayeni, 2016).

El modelado computacional permite tener múltiples variables que permiten caracterizar el fenómeno o sistema de estudio. Esta caracterización puede ser representada por un tipo particular de modelado que es la simulación. El construir un modelo bien definido permite tener una abstracción de la realidad con el fin de entender el mundo, inclusive bajo distintas circunstancias atípicas a la realidad (Nigel y Klaus, 2005). Esto permite tener un contraste de comportamientos y emergencias entre lo real y lo simulado.

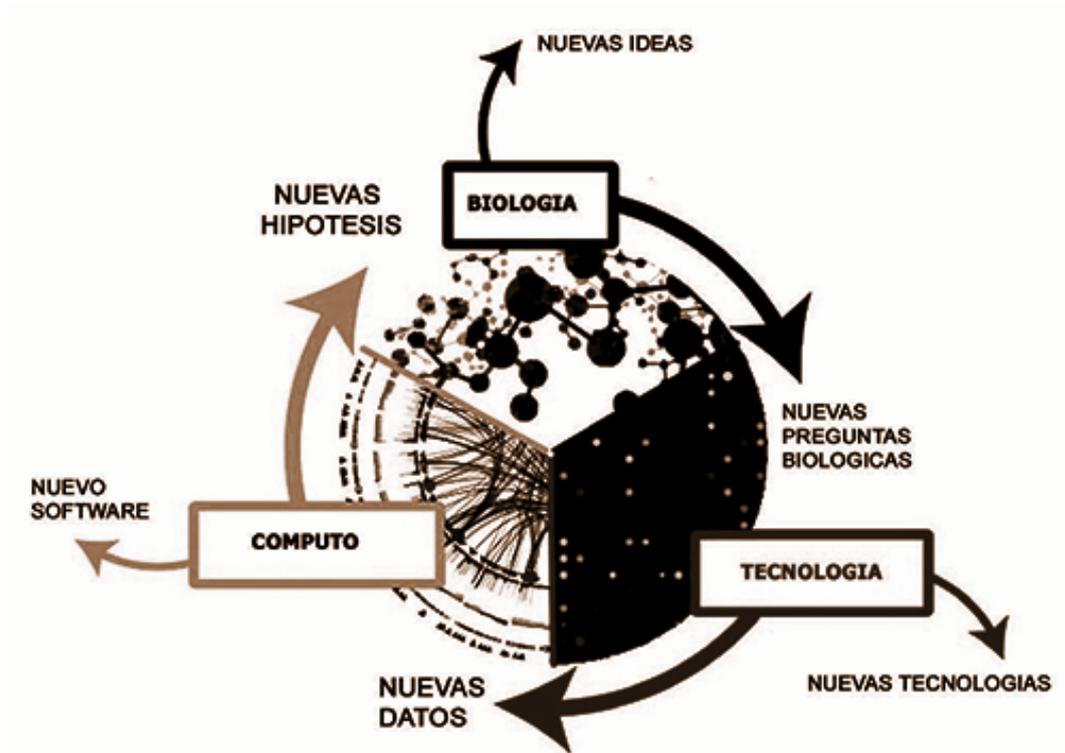
El entender el mundo real es algo que ha atraído a la humanidad a lo largo de la historia, la ciencia y las ciencias sociales han refinado y formalizado el entendimiento de ese mundo (Nigel y Klaus, 2005).

Es por esto, la importancia de comprender que un modelo es una simplificación menos

compleja del mundo real, sin embargo, gracias al avance tecnológico procesamiento de cómputo, algoritmos avanzados, inteligencia artificial por mencionar algunos, se puede simular escenarios que pudieran ser muy semejantes a la realidad inclusive más complejos que la misma realidad. Entre más elementos, se modelen del mundo real se puede permitir tener un mejor entendimiento de la realidad.

En la figura 1, se aprecia un ejemplo de cómo los modelos computacionales son utilizados para simular, en este caso para estudiar sistemas biológicos complejos.

FIGURA 1



FUENTE. INSTITUTO NACIONAL DE BIOINGENIERÍA E IMÁGENES BIOMÉDICAS, (NIH, 2020)

Es importante recalcar, que el mundo en el que se vive es más complejo de lo que parece, y esto demuestra que el modelado computacional y la simulación permite a comprender los fenómenos emergentes y nos acerca a respuestas no ambiguas a estas interrogantes. Por esto se resalta la importancia de conocer y analizar aquellas variables que directa e indirectamente están relacionadas a los fenómenos que lo provocan, parece algo complejo derivado de la incertidumbre emergente y la no linealidad que presentan estos fenómenos.

Además, esto se vuelve más complejo porque cada uno de nosotros tiene un cierto dominio de complejidad respecto a la comprensión del fenómeno que se presenta. Por ejemplo, normalmente se piensa en una solución de un problema de forma disciplinar, en la disciplina que nos hemos especializado. Esto conlleva a que nuestro nivel de conocimiento nos induce a dar una posible solución porque tenemos conocimiento y supuesta sabiduría para solucionar el problema soportados de esta disciplina. Se intenta dar solución al

problema complejo y el resultado no siempre es positivo o es parcial, ya que este problema requiere una solución transdisciplinaria, por lo cual si esta solución es apoyada de modelado computacional permitiendo que el problema se aborde desde la aplicación de múltiples conocimientos se puede lograr una solución integral simulada, que después puede replicarse con los parámetros acordes y dar la solución al problema en el mundo real de forma adecuada. Es importante recalcar que actualmente se vive un decremento en paradigmas y teorías que dominan con certeza el conocimiento, ya que por la formación disciplinar que se tiene por parte de las personas, se fragmenta el contexto repercutiendo en obtener una percepción de la realidad siendo esta reducida e incompleta.

Esta percepción depende de cada persona o del conjunto de personas como sociedad, y esta se basa en su experiencia, conocimientos previos, etc. Por lo cual, se debe considerar el simple hecho que cada persona es por sí misma compleja y esto repercute directamente en la percepción que tiene del contexto es decir la comprensión de la realidad. Es aquí donde juega un papel importante la modelación computacional y la simulación en este caso la social, permitiendo la posibilidad de nuevas formas de pensar de los problemas sociales que se basan en el surgimiento de comportamientos complejos a partir de actividades simples (Simon, 1996).

En los últimos años la búsqueda intensiva de la verdad absoluta ha sido parte del quehacer científico por muchos siglos, estableciendo una serie de procedimientos rígidos y reglamentados a seguir para poder generar conocimiento validado a través del método científico; Zimmerman et al. (Zimmerman et al., 1998) mencionan que la forma tradicional de causa y efecto que asume una visión lineal, en la cual los resultados de un sistema son proporcionales a las aportaciones, se está viendo revolucionada en los últimos años, con el surgimiento de las ciencias de la complejidad, una corriente de pensamiento para generar conocimiento, que busca repensar el quehacer científico (Alarcón-Chairez, 2017) y que da una nueva visión de los sistemas que hasta ahora han sido parcialmente entendido por la ciencia tradicional.

2. MODELADO COMPUTACIONAL

La ciencia computacional relativamente reciente es una disciplina emergente en el cual se incluyen algoritmos, programación, principios, métodos y matemáticas aplicadas. Ahora bien, entendiendo esto como base el modelado computacional es una implementación computacional para dar solución científica a un problema donde su formulación matemática ha sido formulada. Para esto es necesario aplicar ciencias computacionales que permitan enfocarse al razonamiento acerca de los problemas siempre cuando un razonamiento computacional que involucre los resultados y la visualización sean requeridos (Garrido, 2012).

Es importante tener presente que el modelo computacional requiere de un alto rendimiento

de cómputo con el fin de solucionar problemas complejos.

El modelado computacional ayuda a resolver el entender observaciones con anticipación de eventos del futuro, en otras palabras, nos permite ir formando un banco de pruebas para tener ideas para la solución a problemas o eventos del futuro. El modelado computacional permite extraer valor de la información tratada incluyendo información de comportamientos del fenómeno o problema de estudios (Calder et al., 2018).

En los últimos años gracias al avance en el cómputo ha permitido tener mayor procesamiento de información en los modelos, se puede crear nuevos tipos de modelos computacionales que permiten una abstracción significativa del mundo real. Ya que estos modelos pueden tener un nivel de detalle avanzado (Garrido, 2012).

Por lo tanto, el modelado computacional permite hacer referencia al uso de simulaciones o estudios complejos de sistemas que siguen una gran cantidad de variables de estudio para poder llegar a una cierta conclusión o bien estudiar diferentes casos que se llevan a cabo con diferentes variables en su entorno. Estas mismas simulaciones se realizan ajustando sus diversas variables ya sea el caso de estudio que se realice. Estos modelos al ser simulados pueden ser ajustables y puede experimentar con distintas variables que se encuentren en el entorno, cambiar sus parámetros para poder medir o analizar su comportamiento bajo distintos escenarios.

El modelar y simular los fenómenos sociales que involucran a individuos en contextos sociales en forma general y específicos es de gran importancia para conocer comportamientos emergentes que permiten la toma de decisiones adecuada en contexto de trabajo, escuela, hogar etc. Algo muy interesante de simular a individuos es que se puede permitir analizar al individuo como detentador de normas y reglas sociales y como este puede aplicar de forma automática-heurística o de forma deliberada, con la idea de cómo los seres humanos pueden seguir normas sociales (Bicchieri, 2006).

A pesar de los prototipos de modelos que son propuestos para dicha labor, entre ellos destacan varias características que comparten los modelos por ejemplo los individuos que interactúan pueden ser representados por agentes autónomos, heterogéneos, proactivos, con la interacción entre ellos. Por ejemplo, estos modelos función básicamente con medir las interacciones entre los agentes y el ambiente donde se encuentran y que es uno de los modelos que se siguen usando en algunos estudios de investigación del entorno este tipo de modelado se basa en la modelación basada en agentes (García y Zamareño, 2011).

Gracias a este tipo de modelos se puede analizar la interacción y estudiar la interacción social en diferentes entornos o con diferentes variables proporcionado un sinfín de posibilidades y de teorías con dichos resultados de interacción social y comportamiento.

Además de ello se puede estudiar otros fenómenos complejos como lo son la difusión de opiniones, movimientos sociales, actitudes ante cambios del entorno, influencia de medios de comunicación, toma de decisiones. etc.

3. LA IMPORTANCIA DE MODELAR

El modelar permite dar respuestas a lo que aún no pasa, de cierta manera se puede adelantar al futuro sin necesidad de esperar hasta que este llegue de forma cronológica. El modelar ayuda a visualizar, predecir, optimizar, regular y controlar sistemas complejos. El modelado computacional permite cambiar la forma de cómo se interactúa en nuestro mundo, inclusive puede permitir nuevas formas de vivir o trabajar.

Es importante para el modelado saber aplicarlo de la forma correcta, ya que esto puede repercutir en una limitada y deficiente abstracción de la realidad y el resultado pudiera ser lo opuesto. Los interesados deben de aplicar el modelado de forma correcta, que permita realmente representar lo que se pretende del mundo real, por lo cual se debe ser autocrítico, es decir se debe de hacer conciencia que es posible modelar, para que, cual es el objetivo, etc. Es decir, no es solo modelar sin una buena argumentación o justificación. Entonces el tener conciencia de saber que modelar es importante de cómo y cuándo se pueden usar los modelos de forma confiable.

El modelado no implica trabajo solo para el modelador, debe de ser un trabajo en equipo de todos los interesados, es decir para que todos entiendan que se está modelando. El crear un modelo necesita de una base técnica sólida en su desarrollo. Por ejemplo, el modelado computacional alcanza dominios importantes inclusive más allá de las ciencias físicas y de la ingeniería, los modelos se utilizan para nuevos propósitos ya que su complejidad significa tener propiedades diferentes a los modelos basados en métodos de análisis tradicionales (Calder et al., 2018). El modelar implica que se tiene un mayor potencial para un uso, pero se debe ser profesional y que este uso no sea indebido o engañoso respecto a lo que el modelo da como resultados, se deben de crear modelos sólidos que arrojan información fidedigna y confiable.

El modelar puede ser simple dependiendo del grado del dominio de la abstracción que se queda realizar, ya decía la frase Einstein (Einstein, 2019) “Todo debería hacerse tan simple como sea posible, pero no más que eso”

4. TIPOS Y TÉCNICAS DE MODELADO COMPUTACIONAL

El modelado no solo implica hacer la abstracción de la realidad, sino que es importante también entender en los modelos saber para qué son útiles se deben de entender desde su interior, desde su composición básica. El entendimiento de estos depende de saber para qué fueron creados o para que se van a crear, es importante conocer el objetivo de los mismos, comprender claramente su función.

Tipos modelado computacional. En contexto del modelado computacional se pueden encontrar distintos tipos de marcos de referencia que profundizan los requerimientos de los distintos tipos de modelos respecto a su análisis, juicios y posibles escalas adaptadas.

Por lo cual, estos marcos pueden ser de análisis, por ejemplo, marco geográfico como su nombre lo dice en donde se pueden evaluar las relaciones o interacciones espaciales y topológicas. Otro tipo puede basarse es un marco de temporalidad, es decir que se espera o aborda la incertidumbre o certidumbre en el tiempo, como los pronósticos del tiempo, clima, etc. Otro tipo de marco es aquel basado en marco físico que evalúe la correlación de los agentes que interactúan, es decir los agentes correlacionados en un ecosistema. Otro marco puede ser en un marco seguridad en donde se pudiera modelar el comportamiento de la personas autorizadas y no autorizadas para acceder a instalaciones físicas o digitales, Otro marco puede ser respecto a la privacidad. Autenticación de información, identificación de personas etc. Otro puede ser el marco legal obligaciones, permisos, responsabilidades. Otro marco es el social, las relaciones humanas, la comunicación, la interacción en ambientes físicos etc. Otro marco puede ser el económico para simular el consumo de recursos, aspectos cuantitativos, en un país región etc. Un marco muy interesante es aquel de la incertidumbre, donde se quiere conocer cuáles son los límites aceptables de incertidumbre para que aspectos del sistema, como se cuantifican y cualifican entre sí estos límites. Y por último puede ser un marco respecto a fallas es decir la relación entre los agentes que pueden fallar u operar de forma incorrecta (Calder et al., 2018). La modelación computacional no solo se basa de los marcos de referencia sino también de las técnicas de modelado para el análisis de la información respecto a su comprensión, entendimiento para su posterior explicación. Por lo tanto, existen distintos tipos de modelos respecto a lo que se quiere determinar y observar, tales como modelos (Calder et al., 2018): Determinísticos, Modelos No Determinísticos, Modelos Estáticos, Modelos Discretos, Modelos Dinámicos, Modelos Estocásticos, Modelos Continuos, Modelos Basados en Individuos, Modelos de población, Modelos Lógicos, Modelos de Procesos algebraicos y autómatas, Modelos Caja negra, y Modelos basados en agentes (Wooldridge, 2009).

5. TIPOS Y TÉCNICAS DE MODELADO COMPUTACIONAL

Como se puede analizar existen una gran variedad de distintos modelos que permiten tener una amplio universo de análisis, respecto a lo que se quiere modelar, por lo tanto la aplicación del modelado computacional, prácticamente puede estar en todas partes, podemos representar un sin fin de escenarios del mundo real por medio de modelos, inclusive se pueden mezclar algunas técnicas de modelados, lo que permitirá tener nuevos modelos híbridos para dar respuesta a investigaciones con características propias o particulares.

La aplicación del modelo computacional es muy amplia y puede ir desde el entendimiento actual del fenómeno o caso de estudio como un todo o entender cada una de sus partes. El modelado computacional permite realizar la predicción y pronóstico, de posibles escenarios bajo distintas circunstancias, inclusive la posibilidad de explicar futuros escenarios reales e hipotéticos con el fin de tener distintas alternativas, para su análisis y que permita tomar

decisiones en tiempo y forma. Otra aplicación del modelado computacional es entender teorías generadas a partir de hechos o realidades o simplemente para comprender y validar su veracidad.

Por otra parte, también permite la visualización es decir relacionar con una idea o situación específica, y la claridad de la ilustración es de suma importancia, para ayudar a las personas a ver las interacciones y a visualizar los comportamientos emergentes derivados de las interacciones de los agentes involucrados de manera particular y también poder visualizar los comportamientos del sistema como un todo, asimismo permite por ejemplo ayudar a las personas a ver las interacciones (posiblemente complejas) en el trabajo.

El modelado permite realizar analogías, permite comprender información nueva de cierta manera de establecer los elementos de una nueva información con aquellos elementos que se encuentran preestablecidos inclusive en la memoria (Lawson, 1993). Por lo tanto, las analogías que se logran en el modelado permiten tener una comparativa del mundo real versus el mundo simulado, permitiendo de forma inductiva una argumentación que es contrastada entre los dos mundos emergiendo un análisis más detallado del fenómeno de estudio desde distintas perspectivas.

6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El modelo computacional y la simulación social facilitan una mejor comprensión del mundo y su comportamiento, inclusive en entornos donde exista alta incertidumbre lo que los vuelve complejos, inclusive permite comprender hacia el futuro. Ayudan a entender cambios grupales e individuales, así como las variables del entorno que los afectan. También abordan estudios complejos manipulando el tiempo y recopilando datos valiosos, como los comportamientos humanos y psicológicos en distintos contextos. La simulación tiene un gran potencial en la toma de decisiones, gracias a la implementación de nuevos métodos y el manejo eficiente de variables, permitiendo modelos más complejos y experimentaciones avanzadas.

Es importante recalcar que el diseño de modelos requiere un enfoque transdisciplinario, integrando especialistas de diversas áreas para abordar problemas globales complejos. La transdisciplinariedad, apoyada por la simulación y esta es clave para generar soluciones viables a desafíos globales, proporcionando una visión holística que trasciende disciplinas (Nicolescu, 2002). La resolución de problemas complejos implica manejar estados dinámicos, objetivos previstos y barreras que cambian con el tiempo. La simulación, al manipular el tiempo, permite comprender estas dinámicas, favoreciendo interacciones eficientes entre agentes y condiciones situacionales, utilizando recursos cognitivos, emocionales y sociales (Frensch y Funke, 1995).

Es importante considerar que existe un mundo muy prometedor en modelado computacional y la simulación social estas permitirán más a detalle y en distintos niveles estudiar todos los contextos de todos los campos bajo distintas circunstancias, esto beneficiará a muchas áreas y varias disciplinas en muchos aspectos, pero sobre todo ayudar a la solución de problemas complejos que afectan a la sociedad en distintos niveles, mejorando la calidad de vida de los involucrados. Por lo tanto, solo queda continuar y ser partícipes de esta nueva evolución de modelado computacional y simulación social en pro de comprender y abordar la complejidad que esta presente en nuestros entornos de interacción.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y a la Universidad Autónoma de Baja California por todo el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

REFERENCIAS

- Alarcón-Cháires, P. (2017). Epistemologías otras. Distribución mundial.
- Bicchieri., C. 2006. The Grammar of Society: The Nature and Dynamics of Social Norms. Cambridge University Press.
- Calder., M. et al. (2018). Computational modelling for decision-making: where, why, what, who and how. R.Soc.opensci:5:172096
- Einstein, A. (2019). Albert Einstein. Frase de famosos. <https://citas.in/frases/64107-albert-einstein-todo-deberia-hacerse-tan-simple-como-sea-posible/> “.
- Frensch., P., y Funke., J. (1995). Complex Problem Solving: The European Perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- García., M., y Zamarreño., J. (2011). Modelado basado en agentes. Conference: XXXII Jornadas de Automática.
- Garrido., J.M. (2012). Introduction to Elementary Computational Modeling. CRC Press Taylor and Francis Group.
- Holland., J., H. (2007). El orden oculto. De cómo la adaptación crea la complejidad. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Lawson, A. E. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue”, en Journal of Research in Science Teaching, 30 (10), pp. 1213-1214.
- básica y media. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 2, e2401
- Nicolescu, B. (2002) Manifesto of Transdisciplinarity, SUNY Series in Western Esoteric Traditions. State University of New York Press, Albany.
- Nigel., G. y Klaus.,G. (2005). Simulation for the Social Scientist. Open University.
- NIH Instituto Nacional de Bioingeniería e Imágenes Biomédicas (2020). Modelado Computacional.
- Poile. C. y , Safayeni., F. (2016). Using Computational Modeling for Building
- Theory: A Double Edged Sword. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 19(3) 8.
- Simon, H. A. (1996) The sciences of the artificial. MIT Press, Cambridge, MA, London.
- Wooldridge., M. (2009). An Introduction to MultiAgent Systems. Wiley.
- Zeigler, B. P. (1985) Theory of Modelling and Simulation. Krieger, Malabar. Wiley, New York.
- Zimmerman, B., Lindberg, C. y Plsek, P. (1998). Edgeware: Lessons from complexity
- science for health care leaders.

LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS Y LAS ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS EN LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

FECHA DE RECEPCIÓN: 28-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 20-11-24

Hilda Beatriz Ramirez Moreno

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo: ramirezmb@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8382>

Margarita Ramírez Ramírez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo: maguiram@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4252-4289>

Esperanza Manrique Rojas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1928-9353>

RESUMEN

En el mundo actual las organizaciones y los negocios se deben integrar como un sistema complejo donde incorporen diferentes componentes como las estrategias tecnológicas innovadoras para poder garantizar su competitividad, sostenibilidad y relevancia en un mundo globalizado y digitalizado. Una empresa o negocio se considera un sistema complejo porque reúne múltiples componentes interrelacionados y dinámicos que interactúan entre sí y con el entorno externo, dando lugar a comportamientos emergentes difíciles de

predecir. En los últimos años, en el fenómeno de la pandemia a nivel mundial demostró de manera contundente la importancia de incorporar herramientas tecnológicas en los negocios.

Palabras Clave: Sistemas, Sistemas de Información, Herramientas Tecnológicas.

ABSTRACT:

In today's world, organizations and businesses must be integrated as a complex system that incorporates different components such as innovative technological strategies to ensure their competitiveness, sustainability and relevance in a globalized and digitalized world. A company or business is considered a complex system because it brings together multiple interrelated and dynamic components that interact with each other and with the external environment, giving rise to emerging behaviors that are difficult to predict. In recent years, the global pandemic phenomenon has clearly demonstrated the importance of incorporating technological tools in business.

Keywords: Systems, Information Systems, Technological Tools.

1. INTRODUCCIÓN

Primero debemos entender que es un sistema complejo y para eso nos remontamos a los inicios de la Teoría General de Sistemas (TGS) donde surge gracias a los trabajos del alemán Ludwig Von Bertalanffy (Goncalves, 2011) que se percató de la necesidad de conceptos unificadores en las ciencias sociales y naturales. La teoría general de sistemas (TGS) se aplica a todas las ciencias y ha servido de base para la integración del conocimiento científico, esta teoría busca las propiedades en común de sus componentes así como la integración de todas sus partes para lograr su objetivo. La TGS se fundamenta en 3 premisas básicas (Hurtado, 2008):

1. Los sistemas existen dentro de sistemas
2. Los sistemas son abiertos.
3. Las funciones de un sistema dependen de su estructura.

Hay una gran variedad de conceptos de sistemas pero todas tiene en común sus elementos o partes en interacción para lograr un objetivo o meta o como lo define Vasquez, 2012, donde define que un sistema está conformado por un conjunto de objetos o componentes que interactúan entre sí para el logro de objetivos bajo un entorno.

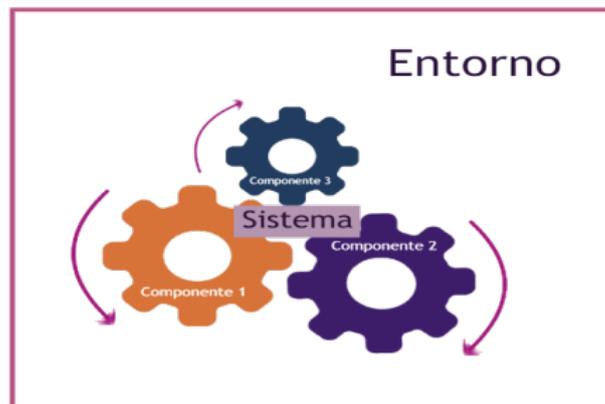


FIGURA 1. CONCEPTO DE SISTEMA

En la actualidad la palabra sistema se utiliza en todas las ciencias porque implica unión, integridad, totalidad y partes en relación para lograr un mejor funcionamiento que de manera individual no lo podría alcanzar, algunos ejemplos de la diversidad de sistemas son: sistema fotográfico, sistema solar, sistema educativo, sistema de transporte, sistema judicial, como podemos observar la gran variedad de sistemas en la actualidad es muy diversa. Un sistema tiene la capacidad de que toda acción que produce influye en las otras partes y esto afecta el logro de su meta así como el entorno que rodea al sistema surgiendo el concepto de Sistema Complejo.

¿Pero qué es un Sistema Complejo?

La definición de un sistema complejo va más a fondo que la integración de sus componentes generando una sinergia para lograr un mejor desarrollo y funcionamiento (EPG, 2021), como se muestra en la figura 2. Para entender el comportamiento del sistema complejo debemos de partir que sus componentes actúan de manera individual pero sus acciones influyen en los demás componentes y en el desarrollo del sistema para adaptarse y cumplir con su objetivo. Algunos ejemplos de sistemas complejos son las hormigas, el cerebro, la conciencia, por mencionar algunos.

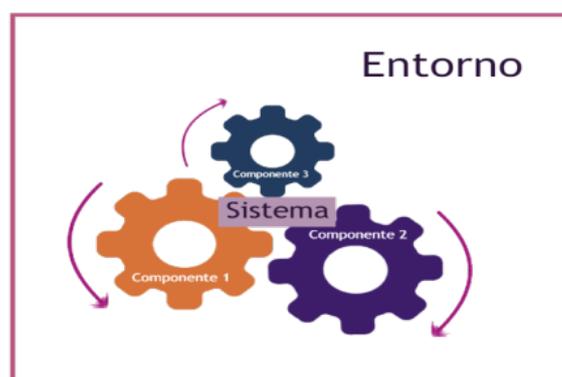


FIGURA 2. SISTEMA COMPLEJO

Los negocios y las organizaciones como se mencionó al principio del artículo incorporan diferentes tecnologías de información para poder competir y estar a la vanguardia en el mercado globalizado en el que se vive. Los sistemas de Información son herramientas fundamentales ya que integran 3 dimensiones fundamentales como son: la estructura organizacional, la administración y las tecnologías de información.

Los sistemas de información son herramientas necesarias para la captura, administración, organización y almacenamiento de los datos, para ser procesados y convertirlos en información para el apoyo a la toma de decisiones en los negocios. Los Sistemas de Información se han convertido en una parte fundamental de las actividades comerciales diarias del negocio, en nuestro día a día, nos enfrentamos a diferentes sistemas de información, por ejemplo cuando retiramos dinero de un cajero automático, cuando se compran unos boletos del cine desde casa, pagamos un servicio desde nuestro celular, cuando se solicita un acta de nacimiento de forma digital, el arquitecto para realizar el plano de su proyecto, el médico para llevar los expedientes clínicos de sus pacientes y así hay una gran variedad de actividades.

En la actualidad, la tecnología ha evolucionado significativamente en comparación con años pasados, con el propósito principal de atender nuestras necesidades y desarrollar herramientas más efectivas que permitan ahorrar tiempo, esfuerzo e incluso dinero. Aunque la automatización ha estado presente en nuestra vida durante siglos, la incorporación de sistemas de información automatizados ha marcado un antes y un después, abriendo nuevas posibilidades para aumentar la productividad y mejorar nuestra calidad de vida.

2. RELEVANCIA DE LAS ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS PARA EMPRESAS Y ORGANIZACIONES

El uso de las tecnologías se ha venido diversificando, es así que podemos ver aplicaciones de computadora en cualquier parte, proporcionando apoyo para automatizar tareas que en otros tiempos eran inimaginables, es por ello que es necesario tener un control y seguimiento de la utilización de recursos y que no generen un problema para la sociedad en general; por lo tanto las organizaciones e instituciones están obligadas a generar estrategias tecnológicas que sean sustentables.

Las tecnologías de información hoy en día son herramientas tecnológicas utilizadas por las empresas, negocios y organizaciones que buscan el desarrollo y crecimiento de una manera eficiente e innovadora; una herramienta tecnológica se define como un software o hardware que ayuda a realizar una tarea, para obtener los resultados esperados, con ahorro de tiempo y recursos (Navas, Aponte, & Luna, 2014). El uso de estas herramientas tecnológicas influye sobre las estrategias y las ventajas competitivas que se implementaran en la empresa, de ahí la importancia del uso de ellas. Estas estrategias determinan el flujo de las acciones y decisiones que se llevarán a cabo en relación a las tecnologías.

La evolución y el cambio del uso de las tecnologías de información en las diferentes áreas de trabajo crean constantes cambios y nuevas necesidades en el entorno donde las empresas se deben adaptar a esos nuevos requerimientos para mantenerse en el mercado global competitivo. Sobre todo, en situaciones como la actual pandemia es cada vez más necesaria la tecnología (Melo, 2021). ¿Qué se entiende por estrategia tecnológica? Se define como acciones planificadas para lograr un objetivo o meta, en un tiempo determinado en un sentido más amplio se refiere a las decisiones que adopta una empresa para el correcto uso de las tecnologías en beneficio de la misma, que permite a las organizaciones mantenerse actualizadas para optimizar sus procesos y permanecer en el mercado (Morales, 2020).

Al implementar las estrategias tecnológicas las empresas pueden optimizar sus procesos, administrar su información, tener apoyo a la toma de decisiones, y uno de los aspectos más importantes es la seguridad de la información ya que se vuelve vulnerable al manejo de los datos, solo por mencionar algunos. El desarrollo de una estrategia tecnológica no es solo una digitalización empresarial, involucra una serie de objetivos que, además de garantizar el desarrollo y la mejora de la empresa, busca el beneficio económico a través de la eficiencia. Es fundamental modernizar los negocios a través de tecnologías que favorezcan el crecimiento saludable de la empresa (Morales, 2020).

En el año 2020 las empresas del mundo tuvieron que implementar cambios importantes debido a la llegada de la pandemia, acelerando así sus procesos de modernización para adaptarse a las nuevas necesidades de sus clientes, para poder sobrevivir se tuvieron que adaptar a estas nuevas necesidades. Un dato importante es que México ha sido el país con mayor crecimiento de e-commerce desde 2017 y la pandemia ayudó a que creciera más rápido, mencionó el director de la Asociación Mexicana de Venta Online (AMVO), Pierre-Claude Blaise. Entre las empresas que aumentaron sus ventas durante los últimos años debido a la pandemia se encuentra Mercadolibre, una empresa de ventas en línea en México creciendo a triples dígitos (Barragan, 2021).

Otras instituciones y organizaciones que adoptaron estrategias tecnológicas como el uso de las aplicaciones existentes les permitieron seguir con la operación casi normal de su negocio, entre las mas destacadas se encuentran las siguientes (Jimenez M.. 2020):

- **UBER EATS:** Esta aplicación brinda un servicio de entrega de alimentos a domicilio. Uber Eats se volvió una de las aplicaciones más utilizadas por restaurantes y supermercados, ya que el servicio permite adquirir productos básicos sin necesidad de salir de casa, lo cual se convirtió en una de las aplicaciones más solicitadas en los inicios de la pandemia.
- **ZOOM:** Es una aplicación que permite a las personas comunicarse entre ellas por medio de videollamadas y el uso de internet. No fue solo zoom sino diversas aplicaciones de videollamadas que aumentaron su número de usuarios debido a que facilitaron la comunicación entre miembros de una organización sin la necesidad de asistir a las instalaciones.

- **SHOPIFY:** Las aplicaciones dedicadas a comercio electrónico como shopify y eBay brindó el servicio a cientos de negocios sobre cómo montar sus tiendas online, por medio de diversas herramientas para realizar pagos, controlar su inventario, realizar envíos, etc.

Uno de los principales inconvenientes que surgieron en esta etapa fue la actualización masiva en la inclusión financiera y tecnológica, el no participar de los instrumentos financieros nos limita de participar en muchas áreas sociales y económicas donde es necesario una tarjeta de crédito o débito, cerca del 50% de la población en México no tiene una cuenta bancaria. Este fenómeno impide el acceso al comercio electrónico y deja fuera del mercado a millones de personas que podrían convertirse en potenciales compradores. Es por ello que el Banco Mundial de la mano del Banco de México trabaja en un proyecto para hacer más accesibles los pagos digitales y la creación de una identidad digital, de ello habló ampliamente Fredes Montes, especialista senior en Infraestructura Financiera, Finance & Markets del Banco Mundial (Barragan, 2021). Según Dell Technologies aproximadamente 8 de cada 10 negocios aceleraron la adopción de al menos una tecnología digital alrededor del mundo desde el inicio de la pandemia.

3. ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS UTILIZADAS POR LOS NEGOCIOS HOY EN DÍA

Como se menciona en párrafos anteriores la implementación de estrategias tecnológicas hoy en día, genera valor en los negocios convirtiéndose en una ventaja competitiva muy importante. Una buena gestión de recursos, mejora los resultados económicos y ayuda a mantener una relación estrecha con las necesidades de los clientes.

Las Estrategias Tecnológicas son los procesos de adopción y ejecución de decisiones sobre las políticas, estrategias, planes y acciones relacionadas con la creación, difusión y uso de la tecnología, algunos de los objetivos que se buscan alcanzar son:

- Apoyo a la toma de decisiones
- Generar ventaja competitiva
- Automatizar procesos
- Adaptación del entorno digital
- Desarrollo e innovación en productos y servicios
- Desarrollo de nuevas líneas de negocio.

Algunas de las principales estrategias tecnológicas que utilizan las empresas o negocios para mantenerse en el mercado y así lograr ventajas competitivas en este mundo globalizado, se describen a continuación:

- **Sistemas de información:** El uso de sistemas de información permite a los negocios capturar, almacenar, analizar y distribuir los datos para la transformación de la información y así apoyar la toma de decisiones y optimizar sus actividades. Algunos de los beneficios del uso de los sistemas de información son, automatizar procesos, la integración y manipulación de la información para el apoyo a la toma de decisiones, principalmente. Los sistemas de información más utilizados son: Sistemas de Procesamiento de Transacciones (TPS), Sistemas de Ventas, Sistemas de Automatización de Oficinas (OAS), Sistemas de Información Gerencial (MIS), Gestión de las Relaciones con Clientes (CRM), Sistemas para el Apoyo a la Toma de Decisiones (DSS), Sistema de Planificación de Recursos Empresariales (ERP).
- **Automatización de procesos:** permite a las empresas completar sus tareas manuales diarias a través del uso de tecnologías, de esta manera pueden obtener beneficios como la reducción de errores debido a la reducción de manipulación humana, aumento de productividad, ahorro de tiempo, etc (Zarate, 2022).
- **Mercadotecnia digital:** se encarga de hacer publicidad y mercadeo utilizando herramientas tecnológicas, sus objetivos varían entre los siguientes: Reconocimiento de marca (branding), Dar a conocer algo (awareness), Comunicación con la audiencia objetivo (target), Generación de prospectos de clientes (leads), Ventas (conversión), Fidelización de clientes (retención) (Ríos, 2021).

Algunas herramientas utilizadas por la mercadotecnia digital son: Sistemas de email marketing y CRM: Mailchimp, ActiveCampaign o Infusionsoft, Plataformas para alojar cursos: Hotmart o Kajabi, Procesadores de pagos: Stripe o Paypal y Sistemas de almacenamiento en la nube: Google Drive, Dropbox o OneDrive (Zepeda, 2021).

- **Redes sociales:** Las redes sociales brindan mayor visibilidad de su marca a las empresas, permitiéndoles conectar con los clientes más allá de solo mostrarles publicidad, de tal manera que puedan brindarles atención personalizada para que tengan una mejor experiencia con su servicio.

El uso de redes sociales trae diversos beneficios a las empresas, como el aumento de confianza resultado de reseñas y calificaciones por parte de los clientes lo cual al mismo tiempo aumenta el número de ventas. Según un informe publicado en 2021 por We Are Social y Hootsuite, actualmente existe una media de 3,000 millones de personas que hacen uso de las redes sociales mensualmente a nivel mundial (Alejos, 2021).

- **Servicios en la nube:** Incorporar este tipo de servicios permite a la empresa ahorrar no solo recursos sino también tiempo ya que uno de sus beneficios principales es la actualización automática. En 2020 LogicMonitor desarrolló el estudio Cloud 2025 donde se examinó el impacto a largo plazo del covid-19 en las cargas de trabajo en la nube. El estudio reveló que el 87% de los encuestados (Encargados de tomar decisiones

en el área de tecnologías de la información) coincidieron en que la pandemia llevará a los negocios a migrar a la nube en los siguientes 5 años (Juárez, 2020).

- **Ciberseguridad:** Al utilizar la tecnología para crear nuevas formas de comercio surgen nuevas necesidades para los negocios. Las empresas que realizan negocios en línea deben proteger de ataques cibernéticos tanto su plataforma como la información personal de sus clientes. Algunas formas en que las empresas pueden mantener segura la información de sus clientes: Conexión segura, Antivirus, Políticas y normas de recolección, almacenamiento y uso de los datos de los usuarios teniendo en cuenta las regulaciones locales e internacionales y Planes y políticas de seguridad en caso de que ocurra un ataque, la empresa debe estar preparada (Tigo, 2021).
- **Sostenibilidad:** El futuro de los negocios debe ser sostenible, para esto deben cambiar la forma en que proveen, operan y entregan a sus consumidores (Maubert 2021). Algunos ejemplos de actividades que pueden realizar las empresas para empezar a transformarse son, la digitalización, uso de energías renovables, uso de empaques reciclables, etc.

Al implementar una política sostenible los negocios pueden obtener beneficios que van desde reducción de costes hasta reforzar la imagen de marca de la empresa y ampliar sus oportunidades (Muy Interesante 2021).

Es importante que las organizaciones y los negocios se integren como un sistema complejo con estrategias tecnológicas innovadoras por las siguientes razones:

4. Adaptación a un entorno cambiante. El entorno empresarial actual está en constante transformación debido a avances tecnológicos, cambios en el mercado y expectativas de los consumidores. Un sistema complejo e integrado permite a las organizaciones adaptarse rápidamente y mantenerse relevantes frente a estos desafíos.
5. Competitividad en el mercado global. Las estrategias tecnológicas innovadoras, como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la automatización, ofrecen ventajas competitivas al mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y acelerar la entrega de productos y servicios.
6. Mejor toma de decisiones basada en datos. La integración de sistemas complejos con tecnologías como el Big Data y el análisis predictivo permite a las empresas recopilar y analizar grandes volúmenes de datos. Esto da lugar a decisiones más informadas y estratégicas que se alinean con las necesidades del mercado.
7. Colaboración y sinergia organizacional. Un enfoque sistémico fomenta la integración de diferentes áreas de la empresa, promoviendo una colaboración fluida. Las herramientas tecnológicas como plataformas colaborativas y sistemas de gestión facilitan esta integración, lo que se traduce en una mayor innovación y cohesión interna.
8. Personalización y experiencia del cliente. Las estrategias tecnológicas permiten a las

empresas entender mejor a sus clientes y ofrecer experiencias personalizadas. Esto aumenta la fidelización y posiciona a la organización como líder en su sector.

9. **Eficiencia operativa y optimización de recursos.** La integración de sistemas complejos optimiza procesos, elimina redundancias y mejora el uso de recursos. Esto no solo ahorra costos, sino que también permite a la empresa enfocar sus esfuerzos en áreas de mayor impacto.
10. **Innovación constante y liderazgo en el mercado.** Las estrategias tecnológicas innovadoras mantienen a las empresas a la vanguardia al fomentar la creatividad y la innovación. Aquellas organizaciones que invierten en tecnología logran no solo seguir las tendencias, sino también liderarlas.
11. **Gestión del riesgo y resiliencia empresarial.** En un mundo cada vez más interconectado, la capacidad de anticipar y gestionar riesgos es crucial. Los sistemas complejos integrados con tecnología pueden identificar amenazas potenciales y proporcionar respuestas rápidas y efectivas.

Para concluir la visión sistémica de una empresa o negocio con sus componentes deben lograr una interacción adecuada para el logro de sus objetivos y metas, un componente esencial son las herramientas tecnológicas debido a que influyen significativamente en ellas, especialmente en sus procesos de toma de decisiones con un impacto en diferentes procesos.

- a. **Acceso a datos en tiempo real.** Las tecnologías avanzadas como los sistemas de gestión empresarial (ERP), el análisis de datos (Business Intelligence, BI) y la inteligencia artificial (IA) permiten a las empresas acceder a grandes volúmenes de datos actualizados en tiempo real. Esto ayuda a los líderes a tomar decisiones basadas en hechos concretos, reduciendo la incertidumbre.
- b. **Análisis predictivo y proactivo.** El uso de herramientas como el machine learning y el análisis predictivo permite a las empresas anticipar tendencias, identificar riesgos y aprovechar oportunidades. Estas capacidades son clave para decisiones estratégicas, como el lanzamiento de nuevos productos o la entrada a nuevos mercados.
- c. **Optimización de procesos.** Las herramientas tecnológicas automatizan tareas repetitivas y mejoran la eficiencia de los procesos empresariales. Esto libera recursos humanos para centrarse en actividades estratégicas, facilitando decisiones más rápidas y efectivas.
- d. **Colaboración y comunicación.** Plataformas tecnológicas como Microsoft Teams, Slack o Trello mejoran la comunicación y la colaboración entre equipos, incluso en entornos remotos. Esto garantiza que todos los involucrados estén informados y alineados durante el proceso de toma de decisiones.
- e. **Visualización y presentación de datos.** Herramientas como Power BI, Tableau o

Google Data Studio convierten datos complejos en gráficos y dashboards interactivos, facilitando la comprensión y el análisis para la toma de decisiones estratégicas.

- f. Gestión del riesgo y la ciberseguridad.** Las tecnologías permiten monitorear amenazas y gestionar riesgos de manera eficiente, asegurando que las decisiones estén respaldadas por un entorno seguro y controlado.
- g. Mayor agilidad y adaptabilidad.** Las herramientas tecnológicas permiten una respuesta rápida ante cambios del mercado, regulaciones o preferencias de los clientes. Esto da a las empresas una ventaja competitiva en entornos dinámicos.

En resumen, las herramientas tecnológicas actúan como un pilar fundamental en el ecosistema empresarial actual, transformando datos en información para convertirse en conocimiento, optimizando procesos y promoviendo una toma de decisiones más estratégica, eficiente y adaptada a las demandas del entorno.

REFERENCIAS

- Alejos F. (2021). nementio La importancia de las redes sociales en las empresas, 18 oct. 2021, <https://nementio.com/blog-inbound-marketing/importancia-redes-sociales-empresas/>.
- Barragan, A (2021). El País México. La digitalización de las empresas y el comercio en línea después de la pandemia, a debate en el foro 'Transformación 2021', 11 nov. 2021, <https://elpais.com/mexico/2021-11-12/la-digitalizacion-de-las-empresas-y-el-comercio-en-linea-despues-de-la-pandemia-a-debate-en-el-foro-transformacion-2021.html>.
- EPG (2021). Blog Escuela de Pogrado, Universidad Continental. ¿Qué es un sistema complejo y cómo funciona en el sector público?. Se consultó el 4 nov. 2021. <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/que-es-un-sistema-complejo-y-como-funciona-en-el-sector-publico>.
- Goncalves, M. (21 de 12 de 2011). <http://teoriadelossistemasmaryg.blogspot.mx>. Obtenido de EL ENFOQUE DE SISTEMAS: <http://teoriadelossistemasmaryg.blogspot.mx/2011/10/el-enfoque-de-sistemas-sistemas.html>
- Hurtado, D. C. (2008). La teoría de sistemas se fundamenta en tres premisas básicas. En D. C. Hurtado, Principios de administración (pág. 100). Medellín: Fondo editorial ITM. Obtenido de Teoría de Sistemas: <http://www.monografias.com/trabajos11/teosis/teosis.shtml>
- Jimenez M.. (2020). Los ganadores empresariales de la pandemia son tecnológicos. 26 enero 2022, de CincoDías Sitio web: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/04/26/companias/1587926357_776058.html
- Juárez C. (2020). The Logistics World, Migración a la nube se acelera; prevén llegada de cuarta ola - <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/migracion-a-la-nube-se-acelera-preven-llegada-de-cuarta-ola/>.
- Maubert I. (2021).The Logistics World, 7 estrategias tecnológicas para enfrentar los retos actuales y futuros. <https://thelogisticsworld.com/planeacion-estrategica/enfrenta-los-retos-actuales-y-futuros-del-negocio-con-estas-7-estrategias-tecnologicas/>.
- Mercado, P & García, P. (s.f). Sustentabilidad organizacional y responsabilidad social empresarial. Organización y dirección. http://emprendedores.unam.mx/articulo.php?id_articulo=67
- Melo, Sandra (2021), "La importancia de la tecnología en los negocios (2021) - DataScope." 5 nov. 2018, <https://datascope.io/es/blog/la-importancia-de-la-tecnologia-en-los-negocios/>.
- Morales, F. C. (2020, 12 septiembre). Estrategia tecnológica. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/estrategia-tecnologica.html>
- Muy Interesante (2021). El futuro de las empresas y la sostenibilidad, 29 sept. 2021, <https://www.muyinteresante.es/naturaleza/articulo/el-futuro-de-las-empresas-y-la-sostenibilidad-401632902265>.
- IT Digital Media Group. (2017, 30 marzo). Cinco estrategias tecnológicas para aumentar la competitividad de la banca tradicional. IT User | IT User. <https://www.ituser.com>

REFERENCIAS

es/it-user/2017/03/cinco-estrategias-tecnologicas-para-aumentar-la-competitividad-de-la-banca-tradicional

- Navas, E., Aponte, G., & Luna, B. (2014). La tecnología . Red de revistas científicas de América latina del caribe, España y Portugal, 158 - 163.
- Ríos, R. I. (2021). El Economista ¿Qué es el marketing digital? El ABC del Marketing Digital.” 11 sept. 2021, <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Que-es-el-marketing-digital-El-ABC-del-Marketing-Digital-20210911-0005.html>.
- Tigo Panama T. (2021). Tigo, Ciberseguridad en e-commerce ¿la necesita? 22 jun. 2021, <https://blog.tigo.com.pa/tigo-business/ciberseguridad-en-e-commerce-la-necesita/>.
- Vasquez, R. G. (2012). Modelación del Desarrollo Sustentable en la ciudad de. En R. G. Vasquez, Desarrollo Sustentable en la ciudad de Piura (págs. 33-34).
- Zepeda C. M. (2021). Universidad Latina de America, Marketing digital: una estrategia al alcance de todos - UNLA.” 2 ago. 2021, <https://www.unla.mx/blogunla/marketing-digital-una-estrategia-al-alcance-de-todos>.
- Zarate, D (2022). HubSpot. ¿Qué es la automatización de procesos? Características y ejemplos. <https://blog.hubspot.es/sales/automatizacion-procesos-empresa>.

INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR, UN SISTEMA COMPLEJO EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL

FECHA DE RECEPCIÓN: 01-08-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 15-10-24

Carlos Alberto Flores Sánchez

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: cflores@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1516-166X>

Juan Antonio Meza Fregoso

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: jmeza@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9780-5873>

Martha Ofelia Lobo Rodríguez

PROFESORA INVESTIGADORA DE LA FACULTAD DE TURISMO Y MERCADOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo electrónico: mlobo@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9483-2216>

RESUMEN

La transformación digital de las instituciones de educación superior (IES) en México ha sido un proceso evolutivo, desde la introducción de mainframes en los años 60 y 70 hasta la integración de tecnologías digitales en el siglo XXI. Este capítulo analiza la transformación a través de un marco de teoría de la complejidad, destacando cómo la multiplicidad de actores, la diversidad de subsistemas y la influencia de factores internos y externos hacen de estas instituciones sistemas dinámicos. Se aborda la importancia de la adaptabilidad y la autoorganización, además de cómo las tecnologías emergentes, como la inteligencia

artificial y la realidad virtual, están redefiniendo la educación. También se exploran desafíos como la resistencia al cambio y la brecha digital, junto con oportunidades para la innovación, la personalización del aprendizaje y una mayor inclusión educativa. Este análisis concluye que adoptar una perspectiva sistémica es esencial para gestionar eficazmente la transformación digital y construir un futuro educativo más inclusivo y resiliente.

Palabras claves: Transformación digital, Instituciones de Educación Superior, teoría de la complejidad.

ABSTRACT

The digital transformation of higher education institutions (HEIs) in Mexico has been an evolutionary process, from the introduction of mainframes in the 1960s and 1970s to the integration of digital technologies in the 21st century. This chapter analyzes the transformation through a complexity theory framework, highlighting how the multiplicity of actors, the diversity of subsystems and the influence of internal and external factors make these institutions dynamic systems. The importance of adaptability and self-organization is addressed, as well as how emerging technologies such as artificial intelligence and virtual reality are redefining education. Challenges such as resistance to change and the digital divide are also explored, along with opportunities for innovation, personalization of learning, and greater educational inclusion. This analysis concludes that adopting a systems perspective is essential to effectively manage digital transformation and build a more inclusive and resilient educational future.

Keywords: Digital transformation, Higher Education Institutions, Complexity Theory.

1. INTRODUCCIÓN

La digitalización de las Instituciones de Educación Superior (IES) en México comenzó en las décadas de 1960 y 1970, cuando las universidades empezaron a introducir las primeras computadoras mainframe. El impacto inicial de estas tecnologías reveló el potencial de los sistemas informáticos para transformar la operatividad y los procesos académicos (Becerra-Peña et al., 2023). México dio sus primeros pasos en el desarrollo de software educativo, esfuerzo que reflejaba la intención de aprovechar las tecnologías para fines pedagógicos. Aunque su alcance fue modesto, sentaron las bases para el crecimiento del uso de la tecnología en la educación y abrieron la puerta a futuras iniciativas que buscarían integrar la tecnología digital en la enseñanza y la gestión educativa (Álvarez & Mayo, 2019).

Durante las décadas de 1980 y 1990, las IES en México vivieron un periodo de expansión y consolidación en su proceso de digitalización. La popularización de las computadoras

personales (PC) fue un factor determinante, pues permitió democratizar el acceso a la tecnología en las IES, lo que facilitó la creación y uso de materiales educativos dinámicos, así como, una comunicación más efectiva entre estudiantes y profesores. Este proceso transformador coincidió con el nacimiento de Internet, un avance que revolucionó la comunicación y el acceso a la información a nivel mundial. Gracias al Internet, los estudiantes y docentes mexicanos comenzaron a investigar y colaborar más allá de las fronteras, estableciendo conexiones y enriqueciendo su formación académica de maneras antes inimaginables. En este contexto, también surgieron las primeras plataformas de aprendizaje en línea, permitiendo a las instituciones ofrecer cursos y programas de manera remota, lo que marcó el inicio de la educación a distancia y sentó las bases para un aprendizaje más flexible y accesible en México (Gomez et al., 2016).

La masificación del Internet, facilitada por el acceso a banda ancha y el auge de dispositivos móviles, transformó radicalmente la manera en que la sociedad accede y consume información, incluidas las prácticas educativas. Esto permitió la proliferación de nuevas modalidades de aprendizaje, destacando los MOOC (Massive Open Online Courses), que democratizaron el acceso a la educación de alta calidad al ofrecer cursos gratuitos a millones de personas en todo el mundo, rompiendo barreras geográficas y económicas.

Hoy en día, la inteligencia artificial está revolucionando los métodos de enseñanza mediante la creación de experiencias de aprendizaje personalizado, adaptando el contenido a las necesidades individuales de cada estudiante y optimizando su proceso de aprendizaje. Además, tecnologías como la realidad virtual y la realidad aumentada han comenzado a integrarse en el ámbito educativo, proporcionando formas innovadoras e inmersivas de interactuar con el conocimiento y captar el interés de los estudiantes. La pandemia de COVID-19 fue un catalizador que aceleró la transformación digital, obligando a las instituciones de educación superior a digitalizarse para adaptarse a la enseñanza en línea, lo que evidenció tanto el potencial como los desafíos de la educación virtual en el país. Este proceso de digitalización ha redefinido y sigue remodelando la educación en México, planteando nuevas oportunidades y retos para las generaciones futuras (Becerra-Peña, 2024). La transformación digital en las IES avanza hacia la hibridación de la enseñanza, combinando modalidades presenciales y virtuales para mayor flexibilidad e inclusión. Además, las microcredenciales están avanzando como alternativa a los títulos profesionales tradicionales, permitiendo certificar competencias específicas valoradas en el mercado laboral (Brown et al., 2023).

La transformación digital de las instituciones de educación superior (IES) trasciende la simple digitalización, al integrar tecnologías avanzadas en sus procesos operativos y académicos. Tecnologías como SMACIT (social networks, Mobile, Analytics, Cloud, IoT), inteligencia artificial generativa (IAG) y blockchain, entre otras, forman parte de un ecosistema cada vez más complejo. Su incorporación no solo optimiza las funciones internas de las IES, sino que también establece vínculos dinámicos con agentes internos y externos, generando y obligando a gestionar un volumen significativo de datos que

enriquecen y complican el análisis.

Las perspectivas que actualmente predominan en el análisis de la transformación digital de las IES tienden a ser limitadas por varios factores. En primer lugar, una visión lineal del cambio asume que este proceso es secuencial y predecible, lo que no refleja la naturaleza dinámica y multifacética de la transformación digital. Este fenómeno implica múltiples interdependencias y evoluciona de manera no lineal, desafiando las expectativas de un cambio ordenado y controlable. Además, la tendencia a reducir el fenómeno fragmenta el análisis al aislar variables y tratarlas de manera independiente, lo que no toma en cuenta las interacciones y sinergias inherentes a los sistemas complejos que caracterizan a las IES. Por otro lado, el énfasis excesivo en resultados a corto plazo prioriza logros inmediatos y medibles, pero descuida los procesos de cambio y los efectos que surgen a largo plazo. Finalmente, el desconocimiento de la emergencia de nuevas propiedades y comportamientos dentro de sistemas complejos limita la capacidad de entender y anticipar transformaciones que no pueden ser explicadas por la suma de sus partes, restringiendo la eficacia de las estrategias de cambio implementadas (Chinkes & Julien, 2019).

Las implicaciones de las limitaciones en la transformación digital de las instituciones educativas en México abarcan múltiples dimensiones. En primer lugar, existe una subestimación del impacto que esta transformación conlleva, lo que dificulta reconocer la magnitud y alcance de los cambios estructurales y culturales necesarios. Este fenómeno conlleva a que los actores educativos no logren preparar y rediseñar sus estrategias en función de una digitalización efectiva y transformadora. Por otro lado, la dificultad para predecir el futuro debido a la utilización de modelos lineales y reduccionistas genera un contexto en el que las instituciones no pueden anticipar ni adaptarse con celeridad a los cambios disruptivos, tecnológicos, ni a las nuevas realidades que surgen. Esta incapacidad de visión y preparación se entrelaza con un enfoque en soluciones simplistas, donde se busca implementar cambios rápidos y parciales, ignorando la complejidad y las interdependencias inherentes al proceso de digitalización. Finalmente, la falta de comprensión sobre la naturaleza compleja del cambio conlleva a una resistencia institucional al cambio, manifestada en la resistencia a adoptar nuevas prácticas y tecnologías, frenando el progreso hacia una verdadera transformación digital que beneficie a la comunidad educativa y al desarrollo integral del país (Romero et al., 2023).

Para superar las limitaciones inherentes a la transformación digital de las instituciones de educación en México, es fundamental adoptar una perspectiva sistémica que permita visualizar la educación superior como un sistema complejo, interconectado y en constante evolución. Este enfoque implica analizar las interacciones entre los diversos elementos que conforman el sistema educativo, tales como estudiantes, profesores, infraestructura tecnológica, y procesos administrativos. Al entender cómo estos elementos interactúan y se influyen mutuamente, se pueden identificar nuevos fenómenos y dinámicas que surgen como resultado de estos vínculos. Es esencial valorar esta emergencia, pues la transformación digital no solo implica cambios tecnológicos, sino también la aparición de

nuevas propiedades y comportamientos que no siempre son predecibles. Para abordar esta complejidad, resulta útil emplear herramientas de análisis de sistemas complejos, como la teoría de redes, la dinámica de sistemas y enfoques basados en agentes. Estas metodologías permiten una comprensión más profunda y holística de los desafíos y oportunidades que la transformación digital representa para el sistema educativo, facilitando una respuesta más adaptada y efectiva a las necesidades actuales y futuras de las instituciones en México (Serna et al., 2021).

La transformación digital de las instituciones de educación en México enfrenta un desafío significativo en la resistencia al cambio, especialmente cuando se busca implementar nuevas plataformas de aprendizaje en línea. Este fenómeno puede observarse cuando los docentes, habituados a métodos tradicionales de enseñanza, muestran resistencia al uso de herramientas tecnológicas. Desde una perspectiva lineal, esta resistencia podría atribuirse a la falta de capacitación en el uso de plataformas. Sin embargo, una mirada más sistémica permite comprender que el problema es multifactorial, involucrando la cultura institucional que a menudo privilegia ciertas metodologías, las relaciones de poder dentro de la institución que pueden influir en la adopción de cambios, y las incertidumbres relacionadas con el impacto de la transformación digital en el futuro de la educación. En este contexto, superar la resistencia al cambio implica no solo capacitar a los docentes, sino también trabajar en una transformación cultural que aborde estas dinámicas y temores subyacentes, permitiendo que las instituciones adopten de manera más efectiva las herramientas digitales para la mejora educativa.

La transformación digital de las instituciones educativas en México enfrenta desafíos significativos, de los cuales la brecha digital es uno de los más complejos. Una mirada reduccionista podría limitar esta brecha al acceso insuficiente a dispositivos o a una conexión deficiente a internet. No obstante, un enfoque más integral revela que la verdadera magnitud de la brecha digital abarca una diversidad de factores interconectados, tales como las habilidades y competencias digitales del alumnado y del personal académico, la alfabetización digital de la población y el papel que juegan las políticas institucionales en promover la inclusión tecnológica. En este contexto, la transformación digital no solo implica la adquisición de tecnología, sino también un cambio profundo en las estructuras, procesos y prácticas educativas, que permita el acceso igualitario y el desarrollo de capacidades que impulsen una educación más equitativa, moderna y preparada para los retos del siglo XXI (Torres et al., 2019).

2. TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD COMO HERRAMIENTA PARA ANALIZAR LA TD DE LAS IES.

La transformación digital de las IES en México representa un proceso complejo que no puede ser abordado únicamente mediante enfoques lineales. La teoría de la complejidad

permite comprender este fenómeno debido a su capacidad de capturar la dinámica inherente y la no linealidad de las IES. A diferencia de aproximaciones estáticas, esta teoría reconoce que la transformación digital implica una serie de cambios interrelacionados, donde pequeños ajustes o innovaciones iniciales pueden desencadenar resultados inesperados y significativos a lo largo del tiempo. Asimismo, el enfoque de la complejidad permite entender el papel crucial de las interacciones entre los elementos del sistema educativo, tales como estudiantes, profesores, tecnologías, políticas institucionales y factores sociales externos, que juntos generan nuevas propiedades y comportamientos emergentes (Scheider et al, 2017; Stensaker, 2018).

La incertidumbre y la ambigüedad que acompañan a la transformación digital se abordan mejor desde este enfoque, pues permite explorar escenarios múltiples y trabajar con la flexibilidad necesaria en un entorno en constante cambio. Además, la teoría de la complejidad pone en el centro a los actores que conforman el sistema: estudiantes, docentes y administradores, quienes, a través de sus decisiones y acciones, moldean el rumbo y el desarrollo de la transformación digital. Finalmente, el análisis holístico propuesto por la teoría de la complejidad brinda una visión integral de las IES, permitiendo identificar patrones, conexiones y áreas de mejora que podrían pasar desapercibidas con aproximaciones más reduccionistas. En este sentido, la teoría de la complejidad es una perspectiva adecuada para comprender y guiar la transformación digital en las IES de México, promoviendo una comprensión profunda y adaptativa del cambio (Miuro, 2016).

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS IES COMO SISTEMAS COMPLEJOS HACIA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

3.1 MULTIPLICIDAD DE ACTORES Y SUS INTERACCIONES.

Las IES, al ser sistemas complejos, se caracterizan por una multiplicidad de actores que interactúan de manera constante y dinámica. En estos entornos, conviven estudiantes, profesores, personal administrativo, directivos, padres, empresas, gobiernos y otras partes interesadas, cada uno con sus propios roles, objetivos y perspectivas (Salazar et al., 2024). Esta diversidad refleja la riqueza del sistema, además genera un entramado de relaciones complejas que influyen en la forma en que se desarrolla la IES. La multiplicidad de actores permite que se incorporen diversas perspectivas, enriqueciendo la comprensión de los desafíos y oportunidades del sistema. Sin embargo, esta complejidad también trae consigo la interdependencia, pues cada cambio en un actor puede desencadenar efectos en el resto del sistema. Además, las interacciones entre estos actores pueden generar nuevas propiedades y comportamientos que trascienden la simple suma de las partes (Váldez et al., 2021).

En términos de las relaciones, pueden ser formales, es decir, determinadas por roles y estructuras organizacionales (por ejemplo, las relaciones entre profesores y estudiantes),

como informales, que surgen de manera espontánea y pueden tener un impacto significativo en el sistema, como las redes sociales informales entre estudiantes. Las relaciones entre los actores pueden oscilar entre conflictos y colaboraciones, pues compiten por recursos limitados o tienen intereses distintos, pero también pueden unirse para alcanzar metas comunes.

La multiplicidad de actores y sus interacciones tienen implicaciones relevantes para la transformación digital. Esta transformación conlleva un cambio en roles, prácticas y relaciones, lo que puede generar resistencia al cambio. Pero, al mismo tiempo, la diversidad de perspectivas e interacción entre los actores abren oportunidades para la innovación, permitiendo que surjan ideas creativas y soluciones a los desafíos digitales (Pinheiro & Young, 2017).

3.2 DIVERSIDAD DE ELEMENTOS Y SUBSISTEMAS.

La diversidad de elementos y subsistemas en las instituciones de educación superior es un rasgo fundamental que las convierte en sistemas complejos y dinámicos. Se incluyen recursos esenciales para su operación, como la infraestructura física, la tecnología, los materiales educativos y el financiamiento, todos sujetos a limitaciones que condicionan su uso. A esto se suman procesos dinámicos como la enseñanza-aprendizaje, la investigación, la gestión administrativa y los servicios estudiantiles, que se encuentran interconectados generando flujos constantes de información y recursos. Además, el conocimiento —en sus múltiples formas como disciplinas, habilidades y valores— se produce, transforma y transmite a través de procesos propios de estas instituciones. La cultura institucional, definida por normas, valores, creencias y prácticas compartidas, influye en el comportamiento de todos los actores y en la manera en que se desarrollan estos procesos.

En el contexto de la transformación digital, esta diversidad representa tanto desafíos como oportunidades. Por un lado, la adaptación de múltiples elementos puede generar resistencias y conflictos; por otro, ofrece un campo fértil para el desarrollo de soluciones innovadoras y personalizadas que respondan a las necesidades particulares de cada institución. Para llevar a cabo la transformación digital de manera efectiva, se requiere una visión sistémica que contemple las múltiples interconexiones entre sus diversos componentes, asegurando así un enfoque integral y estratégico (Benavides et al., 2020; Gull & Sridadi, 2024).

3.3 INFLUENCIA DE FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS.

Las instituciones de educación superior, entendidas como sistemas complejos, no operan en aislamiento; están integradas en un entorno dinámico y multifacético que, al mismo tiempo, es impactado por la interacción de múltiples elementos internos. Por un lado,

los factores internos que moldean a estas instituciones incluyen su cultura institucional, caracterizada por normas, valores y prácticas compartidas que influyen en la toma de decisiones y la gestión de recursos; la estructura organizacional, que determina la eficiencia operativa; los recursos disponibles, que condicionan sus capacidades; los procesos académicos, que afectan la calidad de la educación y la investigación; y el liderazgo, que modela la dirección y cultura organizacional. Por otro lado, los factores externos, como el contexto socioeconómico, las políticas públicas, el mercado laboral, los avances tecnológicos y la competencia entre instituciones, ejercen una influencia constante y significativa, exigiendo adaptación y estrategia. La interacción continua entre estos factores internos y externos evidencia la complejidad y naturaleza interdependiente de las instituciones de educación superior, las cuales deben tomar decisiones estratégicas que consideren todas estas variables para responder de manera eficaz a los cambios del entorno. Esta comprensión es esencial para analizar la complejidad institucional, anticipar los desafíos y adaptar las estrategias, garantizando su relevancia y sostenibilidad en un contexto global en constante transformación (Hafseld et al., 2021).

3.4 ADAPTABILIDAD Y CAPACIDAD DE CAMBIO.

La adaptabilidad y la capacidad de cambio son características esenciales de las instituciones de educación superior, que se comportan como sistemas complejos debido a la variedad de factores internos y externos que influyen en su funcionamiento. La adaptabilidad de estas instituciones se traduce en su capacidad para ajustar procesos de enseñanza, evaluación y gestión administrativa para responder a nuevas demandas. También se refleja en la adopción de tecnologías innovadoras, que permiten mejorar tanto la experiencia de aprendizaje como la eficiencia operativa. Otro componente clave es el desarrollo de nuevos programas de estudio alineados con las necesidades emergentes del mercado laboral y los avances del conocimiento. Asimismo, la modificación de la estructura organizativa y la promoción de una cultura de innovación son esenciales para optimizar la toma de decisiones, fomentar la creatividad y consolidar la colaboración interna y externa.

La relevancia de esta capacidad de cambio radica en que las instituciones educativas operan en un entorno dinámico y en constante transformación, donde las demandas de los estudiantes, las expectativas de la sociedad y las tendencias tecnológicas evolucionan rápidamente. En este contexto, la adaptabilidad no solo permite que estas instituciones se mantengan competitivas frente a otras, sino que también les asegura relevancia y eficacia en la formación de profesionales preparados para los retos del futuro.

Varios factores influyen en la adaptabilidad institucional, incluyendo el liderazgo visionario, que promueve una cultura de innovación y cambio; la disposición de recursos financieros, humanos y tecnológicos; y la participación activa de toda la comunidad universitaria, que es clave para el éxito de cualquier proceso de transformación. Además, la colaboración con otras instituciones y organizaciones puede generar nuevas ideas y ampliar las

oportunidades de crecimiento (Iscaro et al., 2022).

4. CONCLUSIONES

La transformación digital de las instituciones de educación superior es un reto complejo y multifacético que requiere una comprensión profunda de los sistemas dinámicos y las interacciones entre sus múltiples componentes. En este contexto, la teoría de la complejidad se presenta como un marco conceptual para abordar este proceso de manera efectiva. A lo largo de este capítulo, hemos visto cómo esta teoría permite visualizar la educación superior como un sistema complejo, con conexiones profundas entre estudiantes, profesores, personal administrativo, tecnología y procesos institucionales. Además, esta perspectiva ayuda a identificar patrones emergentes generados por las interacciones dentro del sistema y a simular escenarios futuros que faciliten la evaluación de decisiones y políticas. Finalmente, hemos destacado la importancia de medir la efectividad de las intervenciones para ajustar y mejorar las estrategias de transformación digital.

A partir de estas conclusiones, surgen recomendaciones para las instituciones de educación superior. En primer lugar, es crucial adoptar un enfoque sistémico que permita visualizar la institución como un conjunto de elementos interrelacionados. También se debe fomentar la colaboración entre todos los actores involucrados, como docentes, estudiantes y personal administrativo, para co-crear soluciones y afrontar los desafíos de manera conjunta. Invertir en el desarrollo de capacidades para analizar sistemas complejos, así como crear un entorno que fomente la experimentación y el aprendizaje continuo. Además, la evaluación constante y la agilidad en la adaptación de estrategias son claves para el éxito de cualquier proceso de transformación digital.

La aplicación de la teoría de la complejidad en la educación superior abre nuevas e interesantes líneas de investigación. Estas incluyen el desarrollo de modelos más sofisticados que incorporen tecnologías como la inteligencia artificial y el Big Data, el estudio de casos comparativos entre instituciones para identificar mejores prácticas, y la investigación del impacto social de la transformación digital en términos de equidad, inclusión y relevancia. En conclusión, al adoptar la teoría de la complejidad, las instituciones de educación superior pueden construir un futuro más innovador, inclusivo y adaptado a las necesidades de la sociedad, gestionando la transformación digital con una perspectiva estratégica y pertinente.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) de México y a la Universidad Autónoma de Baja California por todo el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

REFERENCIAS

- Akour, M., & Alenezi, M. (2022). Higher education future in the era of digital transformation. *Education Sciences*, 12(11), 784.
- Álvarez, R. B., & Mayo, I. C. (2009). Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación superior. Estudio descriptivo y de revisión. *Revista Iberoamericana de educación*, 50(7), 1-12.
- Becerra-Peña, D. L., Rodríguez Ruiz, J. G., & Gutiérrez Moreno, P. (2023). ICT and Higher Education in Mexico: A State-Level Productivity Analysis. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(26)..
- Becerra-Peña, D. L. (2024). Logros educativos y TIC: análisis comparativo de la productividad latinoamericana. *Cuadernos de Economía*, 43(92).
- Benavides, L. M. C., Tamayo Arias, J. A., Arango Serna, M. D., Branch Bedoya, J. W., & Burgos, D. (2020). Digital transformation in higher education institutions: A systematic literature review. *Sensors*, 20(11), 3291.
- Brown, M., McGreal, R., & Peters, M. (2023). A strategic institutional response to micro-credentials: Key questions for educational leaders. *Journal of Interactive Media in Education*, 2023(1).
- Chinkes, E., & Julien, D. (2019). Las instituciones de educación superior y su rol en la era digital. La transformación digital de la universidad: ¿ transformadas o transformadoras?. *Ciencia y Educación*, 3(1), 21-33.
- Gómez Collado, M. E., Contreras Orozco, L., & Gutiérrez Linares, D. (2016). El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en estudiantes de ciencias sociales: un estudio comparativo de dos universidades públicas. *Innovación educativa (México, DF)*, 16(71), 61-80.
- Gull, M., Parveen, S., & Sridadi, A. R. (2024). Resilient higher educational institutions in a world of digital transformation. *foresight*, 26(5), 755-774.
- Hafsel, K. H., Hussein, B., & Rauzy, A. B. (2021). An attempt to understand complexity in a government digital transformation project. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(3), 70-91.
- Iscaro, V., Castaldi, L., Maresca, P., & Mazzoni, C. (2022). Digital transformation in the economics of complexity: the role of predictive models in strategic management. *Journal of Strategy and Management*, 15(3), 450-467.
- Miiro, F. (2016). Conflict management in higher educational institutions: A complexity perspective. In *Applied chaos and complexity theory in education* (pp. 199-208). IGI Global.
- Pinheiro, R., & Young, M. (2017). The university as an adaptive resilient organization: A complex systems perspective. In *Theory and method in higher education research* (Vol. 3, pp. 119-136). Emerald Publishing Limited.
- Romero Carbonell, M., Romeu Fontanillas, T., Guitert Catasús, M., & Baztán Gutiérrez, P. (2023). La transformación digital en la educación superior: el caso de la UOC. *RIED. Revista iberoamericana de educación a distancia*.

- Salazar, J. C. C., Fernández, D. L. C., & Valles, R. E. R. (2024). Evolución y Tendencias en la Gestión Basada en Resultados en Instituciones de Educación Superior: Una Revisión Bibliométrica. *Revista Reflexiones de la Sociedad y Economía*, 1(2), 112-132.
- Schneider, A., Wickert, C., & Marti, E. (2017). Reducing complexity by creating complexity: A systems theory perspective on how organizations respond to their environments. *Journal of Management Studies*, 54(2), 182-208.
- Serna Gómez, J. H., Díaz-Piraquive, F. N., Muriel-Perea, Y. D. J., & Díaz Peláez, A. (2021). Advances, opportunities, and challenges in the digital transformation of HEIS in Latin America. *Radical Solutions for Digital Transformation in Latin American Universities: Artificial Intelligence and Technology 4.0 in Higher Education*, 55-75.
- Stensaker, B. (2018). Academic development as cultural work: Responding to the organizational complexity of modern higher education institutions. *International Journal for Academic Development*, 23(4), 274-285.
- Torres-Ruiz, M., & Moreno-Ibarra, M. (2019). Challenges and opportunities in the digital transformation of the higher education institutions: the case of Mexico. *Management and administration of higher education institutions at times of change*, 137-149.
- Valdés, K. N., y Alpera, S. Q., & Cerdá Suárez, L. M. (2021). An institutional perspective for evaluating digital transformation in higher education: Insights from the Chilean case. *Sustainability*, 13(17), 9850.

LA COMPLEJIDAD COMO ELEMENTO ESTRATÉGICO EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

FECHA DE RECEPCIÓN: 01-11-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 19-11-24

Josue Miguel Parra Flores

ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo electrónico: josue.miguel.parra.flores@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1424-4498>

Nora Osuna-Millán

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: nora.osuna@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-7682>

Ricardo Fernando Rosales Cisneros

PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo electrónico: ricardorosales@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-2951>

RESUMEN

La gestión de proyectos en entornos modernos enfrenta una creciente complejidad debido a la incertidumbre, la interconexión global y los rápidos cambios tecnológicos. Este artículo explora cómo la teoría de la complejidad puede ser un elemento estratégico en la administración de proyectos, ofreciendo una ventaja competitiva a las organizaciones. Se abordan los fundamentos de la complejidad, sus aplicaciones prácticas en proyectos, las metodologías más efectivas para su gestión y su relación con los sistemas sociotécnicos.

Además, se analiza cómo la complejidad impacta en la toma de decisiones y en la gestión de riesgos, destacando la importancia de enfoques adaptativos y colaborativos. Este enfoque permite a las organizaciones maximizar la resiliencia, fomentar la innovación y garantizar el éxito de proyectos en entornos dinámicos.

Palabras clave: Gestión de proyectos, Complejidad, Toma de decisiones, Gestión de riesgos

ABSTRACT

Modern project management increasingly deals with complexity arising from uncertainty, global interconnectivity, and rapid technological advancements. This article explores how complexity theory can serve as a strategic advantage in project management, providing organizations with competitive benefits. It discusses the fundamentals of complexity, its practical applications in projects, the most effective management methodologies, and its relationship with sociotechnical systems. Additionally, the impact of complexity on decision-making and risk management is analyzed, emphasizing the importance of adaptive and collaborative approaches. This perspective enables organizations to maximize resilience, foster innovation, and ensure project success in dynamic environments.

Keywords: Project Management, Complexity, Decision-Making, Risk Management

1. INTRODUCCIÓN A LA COMPLEJIDAD EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La administración de proyectos en la era moderna enfrenta un contexto cada vez más incierto y complejo, con entornos interconectados e interdependientes que exigen métodos adaptativos. Estudios recientes destacan cómo la complejidad en la gestión de proyectos se ha convertido en un elemento estratégico crucial para superar desafíos (Cristóbal et al., 2018). Los proyectos complejos, caracterizados por la presencia de múltiples variables, incertidumbre y entornos dinámicos, requieren enfoques que permitan la adaptación y toma de decisiones informadas en tiempo real (Schlick et al., 2012).

En este artículo, se exploran los elementos clave de la complejidad en los proyectos, las metodologías de gestión adaptativas y el impacto en la toma de decisiones. La investigación se enfoca en comprender cómo los enfoques basados en complejidad permiten a las organizaciones optimizar recursos y maximizar la resiliencia organizacional.

2. FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD APLICADA A PROYECTOS

La teoría de la complejidad en administración de proyectos se basa en la idea de que los proyectos deben ser gestionados como sistemas adaptativos complejos (Cristóbal et al., 2019). La teoría sostiene que en un sistema complejo, las interacciones entre los componentes del sistema pueden llevar a resultados emergentes, que son resultados no previstos y difíciles de controlar (Zhu & Mostafavi, 2016; Cristóbal et al., 2019). En proyectos, estos resultados emergentes requieren estrategias que permitan al equipo adaptarse y reorientar las acciones en función de cambios y desafíos imprevistos.

Otros estudios, como el de An y colaboradores (2021), subrayan que los sistemas adaptativos complejos en proyectos fomentan una mayor innovación, dado que el proceso de iteración y adaptación permite explorar soluciones novedosas.

3. LA COMPLEJIDAD COMO ELEMENTO ESTRATÉGICO EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Considerar la complejidad como un elemento estratégico permite a las organizaciones aprovechar las características dinámicas de los proyectos para obtener ventajas competitivas (Remington & Pollack, 2016). La complejidad fomenta una mayor interdependencia entre los actores del proyecto, lo que, a su vez, promueve la colaboración y una toma de decisiones más integrada y holística (Butler et al., 2019).

Para gestionar estratégicamente la complejidad, los proyectos requieren una planificación flexible y la capacidad de responder a cambios abruptos y frecuentes. El enfoque estratégico basado en la complejidad implica ver los cambios no como amenazas, sino como oportunidades para mejorar y fortalecer el proyecto en tiempo real.

4. METODOLOGÍAS PARA GESTIONAR LA COMPLEJIDAD EN PROYECTOS

La elección de metodologías adaptativas es esencial en la gestión de proyectos complejos. A continuación, se describen las metodologías que han demostrado eficacia en estos contextos.

4.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL

4.1.1 PM-PMI (PROJECT MANAGEMENT – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE)

Es metodología tradicional de administración de proyectos conocida por sus siglas en inglés como Project Management Body of Knowledge (PMBOK) y es una guía realizada por el PMI con el fin de que los Administradores del proyecto (Project Managers) puedan tener a mano las principales directrices, buenas prácticas y conceptos fundamentales de la gestión de proyectos. PMBOK se basa en la experiencia de miles de profesionales de la gestión de

proyectos de todo el mundo y se actualiza periódicamente para reflejar los cambios en la industria. Los orígenes de PMBOK se remontan a 1969, cuando se fundó PMI con el objetivo de proporcionar un foro para que los profesionales compartieran información y discutieran los problemas encontrados en el campo de la gestión de proyectos (¿Qué es PMI?, s.f.).

4.1.2 WATERFALL

Esta metodología es especialmente utilizada en proyectos más tradicionalistas como en la manufactura o la construcción, y se basa en fases claramente delimitadas. Una termina y otra empieza. Se divide en 6 fases que son Requisitos, Análisis, Diseño, Programación, Pruebas y Operaciones.

La metodología waterfall, por lo general se visualiza en forma de diagrama de flujo o de Gantt. Se la llama waterfall o cascada porque cada tarea cae en cascada sobre el paso siguiente. En un diagrama de Gantt se puede ver cómo la fase anterior cae en cascada sobre la siguiente (Laoyan, 2022).

4.1.3 PRINCE2

En contextos complejos, Prince2 permite la segmentación del proyecto en fases, mejorando la organización y facilitando el monitoreo de los resultados parciales. Zubon (2022) destaca que Prince2 es especialmente útil en proyectos de gran escala, al permitir que los gestores administren de forma estructurada y por etapas.

4.2 METODOLOGÍA ÁGIL Y SCRUM

Las metodologías ágiles, incluyendo Scrum, se caracterizan por ciclos cortos de desarrollo y revisiones constantes, lo cual es adecuado en entornos complejos (Vogel, 2021). Este enfoque permite ajustar el proyecto en función de la retroalimentación continua y fomenta una toma de decisiones ágil y eficiente.

Scrum es una de las metodologías ágiles para administración de proyectos más utilizada en las áreas de desarrollo de software, la imagen 4.2 muestra como el product backlog (lista de pendientes del producto o alcance del proyecto) está organizado de acuerdo a la prioridad establecida en conjunto con el cliente, antes o después de cada Sprint el product backlog puede ser repriorizado, se realiza la planeación del sprint donde se obtiene el sprint backlog, para posteriormente llegar a ejecución donde la finalidad es la creación de las funcionalidades o incrementos del proyecto por el equipo scrum (scrum team), aquí se realizará una Daily Scrum (o reunión diaria de pie con una duración máxima de 15 minutos), se concluye el sprint y el incremento del producto (resultado del sprint) será revisado por medio de la reunión de revisión (Sprint review) donde el objetivo ideal es que el entregable sea aceptado, sin embargo si no es aceptado se realizarán los cambios necesarios en el siguiente Sprint, después de la revisión se realiza una reunión de retrospectiva donde se analizan las buenas prácticas con la intención de replicarlas y las

posibles fallas en la ejecución del sprint para no repetir las en otras ocasiones, se pueden emitir acuerdos o acciones de mejora que llevan un compromiso de cumplimiento para mejorar el desempeño del equipo: después de la retrospectiva del sprint, se repite el ciclo regresando a la reunión de planeación o Sprint Planning (What Is Scrum?, s. f.).

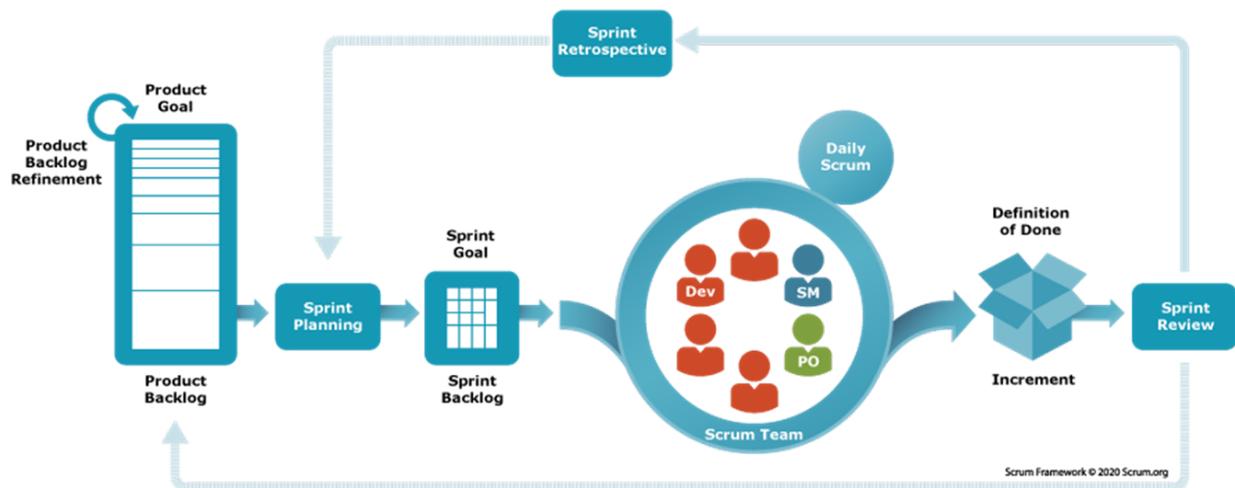


IMAGEN 4.2. PROCESO DE SCRUM (WHAT IS SCRUM?, S. F.).

4.2.1 KANBAN Y LEAN

Kanban y Lean proporcionan un enfoque visual y optimizado para manejar flujos de trabajo y reducir desperdicios en proyectos de alta complejidad. Estas metodologías promueven la eficiencia al permitir que los gestores identifiquen y aborden cuellos de botella de forma oportuna (Sotnik et al., 2024; Shahin et al., 2020).

4.2.2 ADAPTIVE PROJECT FRAMEWORK

El Marco de Proyecto Adaptativo (APE, por sus siglas en inglés) es una metodología de gestión de proyectos emergente que puede ayudar a las organizaciones de desarrollo de software a responder rápida y eficientemente a las condiciones ambientales y del mercado cambiantes.

Esta metodología es un enfoque iterativo para la gestión de proyectos porque enfatiza la mejora continua y ayuda a los gerentes de proyectos a planificar, ejecutar y monitorear adecuadamente los proyectos para lograr las metas dentro de un marco de tiempo predefinido (Kanjilal, 2023).

Este marco cuenta con 4 áreas clave:

1. Planificación para la incertidumbre que ayuda a identificar y planificar las incerti-

dumbres que pueden afectar al proyecto

2. Gestión de riesgos que ayuda a reducir o incluso eliminar estos riesgos para trabajar más establemente con el proyecto
3. Aprender de la experiencia fomentando el aprendizaje de proyectos pasados y la aplicación de conocimientos futuros
4. Promover la colaboración entre las partes interesadas del proyecto

4.2.3 DESIGN THINKING

Design thinking es una metodología de diseño de resolución de problemas que permite desarrollar soluciones centradas en las personas. El método de design thinking o pensamiento de diseño, fue desarrollada inicialmente en la escuela de diseño de Stanford, y cuenta con cinco etapas: Empatía, Definición, Ideación, Prototipado y testeo que permiten resolver situaciones ambiguas o problemas (Laoyan, 2022).

5. IMPACTO DE LA COMPLEJIDAD EN LA TOMA DE DECISIONES

La toma de decisiones en proyectos complejos involucra diversos factores como la interdependencia de variables, el cambio constante y la incertidumbre. Estudios recientes sugieren que la toma de decisiones en estos contextos debe basarse en estrategias flexibles y en el análisis continuo de datos (Hallo et al., 2020).

Las metodologías ágiles mediante la atención centrada en el cliente, entrega basada en el valor, justificación del negocio (Business Justification) y entregas en periodos cortos (Sprints), permiten que la incertidumbre, emergencia de situaciones o cambios en diversos escenarios en un proyecto complejo, sean atendidas desde diversas perspectivas, disciplinas; lo anterior permite que las decisiones sean basadas en el valor que cada funcionalidad o parte del proyecto es percibida por el cliente y validada por el equipo administrador del proyecto, lo anterior permite que el nivel de involucramiento y compromiso del cliente aumente, al recibir, revisar y autorizar o generar cambios en las funcionalidades de avance del proyecto resultado de los sprints desarrollados (Transform Your Career With SCRUMstudy Certifications, s. f.)

5.1 ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS

La toma de decisiones adaptativa permite ajustar las decisiones según el contexto y las condiciones cambiantes. Los proyectos complejos que aplican una toma de decisiones adaptativa presentan mejores resultados frente a la incertidumbre.

Un riesgo se define como un conjunto de eventos inciertos con un alto grado de incertidumbre que pueden afectar a un proyecto de manera positiva o negativa (¿Qué es PMI?, s. f.).

Todos los proyectos presentan un grado de incertidumbre, lo que genera en los administradores del proyecto, involucrados (stakeholders), asesores y desarrolladores una idea de cambios y riesgos, los cuales pueden ser gestionados mediante el establecimiento de prioridades en las expectativas del cliente, lo que permite dar seguimiento cercano a los requerimientos y adaptación a los cambios, así también la identificación de los riesgos así como el análisis del impacto y probabilidad de cada uno de ellos mediante un análisis cualitativo permite establecer una prioridad de atención y los planes de contingencia que permitan minimizarlos en caso de que sean riesgos negativos (amenazas) o potenciarlos en el caso de riesgos positivos (oportunidades), (Transform Your Career With SCRUMstudy Certifications, s. f.)

Por ejemplo, se puede clasificar la prioridad de atención de un riesgo mediante el análisis de impacto y probabilidad (ver tabla 5.1) donde la atención de acuerdo a estos dos elementos de un riesgo se presenta a continuación:

1. Baja probabilidad y bajo impacto: serán normalmente ignorados
2. Baja probabilidad y alto impacto: Se reducirá su impacto o estableceremos Planes de Contingencia
3. Alta probabilidad y bajo impacto: se reducirá la probabilidad
4. Alta probabilidad y alto impacto: se actuará inmediatamente

Riesgo	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Clasificación (P+I) /2	Atención
Rotación de personal	9	9	9	Inmediata
Ejecución del proyecto con retraso	4	10	7	Se reducirá el impacto y/o se generará plan de contingencia
Calidad de código deficiente	2	7	4.5	Se reducirá el impacto y/o se generará plan de contingencia
Ciber-ataques	8	8	8	Inmediata

TABLA 5.1. CLASIFICACIÓN DE RIESGOS SEGÚN SU IMPACTO Y PROBABILIDAD

6. GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN PROYECTOS COMPLEJOS

La incertidumbre en proyectos complejos requiere un enfoque de gestión basado en el análisis de riesgos y la flexibilidad operativa. Thamhain (2013) sugiere que la planificación de contingencias y el análisis de escenarios permiten reducir la exposición a riesgos y mejorar la capacidad de respuesta.

Un elemento importante en la administración ágil es el control del proceso empírico (empirical control process), el cual permite aprender y adaptarse a las situaciones o requerimientos emergentes, la transparencia e inspección, permiten la adaptación; lo anterior derivado de que la información de los avances del proyecto, así como el trabajo en proceso y el faltante es de conocimiento general por los integrantes del proyecto, lo que permite que si alguno de los compañeros revisa y observa el trabajo desarrollado y detecta un error o un área de oportunidad puede comentar o sugerir cambios para mejorar la eficiencia en el desarrollo de las tareas del proyecto, ya que permite la adaptación a los cambios sugeridos y aceptados.

6.1 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos se ha convertido en una práctica esencial para anticipar posibles problemas y establecer planes de contingencia que permitan una respuesta rápida y efectiva.

El propósito de la gestión de riesgos es el de incrementar la probabilidad e impacto de los eventos positivos y disminuir la probabilidad e impacto de los eventos negativos, por lo que a lo largo del desarrollo del proyecto se requiere dar seguimiento a los elementos que permiten que el riesgo se materialice.

6.2 AGILIDAD ORGANIZACIONAL

La agilidad organizacional permite a los equipos de proyectos responder rápidamente a cambios y nuevos desafíos. Según Sotnik et al. (2024), esta estrategia es fundamental en contextos donde los cambios pueden representar oportunidades significativas para el proyecto.

7. COMPLEJIDAD Y SU RELACIÓN CON LOS SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS EN PROYECTOS

Los sistemas sociotécnicos juegan un papel crucial en la administración de proyectos, especialmente en entornos complejos. Los sistemas sociotécnicos consideran tanto los

aspectos humanos como técnicos, creando un marco holístico que mejora la efectividad del proyecto al integrar procesos, tecnología y colaboración humana (Luther et al., 2022).

Los sistemas sociotécnicos permiten gestionar la complejidad mediante una mayor alineación entre los objetivos organizacionales y el potencial del equipo, lo cual reduce los problemas derivados de la falta de comunicación y facilita la implementación de prácticas adaptativas.

8. CONCLUSIÓN: LA COMPLEJIDAD COMO FACTOR ESTRATÉGICO EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

En conclusión, la complejidad puede considerarse un elemento estratégico en la administración de proyectos modernos. Las metodologías adaptativas y el enfoque en sistemas sociotécnicos facilitan la adaptación a entornos cambiantes, mejoran la colaboración y permiten una respuesta rápida a la incertidumbre.

La complejidad, cuando se gestiona adecuadamente, se convierte en una fuente de innovación y eficiencia, ofreciendo a las organizaciones una ventaja competitiva en mercados altamente dinámicos. Las prácticas y teorías de complejidad ayudan a alinear los recursos y capacidades del proyecto con los objetivos organizacionales, incrementando la probabilidad de éxito en proyectos complejos.

La administración de proyectos es sin duda una de las metodologías más utilizadas en cualquier área, departamentos, organizaciones, instituciones o de manera personal, pues es necesario administrar los recursos que están disponible para crear un producto, servicio, documentos que será un resultado único, en un tiempo determinado; el equipo y los involucrados o stakeholders, trabajan en conjunto, con el objetivo de que el proyecto beneficie a todos los actores relacionados.

La colaboración, autoorganización y automotivación son imprescindibles en los proyectos desarrollados hoy en día, por lo que la fusión de proyectos y complejidad que permitan atender la emergencia, incertidumbre en diversos escenarios es sin duda una ventaja competitiva que apoya la toma decisiones, permite alcanzar los objetivos estratégicos establecidos en el proyecto y la institución, permitiendo la adaptabilidad a situaciones complejas que se atienden desde una visión integral y transversal.

REFERENCIAS

- An, L., Grimm, V., Sullivan, A., Turner, B., II, Malleson, N., Heppenstall, A., Vincenot, C., Robinson, D., Ye, X., Liu, J., Lindkvist, E., & Tang, W. (2021). Challenges, tasks, and opportunities in modeling agent-based complex systems. *Ecological Modelling*, 457, 109685. <https://doi.org/10.1016/j.ecol-model.2021.109685>
- Butler, C. W., Vijayasathy, L. R., & Roberts, N. (2019). Managing Software Development Projects for Success: Aligning Plan- and Agility-Based Approaches to Project Complexity and Project Dynamism. *Project Management Journal*, 51(3), 262-277.
- Cristóbal, J. R. S., Carral, L., Diaz, E., Fraguera, J. A., & Iglesias, G. (2018). Complexity and Project Management: A General Overview. *Complexity*, 2018(1).
- Cristóbal, J. R. S., Diaz, E., Carral, L., Fraguera, J. A., & Iglesias, G. (2019). Complexity and Project Management: Challenges, Opportunities, and Future Research. *Complexity*, 2019(1).
- Hallo, L., Nguyen, T., Gorod, A., & Tran, P. (2020). Effectiveness of Leadership Decision-Making in Complex Systems. *Systems*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/systems8010005>
- Kanjilal, J. (7 febrero 2023). Overview of the Adaptive Project Framework. Developer. Recuperado el 10 de abril de 2024 de <https://www.developer.com/project-management/adaptive-project-framework/>
- Laoyan, S. (2024, 12 febrero). Metodologías de mejora de procesos y cómo hacer una propuesta [2024] Asana. Asana.<https://asana.com/es/resources/process-improvement-methodologies>
- Luther, B., Gunawan, I., & Nguyen, N. (2022). Identifying effective risk management frameworks for complex socio-technical systems. *Safety Science*, 158, 105989.
- Remington, K., & Pollack, J. (2016). Tools for Complex Projects. En Routledge eBooks. <https://doi.org/10.4324/9781315550831>
- Schlick, C. M., Duckwitz, S., & Schneider, S. (2012). Project dynamics and emergent complexity. *Computational And Mathematical Organization Theory*, 19(4), 480-515. <https://doi.org/10.1007/s10588-012-9132-z>
- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 107(5-6), 2927-2936. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>
- Sotnik, S., Omarol, M., Frolov, A., & Al-Badani, B. A. A. (2024). Optimization Of Work: In-Depth Look At Kanban, Scrum AND Lean. *Journal of Natural Sciences and Technologies*, 3(1), 290-301.
- Transform Your Career with SCRUMstudy Certifications. (s. f.). Scrum Study. <https://www.scrumstudy.com/>
- ¿Qué es PMI? (s. f.). pmi.org . <https://www.pmi.org/america-latina/>
- Thamhain, H. J. (2013). Managing risks in complex projects. Paper presented at PMI®

Global Congress 2013—North America, New Orleans, LA. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

- Vogel, W. (2021). Agile Methods for Complexity Management: A Literature Overview. In Springer eBooks (pp. 129-176).
- What is Scrum? (s. f.). Scrum.org. <https://www.scrum.org/learning-series/what-is-scrum/>
- Zhu, J., & Mostafavi, A. (2017). Discovering complexity and emergent properties in project systems: A new approach to understanding project performance. *International Journal Of Project Management*, 35(1), 1-12.
- Zubon, S., & Taher, M. (2022). A Comparison Between the International Standards PRINCE2 and PMBOK in Project Management. *Proceedings Of 2nd International Multi-Disciplinary Conference Theme: Integrated Sciences And Technologies, IMDC-IST 2021, 7-9 September 2021, Sakarya, Turkey.* <https://doi.org/10.4108/eai.7-9-2021.2315307>

SINERGIA DE IA Y FACTORES HUMANOS: INNOVACIÓN Y COMPLEJIDAD EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA INDUSTRIA 4.0

FECHA DE RECEPCIÓN: 29-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 18-11-24

Eduardo Ahumada-Tello

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo: eahumada@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1698-5126>

Karen Gardenia Ramos-Higuera

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo: karen.ramos38@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5431-9688>

Juan M. Perusquia-Velasco

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Correo: perusquia@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1787-9069>

RESUMEN

En este documento se explora cómo la Industria 4.0, basada en tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), los sistemas ciberfísicos y el big data, transforma el desarrollo de nuevos productos (NPD) mediante la integración de factores humanos y tecnológicos. Se analiza el enfoque de complejidad como marco teórico para comprender las interacciones no lineales, adaptativas y emergentes en sistemas productivos complejos. La investigación identifica los desafíos y oportunidades en la creación de valor sostenible, destacando la importancia de la colaboración humano-tecnológica. Se

analizan herramientas tecnológicas y se proponen modelos híbridos de decisión para abordar la incertidumbre y mejorar la innovación. Asimismo, se resalta cómo la IA puede amplificar la creatividad humana al ofrecer capacidades predictivas que complementan el juicio humano. El documento concluye que la integración sinérgica de la IA y los factores humanos es esencial para enfrentar la complejidad de los sistemas modernos y promover un desarrollo sostenible e innovador. Las recomendaciones incluyen fomentar modelos adaptativos, diseñar herramientas híbridas y fortalecer la capacitación multidisciplinaria en entornos de complejidad.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Complejidad, Innovación en Productos, Industria 4.0, Sinergia Humano-Tecnológica.

ABSTRACT:

This paper explores how Industry 4.0, based on advanced technologies such as artificial intelligence (AI), cyber-physical systems, and big data, transforms new product development (NPD) by integrating human and technological factors. The complexity approach is analyzed as a theoretical framework for understanding nonlinear, adaptive, and emergent interactions in complex production systems. The research identifies challenges and opportunities in sustainable value creation, highlighting the importance of human-technology collaboration. Technological tools are analyzed, and hybrid decision models are proposed to address uncertainty and enhance innovation. It also highlights how AI can amplify human creativity by offering predictive capabilities that complement human judgment. The paper concludes that the synergistic integration of AI and human factors is essential to address the complexity of modern systems and promote sustainable and innovative development. Recommendations include fostering adaptive models, designing hybrid tools, and strengthening multidisciplinary training in complex environments.

Keywords: Artificial Intelligence, Complexity, Product Innovation, Industry 4.0, Human-Technology Synergy.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INDUSTRIA 4.0: DEFINICIÓN Y CONCEPTO

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, se refiere a la integración de tecnologías avanzadas en los procesos productivos con el objetivo de optimizar la eficiencia, la personalización y la interconexión en los sistemas industriales. Este concepto se basa en la digitalización y la convergencia de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica, la manufactura aditiva y el big data. Su característica principal radica en la capacidad de conectar dispositivos, recopilar

datos en tiempo real y utilizar análisis avanzados para tomar decisiones autónomas en la producción (Zhong et al., 2020). A diferencia de las revoluciones industriales previas, la Industria 4.0 no solo se enfoca en la maquinaria, sino también en la inteligencia integrada en los sistemas productivos (Lu, 2017).

1.2 ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE LA INDUSTRIA 4.0

La estructura de la Industria 4.0 se fundamenta en cuatro pilares principales: sistemas ciberfísicos, conectividad, analítica avanzada y automatización inteligente. Los sistemas ciberfísicos integran componentes físicos con tecnología digital, lo que permite que los dispositivos interactúen entre sí de manera autónoma (Hermann et al., 2016). La conectividad, basada en IoT, posibilita la transmisión de datos entre sensores, máquinas y plataformas en la nube, mientras que la analítica avanzada transforma esos datos en información valiosa para optimizar procesos. Finalmente, la automatización inteligente, impulsada por IA, permite realizar tareas complejas con mínima intervención humana (Kagermann et al., 2013).

1.3 BENEFICIOS Y RELEVANCIA

La Industria 4.0 tiene el potencial de transformar la economía global mediante la mejora de la productividad, la reducción de costos y la creación de nuevos modelos de negocio. Entre los beneficios más destacados se encuentra la capacidad de personalizar productos a gran escala, conocida como “personalización masiva”, y la optimización de la cadena de suministro mediante predicciones basadas en big data. Además, fomenta la sostenibilidad al reducir el consumo de recursos y emisiones de carbono en los procesos productivos (Choi et al., 2019). En términos económicos, estudios han demostrado que las empresas que adoptan la Industria 4.0 tienden a aumentar su competitividad y adaptabilidad a mercados en constante cambio (Sung, 2018).

1.4 CASOS DE APLICACIÓN

Existen numerosos casos prácticos que ilustran el impacto de la Industria 4.0 en diferentes sectores. En la manufactura, empresas como Siemens han implementado fábricas inteligentes que utilizan sistemas ciberfísicos para ajustar la producción en tiempo real según la demanda del mercado. En la industria de la salud, se han desarrollado dispositivos médicos conectados a IoT que monitorean pacientes de manera remota, mejorando la calidad de la atención (Tao et al., 2018). En el sector logístico, tecnologías como la analítica predictiva y los vehículos autónomos han optimizado la distribución y la gestión de inventarios (Zhong et al., 2020).

1.5 RETOS Y PERSPECTIVAS

A pesar de sus beneficios, la implementación de la Industria 4.0 enfrenta desafíos significativos, como la falta de infraestructura digital, la resistencia al cambio en las organizaciones y los riesgos de ciberseguridad. Además, el avance tecnológico plantea preocupaciones sobre el impacto en el empleo, ya que la automatización podría reemplazar tareas realizadas por humanos. Sin embargo, estos retos pueden superarse mediante políticas públicas que promuevan la capacitación tecnológica, la inversión en infraestructura y la regulación para garantizar la seguridad en los sistemas conectados (Lu, 2017). A medida que estas tecnologías evolucionen, se espera que la Industria 4.0 continúe transformando los sistemas productivos y habilitando innovaciones en todos los sectores económicos.

2. EL ENFOQUE DE LA COMPLEJIDAD EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS EN LA INDUSTRIA

2.1 INTRODUCCIÓN AL ENFOQUE DE LA COMPLEJIDAD

El enfoque de la complejidad se centra en entender los sistemas adaptativos caracterizados por interacciones no lineales, alta incertidumbre y emergencias dinámicas. En el contexto del desarrollo de nuevos productos (NPD, por sus siglas en inglés), este enfoque ayuda a manejar los desafíos que surgen de la interconexión entre variables técnicas, sociales y económicas. La integración de este enfoque en NPD permite comprender cómo las decisiones locales pueden generar patrones globales inesperados, proporcionando herramientas para gestionar incertidumbre y mejorar la innovación (Kallenborn & Taübe, 2014). Además, la teoría de sistemas adaptativos complejos (CAS) aplicada al desarrollo de productos permite analizar interacciones dinámicas y crear estrategias adaptativas para entornos competitivos (Benabdellah et al., 2019).

2.2 ESTRUCTURA Y DINÁMICAS EMERGENTES EN NPD

El desarrollo de productos complejos está profundamente influenciado por dinámicas emergentes, donde los cambios pequeños en las condiciones iniciales pueden tener impactos significativos en los resultados. Estudios han demostrado que los proyectos de NPD operan como sistemas dinámicos donde las interacciones entre equipos multidisciplinarios generan comportamientos no previstos (Schlick et al., 2013). Además, la gestión de estos proyectos requiere herramientas que permitan identificar y modelar la complejidad estructural y dinámica de sus componentes para optimizar recursos y reducir riesgos (Schuh et al., 2016).

2.3 APLICACIÓN EN LA INNOVACIÓN DE PRODUCTOS

El enfoque de la complejidad se utiliza en NPD para fomentar la innovación mediante redes de interacción y retroalimentación. Por ejemplo, un estudio en la industria automotriz mostró cómo el uso de modelos de redes dinámicas permitió mejorar la colaboración y el aprendizaje entre proyectos, optimizando la gobernanza de NPD (Kallenborn & Taübe, 2014). Asimismo, la integración de CAS ayuda a predecir el impacto de decisiones en sistemas interdependientes, permitiendo una planificación más robusta en condiciones de incertidumbre (Akgün et al., 2014).

2.4 CASOS DE ESTUDIO EN ENTORNOS INDUSTRIALES

En sectores como el automotriz y el de alta tecnología, los proyectos de NPD han adoptado enfoques de complejidad para gestionar incertidumbres y mejorar la eficiencia operativa. Por ejemplo, el desarrollo de nuevos vehículos en empresas alemanas se utilizaron métricas para medir la complejidad operativa y técnica, lo que permitió reducir costos y mejorar la calidad del diseño (Schlick et al., 2013). De manera similar, las empresas tecnológicas han implementado estrategias de iteración ágil para manejar proyectos con alta incertidumbre, reduciendo significativamente los tiempos de desarrollo (Spill, 2012).

2.5 PERSPECTIVAS

El enfoque de la complejidad es esencial para entender las dinámicas adaptativas y emergentes en el desarrollo de nuevos productos. Este enfoque no solo permite una mayor adaptabilidad a entornos inciertos, sino que también fomenta la innovación colaborativa. A medida que los sistemas productivos se vuelven más interdependientes, la adopción de herramientas basadas en complejidad será crucial para mantener la competitividad y la sostenibilidad en la industria.

2.6 EL PROBLEMA DE ANÁLISIS

La Industria 4.0 ha transformado el desarrollo de nuevos productos mediante la integración de sistemas ciberfísicos, tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) y factores humanos en sistemas productivos complejos. Sin embargo, el éxito de esta transformación depende de la capacidad para alinear las capacidades humanas, tecnológicas y organizativas dentro de un marco adaptativo que gestione la incertidumbre y la interdependencia. La cuestión clave radica en cómo estos elementos pueden integrarse de manera efectiva, optimizando no solo la innovación, sino también la eficiencia y la resiliencia del sistema.

3. OBJETIVO GENERAL:

- Explorar y analizar las interacciones entre factores humanos y tecnológicos en el desarrollo de nuevos productos bajo un enfoque de complejidad

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar patrones adaptativos y emergentes en equipos humanos-tecnológicos
- Explorar el planteamiento de un modelo híbrido humano-tecnológico para la toma de decisiones, sostenido en la integración de la IA y de la creatividad humana.
- Proponer el análisis del impacto de la IA en la sostenibilidad y ética del ciclo de vida del producto

5. HIPÓTESIS

- La integración de la IA con factores humanos, a través de modelos de complejidad, mejora significativamente la innovación y sostenibilidad en el desarrollo de productos.

6. ANÁLISIS CRÍTICO

Las interacciones adaptativas en equipos híbridos son esenciales en la Industria 4.0, donde la complejidad y la incertidumbre exigen respuestas ágiles y dinámicas. En estos entornos, los equipos híbridos, formados por humanos y máquinas, enfrentan desafíos como la coordinación efectiva, la integración tecnológica y la adaptación al cambio. La investigación ha demostrado que estos equipos se benefician de modelos adaptativos basados en inteligencia artificial (IA) para promover la colaboración y la resolución de problemas en tiempo real. Por ejemplo, investigadores han propuesto el uso de modelos matemáticos para mejorar las interacciones dentro de equipos híbridos mediante el desarrollo de modelos mentales compartidos y plataformas de interacción adaptativa. Estos modelos permiten que los equipos respondan de manera eficiente a cambios en entornos dinámicos, mejorando tanto la productividad como la toma de decisiones en sistemas industriales complejos (Canan et al., 2017).

A pesar de los avances, la implementación efectiva de interacciones adaptativas en equipos híbridos plantea varios desafíos, como la resistencia humana al cambio y la necesidad de interfaces tecnológicas intuitivas. Estudios recientes destacan el papel de tecnologías como los gemelos digitales y la realidad aumentada para mejorar estas interacciones. Existen evidencias de que el uso de estas tecnologías en equipos híbridos facilita la colaboración, incluso con operadores no expertos, al proporcionar simulaciones en tiempo real y un sistema flexible que integra nuevos dispositivos con facilidad. Estas herramientas no solo optimizan la comunicación entre humanos y máquinas, sino que también promueven la

adaptabilidad necesaria para responder a la incertidumbre y el dinamismo característicos de la Industria 4.0 (Gallala et al., 2022).

La inteligencia artificial (IA) está transformando la manera en que se potencia la creatividad humana al complementar las capacidades intuitivas con herramientas predictivas basadas en datos. Lejos de reemplazar la creatividad, la IA actúa como un amplificador que extiende el rango de pensamiento humano mediante algoritmos de aprendizaje automático, análisis de patrones y modelado predictivo. En industrias creativas, como el diseño gráfico y la música, tecnologías como las redes neuronales generativas permiten a los humanos explorar nuevas posibilidades que antes eran inaccesibles, promoviendo una colaboración humano-máquina que redefine los límites de la innovación. En este contexto, la IA es más efectiva como asistente colaborativo que como creadora independiente y su diseño centrado en los humanos potencia la generación de ideas mediante la combinación de intuición creativa humana y análisis computacional (Anantrasirichai & Bull, 2020).

No obstante, la integración de la IA como herramienta para potenciar la creatividad enfrenta desafíos importantes. Entre estos, se encuentra la dependencia excesiva en la tecnología, que podría limitar el desarrollo de habilidades humanas críticas y generar una falsa percepción de creatividad autónoma por parte de las máquinas. Sin embargo, estudios recientes sugieren que el equilibrio óptimo se encuentra en sistemas diseñados para fomentar la sinergia entre las fortalezas humanas y las capacidades analíticas de la IA. Barile et al. (2022) argumentan que la IA debe adoptar un enfoque de “inteligencia aumentada” en lugar de “inteligencia artificial”, donde la creatividad humana se ve enriquecida, no reemplazada, mediante interfaces que promuevan la reflexión y la autonomía creativa (Barile et al., 2022). Este enfoque asegura que la IA funcione como un catalizador para la creatividad, reforzando la capacidad de los humanos para enfrentar desafíos complejos de manera innovadora.

6.1 IMPLICACIONES TEÓRICAS

El enfoque de complejidad, que subraya las relaciones no lineales y emergentes en los sistemas humano-tecnológicos, ofrece un marco teórico poderoso para analizar las dinámicas adaptativas en entornos complejos. En sistemas caracterizados por la interacción entre humanos y tecnología, las relaciones no lineales emergen de patrones dinámicos que no pueden reducirse a la suma de las partes individuales. Por ejemplo, un estudio de Casadiego et al. (2017) destaca cómo los sistemas de interacción en red permiten identificar relaciones directas y no lineales entre componentes sin depender de un modelo predefinido. Este enfoque es esencial para capturar la complejidad de sistemas humano-tecnológicos donde los estados emergentes son el resultado de interacciones dinámicas multidimensionales.

Este marco teórico tiene implicaciones prácticas significativas, particularmente en la

integración de tecnología y comportamiento humano. Las relaciones emergentes no lineales permiten anticipar puntos de inflexión en sistemas sociotécnicos, donde la retroalimentación positiva entre aprendizaje tecnológico y comportamiento humano puede llevar a cambios sistémicos. Un ejemplo práctico de este fenómeno es la adopción de tecnologías disruptivas en sectores industriales, donde las interacciones dinámicas entre usuarios y sistemas tecnológicos promueven estados de equilibrio no anticipados. Esto enfatiza la importancia de abordar las relaciones no lineales y emergentes desde una perspectiva interdisciplinaria para diseñar sistemas más adaptativos y resilientes.

El diseño de herramientas híbridas de decisión que integran inteligencia artificial (IA) con procesos humanos es un paso esencial para enfrentar la creciente complejidad de los sistemas actuales. Estas herramientas no solo combinan la capacidad analítica y predictiva de la IA, sino que también incorporan el juicio humano para tomar decisiones más equilibradas y adaptativas. Según Tolk et al. (2020), los modelos híbridos que combinan teorías y herramientas de múltiples disciplinas son fundamentales para superar las limitaciones de las soluciones unidimensionales en contextos de complejidad. Estas herramientas permiten modelar sistemas multidimensionales y abordar problemas que involucran múltiples interacciones no lineales. Además, frameworks como los modelos de simulación híbridos facilitan una mejor comprensión de cómo las decisiones humanas pueden amplificarse mediante el soporte algorítmico de la IA, asegurando decisiones más informadas y ajustadas a contextos específicos (Tolk et al., 2020).

6.2 IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La capacitación de equipos multidisciplinarios en entornos de complejidad es otro componente crucial para garantizar el éxito de estas herramientas híbridas. La IA puede ser una herramienta poderosa para acelerar el proceso de aprendizaje en equipos diversos, proporcionando simulaciones y modelos interactivos que ilustran cómo las decisiones impactan dinámicamente en sistemas complejos. Los enfoques híbridos que combinan aprendizaje automático con modelos interpretables no solo mejoran el rendimiento predictivo, sino que también aumentan la comprensión de las relaciones causales en los sistemas analizados. Este tipo de capacitación, que incorpora tanto habilidades técnicas como competencias de análisis crítico, permite a los equipos multidisciplinarios navegar de manera efectiva en entornos caracterizados por incertidumbre y adaptabilidad (Guo et al., 2019).

6.3 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Incorporar la diversidad cultural en equipos híbridos dentro de la Industria 4.0 no solo aporta riqueza de perspectivas, sino que también plantea desafíos que deben abordarse

estratégicamente para optimizar el desempeño. Los equipos culturalmente diversos ofrecen un potencial significativo para la creatividad e innovación, pero requieren una gestión adecuada para superar barreras como diferencias en estilos de trabajo y comunicación. Los equipos multiculturales enfrentan inicialmente conflictos derivados de la diversidad, pero, con el tiempo, logran alinear sus diferencias hacia metas compartidas, lo que incrementa la creatividad en los procesos de innovación. Estos equipos necesitan líderes que implementen estrategias específicas para manejar tensiones culturales y maximizar las oportunidades de aprendizaje compartido (Bouncken et al., 2016).

A pesar de sus beneficios potenciales, la diversidad cultural en equipos híbridos también puede generar dinámicas complejas. Por ejemplo, la diversidad profunda, como diferencias en valores culturales, puede obstaculizar la cohesión si no se gestiona eficazmente. La diversidad cultural a nivel profundo está positivamente relacionada con la creatividad del equipo, especialmente en tareas interdependientes y colaborativas. Sin embargo, la gestión de la diversidad requiere un clima inclusivo que promueva la integración cultural y reduzca conflictos. Esto puede lograrse mediante intervenciones como la capacitación en inteligencia cultural y el uso de herramientas tecnológicas que faciliten la colaboración intercultural en entornos virtuales (Wang et al., 2019). Así, al fomentar un ambiente inclusivo y equipar a los equipos con habilidades interculturales, las organizaciones pueden convertir la diversidad cultural en una ventaja competitiva.

7. CONCLUSIONES

La integración efectiva de la inteligencia artificial (IA) con factores humanos se ha posicionado como un catalizador esencial para fomentar la innovación en el desarrollo de productos dentro de entornos complejos. Este enfoque no solo combina las fortalezas complementarias de ambas dimensiones, la analítica y precisión de la IA junto con la creatividad y adaptabilidad humana, sino que también ofrece una ventaja competitiva en un mercado caracterizado por la incertidumbre y la interconexión global. En el ámbito académico, este tipo de integración refleja los principios fundamentales de los sistemas adaptativos complejos, donde las interacciones no lineales entre componentes pueden generar resultados emergentes altamente innovadores. Estudios recientes confirman que la sinergia entre las capacidades predictivas de la IA y la intuición humana mejora la eficiencia en la toma de decisiones, acelera los procesos de prototipado y optimiza la asignación de recursos en fases críticas del desarrollo de productos, demostrando que la tecnología, lejos de reemplazar, amplifica las habilidades humanas. Este enfoque es particularmente relevante en sectores como la manufactura avanzada, la biotecnología y la industria automotriz, donde la presión por innovar continuamente es alta.

Desde una perspectiva empresarial, la adopción de estrategias que integren IA con factores humanos es más que una herramienta de innovación; es un imperativo estratégico. La IA

permite analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, proporcionando insights que mejoran tanto la predicción de tendencias de mercado como el diseño de productos personalizados. Sin embargo, la dimensión humana es indispensable para interpretar estos datos de manera contextual, tomar decisiones éticas y diseñar productos alineados con las necesidades reales de los usuarios. Además, integrar IA en el trabajo humano promueve un modelo de colaboración adaptativo que incrementa la resiliencia organizacional frente a desafíos inesperados. Empresas líderes que han adoptado este enfoque han demostrado mejoras significativas en el rendimiento operativo y en la satisfacción del cliente, lo que subraya la importancia de cultivar un ecosistema híbrido donde tecnología y humanidad trabajen de manera sinérgica. En resumen, la fusión efectiva de la IA y los factores humanos no solo es clave para enfrentar la complejidad de los entornos modernos, sino también para mantener un enfoque sostenible y competitivo en el desarrollo de productos.

Entonces se puede concluir que el enfoque de complejidad proporciona una perspectiva integral y robusta para analizar y gestionar las interacciones adaptativas y emergentes dentro de sistemas complejos. Este enfoque reconoce que dichos sistemas, como las organizaciones empresariales o los ecosistemas tecnológicos, no operan de manera lineal, sino que dependen de interacciones dinámicas y multifacéticas entre sus componentes. Al considerar la no linealidad, la adaptabilidad y la emergencia como principios centrales, este enfoque facilita la comprensión de fenómenos como la formación de patrones, los cambios disruptivos y las respuestas sistémicas a factores externos. En un contexto académico, el enfoque de complejidad ha permitido desarrollar modelos predictivos y herramientas analíticas que capturan la naturaleza interdependiente de los sistemas modernos, desde la evolución de mercados hasta el diseño de nuevas tecnologías. Este marco, además, resalta la importancia de integrar diferentes disciplinas para abordar problemas sistémicos, favoreciendo un análisis holístico que se adapta a la creciente incertidumbre global.

Desde un punto de vista empresarial, el enfoque de complejidad tiene implicaciones directas en la gestión estratégica y la toma de decisiones. En un mundo caracterizado por la globalización y la aceleración tecnológica, las empresas enfrentan entornos altamente volátiles y dependientes de múltiples variables. El enfoque de complejidad permite a las organizaciones identificar patrones emergentes en mercados fluctuantes, gestionar riesgos de manera proactiva y fomentar la resiliencia frente a crisis inesperadas. Esto se traduce en una capacidad superior para innovar, adaptarse a cambios disruptivos y mantener ventajas competitivas sostenibles. Además, su aplicación práctica en el desarrollo de herramientas de simulación, análisis de redes y gestión de la incertidumbre ha demostrado ser invaluable en sectores como la manufactura avanzada, la logística y la economía digital. En definitiva, el enfoque de complejidad no solo es un marco teórico crucial para comprender sistemas dinámicos, sino también una herramienta esencial para la sostenibilidad y el éxito en el entorno empresarial contemporáneo.

Este trabajo ofrece un marco conceptual para explorar la sinergia entre los factores humanos y tecnológicos en la creación de valor sostenible, un tema crítico en un mundo

donde la tecnología redefine las dinámicas empresariales y sociales. Al abordar la interacción entre capacidades humanas, como la creatividad, la adaptabilidad y el juicio crítico, y tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el análisis de big data, este enfoque subraya la importancia de integrar ambos dominios para enfrentar los retos globales. En un contexto académico, este planteamiento abre nuevas vías para investigar cómo las tecnologías pueden complementar y potenciar las habilidades humanas, creando un ecosistema que no solo mejora la productividad, sino que también fomenta la innovación responsable. Además, este marco respalda la idea de que el progreso tecnológico debe alinearse con principios éticos y de sostenibilidad, asegurando que la creación de valor no comprometa las necesidades futuras.

Desde una perspectiva empresarial, las implicaciones de esta propuesta son profundas. La integración humano-tecnológica no solo permite una mayor eficiencia operativa, sino que también ofrece una ventaja competitiva en mercados dinámicos y globalizados. Empresas que adoptan estrategias basadas en esta sinergia logran adaptarse más rápidamente a cambios disruptivos, diseñar productos más innovadores y establecer modelos de negocio sostenibles. En particular, la creación de valor sostenible, fundamentada en esta colaboración, tiene el potencial de redefinir las métricas de éxito empresarial, moviendo el enfoque hacia objetivos que equilibran el crecimiento económico, la responsabilidad social y la gestión ambiental. En este sentido, este trabajo no solo marca un punto de partida crucial para futuras investigaciones, sino que también proporciona a los líderes empresariales un enfoque pragmático y ético para navegar la complejidad del entorno contemporáneo.

REFERENCIAS

- Ahumada-Tello, E., Evans, R. (2023). Human factors, innovation and technology, and cluster strategies as triggers of new product development. *Procedia CIRP*. 119, 179-181. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.090>
- Ahumada-Tello, E., Evans, R. (2023b). A Complexity-based Framework for Social Product Development. *Procedia CIRP*. 119, 1204-1209. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.05.009>
- Akgün, A. E., Keskin, H., & Byrne, J. C. (2014). Complex adaptive systems theory and firm product innovativeness. *Journal of Engineering and Technology Management*. DOI: 10.1016/J.JENGTCEMAN.2013.09.003
- Anantrasirichai, N., & Bull, D. (2020). Artificial intelligence in the creative industries: a review. *Artificial Intelligence Review*, 55, 589-656. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7>
- Barile, S., Bassano, C., Piciocchi, P., Vito, P., & Spohrer, J. C. (2022). Algorithms and Human Creativity: Threats or Opportunities? *The Human Side of Service Engineering*. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002563>
- Benabdellah, A. C., Bouhaddou, I., & Benghabrit, A. (2019). Holonic multi-agent system for modeling complexity structures of Product Development Process. 2019 4th World Conference on Complex Systems (WCCS). DOI: 10.1109/ICoCS.2019.8930714
- Canan, M., Sousa-Poza, A., & Dean, A. (2017). Complex Adaptive Behavior of Hybrid Teams. *Procedia Computer Science*, 114, 139-148. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.09.013>
- Casadiego, J., Nitzan, M., Hallerberg, S., & Timme, M. (2017). Model-free inference of direct network interactions from nonlinear collective dynamics. *Nature Communications*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02288-4>
- Choi, T. M., Wallace, S. W., & Wang, Y. (2018). Big Data Analytics in Operations Management. *Production and Operations Management*, 27(10), 1868-1883. <https://doi.org/10.1111/poms.12838>
- Gallala, A., Kumar, A. A., Hichri, B., & Plapper, P. (2022). Digital Twin for Human-Robot Interactions by Means of Industry 4.0 Enabling Technologies. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22134950>
- Guo, M., Zhang, Q., Liao, X., Chen, F. Y., & Zeng, D. (2019). A hybrid machine learning framework for analyzing human decision-making through learning preferences. *Omega*. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102263>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 3928-3937. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. German National Academy of Science and Engineering.
- Kallenborn, O., & Taübe, F. (2014). Complex Adaptive Socio-Technical Systems: The Role of Socio-Technical Networks in New Product Development. *Organization Studies*. DOI: 10.2139/SSRN.2387287
-

- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications, and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Mubarak, M.F., Evans, R, Ahumada-Tello, E.(2024). Manufacturing in Industry 4.0: A Scoping Review of Open Innovation Practices and Future Research. 6, 1-10
- Schlick, C. M., Duckwitz, S., & Schneider, S. (2013). Project dynamics and emergent complexity. *Computational and Mathematical Organization Theory*. DOI: 10.1007/s10588-012-9132-z
- Schuh, G., Rudolf, S., & Mattern, C. (2016). Conceptual framework for evaluation of complexity in new product development projects. 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). DOI: 10.1109/ICIT.2016.7474894
- Spill, H. (2012). The Influence of Complexity in Determining New Product Development Strategies. Victoria University of Wellington. DOI: 10.26686/wgtn.17003644.v1
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>
- Tolk, A., Harper, A., & Mustafee, N. (2020). Hybrid models as transdisciplinary research enablers. *European Journal of Operational Research*, 291(3), 1075-1090. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.010>
- Zhong, R. Y., Xu, X., & Klotz, E. (2020). Smart Manufacturing in the Era of Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.02.001>

COMPLEJIDAD Y ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN ESTUDIANTES QUE ASISTIERON AL VERANO DE INVESTIGACIÓN, 2024

FECHA DE RECEPCIÓN: 10-10-24 / FECHA DE ACEPTACIÓN: 11-11-24

Juan Antonio Meza Fregoso

PROFESOR-INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo: juanmezaf@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9780-587>

Carlos Alberto Flores Sánchez

PROFESOR-INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Correo: cflores@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1516-166X>

Ana Teresa Sifuentes Ocegueda

PROFESORA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT, MÉXICO

Correo: anat.sifuentes@uan.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1825-0687>

RESUMEN

Este estudio explora la influencia del Chat Gpt en el rendimiento académico de estudiantes universitarios dentro de un taller de estadística aplicada en el reciente verano de investigación, evaluando cómo su integración afecta los resultados educativos. Se empleó una metodología mixta que combinó cuestionarios para evaluar el uso y percepción de Chat

Gpt y análisis cuantitativos para determinar su impacto en el rendimiento académico. Los resultados indican que Chat Gpt mejora significativamente la comprensión de contenidos y el rendimiento académico, con una notable mejora en la retención de información y calificaciones más altas en comparación con los estudiantes que no utilizaron la herramienta. Sin embargo, los desafíos identificados incluyen la necesidad de habilidades digitales avanzadas y preocupaciones sobre la precisión de la información generada. Las conclusiones sugieren que, aunque el Chat Gpt transforma la enseñanza y el aprendizaje al personalizar y eficientizar los procesos, su adopción efectiva requiere superar desafíos éticos y asegurar una adecuada capacitación docente. La implementación cuidadosa de Chat Gpt maximiza sus beneficios y minimiza los riesgos, abriendo caminos para futuras investigaciones y una integración más responsable en la educación superior.

Palabras Clave: Chat Gpt, Rendimiento académico, Complejidad, Inteligencia artificial.

ABSTRACT:

This study explores the influence of Chat Gpt on the academic performance of university students within an applied statistics workshop during the recent research summer, assessing how its integration affects educational outcomes. A mixed methodology was employed, combining questionnaires to evaluate the use and perception of Chat Gpt and quantitative analyses to determine its impact on academic performance. The results indicate that Chat Gpt significantly improves content comprehension and academic performance, with notable improvements in information retention and higher grades compared to students who did not use the tool. However, challenges identified include the need for advanced digital skills and concerns about the accuracy of the information generated. The conclusions suggest that while Chat Gpt transforms teaching and learning by personalizing and streamlining processes, its effective adoption requires overcoming ethical challenges and ensuring adequate teacher training. Careful implementation of Chat Gpt maximizes its benefits and minimizes risks, paving the way for future research and more responsible integration into higher education.

Keywords: Chat Gpt, Academic Performance, Complexity, Artificial Intelligence

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial Generativa (IAG) ha revolucionado el ámbito educativo, transformando la forma en que estudiantes y académicos abordan procesos de aprendizaje e investigación. Herramientas como Chat Gpt permiten interactuar con información compleja de manera accesible, promoviendo un aprendizaje más adaptativo e interactivo (Deng et al., 2023; Baidoo-Anu et al., 2023). Sin embargo, su integración también plantea

desafíos éticos y pedagógicos, como el riesgo de fomentar el aprendizaje superficial o el uso indebido de estas tecnologías.

La complejidad en la adopción de la inteligencia artificial colaborativa, como Chat Gpt, ha influido de manera significativa en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios en talleres de estadística aplicada, ya que ofrece oportunidades y desafíos únicos. Según Baidoo-Anu et al., (2023) Chat Gpt ayuda facilitando experiencias de aprendizaje personalizado e interactivo, promoviendo una comprensión más profunda mediante la creación de materiales educativos y retroalimentación continua. Sin embargo, esta herramienta también plantea desafíos relacionados con la precisión de los datos generados y la necesidad de habilidades digitales avanzadas, tanto para docentes como para estudiantes (Cobo, 2016).

Asimismo, Rospigliosi (2023) enfatiza que las capacidades adaptativas de Chat Gpt no solo mejoran la motivación, sino también el rendimiento académico al personalizar las experiencias educativas, mientras que Alkaissi et al., (2023) subrayan la necesidad de supervisión humana para garantizar la calidad y precisión de la información proporcionada. Por otro lado, Palacios (2023) resalta la importancia de la formación docente para integrar herramientas como Chat Gpt de manera efectiva y evitar prácticas obsoletas. Finalmente, la UNESCO (2023) concluye que, aunque estas tecnologías pueden transformar el aprendizaje, es esencial abordar cuestiones éticas y pedagógicas para garantizar un uso adecuado que maximice su impacto positivo en contextos educativos complejos, como talleres de estadística aplicada.

La pregunta del trabajo es ¿De qué manera se relacionan la complejidad en la adopción de Chat Gpt y su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes en la educación superior tras un análisis exhaustivo de su efectividad?

El objetivo cumple con analizar y describir cómo la complejidad en la implementación de Chat Gpt se relaciona con su efecto en el rendimiento académico de los estudiantes de educación superior, tras evaluar su impacto.

Los objetivos específicos son:

- Realizar y aplicar un cuestionario para conocer el uso de Chat Gpt
- Analizar si Chat Gpt ha impactado en el aumento del rendimiento académico
- Estudiar los efectos de Chat Gpt en el rendimiento académico de los estudiantes
- Investigar los aspectos de la complejidad en la implementación de Chat Gpt

En conclusión, la introducción de Chat Gpt en la educación superior se presenta como un fenómeno multidimensional que abarca tanto oportunidades significativas como desafíos éticos y prácticos. A pesar de su potencial para transformar el aprendizaje a través de la personalización y eficiencia, su adopción efectiva requiere un enfoque holístico que

contemple tanto la preparación tecnológica como la capacitación docente. La variabilidad en su aceptación y eficacia subraya la necesidad de una implementación cuidadosa y considerada que respete los principios éticos y fomente una cultura de adaptación y experimentación en el entorno educativo. Este panorama complejo no solo pone de manifiesto los beneficios potenciales del Chat Gpt, sino también los retos críticos que deben superarse para lograr una integración exitosa y responsable en el ámbito académico. El documento se estructura en revisión literaria, metodología, resultados, conclusiones, nuevas líneas de investigación y referencias.

2. REVISIÓN LITERARIA

Estudios recientes han explorado el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el rendimiento académico en diversos contextos educativos. La investigación experimental realizada con estudiantes de secundaria demostró que la integración de la IA como herramienta pedagógica puede mejorar significativamente el rendimiento académico (Palma-Landirez et al., 2024). Este avance sugiere que la IA puede actuar como un catalizador en el proceso de aprendizaje, proporcionando apoyo personalizado y adaptativo que responde a las necesidades individuales de los estudiantes.

En el ámbito de la educación superior, las estrategias de monitoreo académico basadas en IA han mostrado efectos positivos en el rendimiento y la retención de estudiantes en programas de administración (Saltos-García et al., 2024). Estas estrategias utilizan algoritmos avanzados para analizar patrones de comportamiento estudiantil y resultados de aprendizaje, permitiendo intervenciones educativas más precisas y oportunas. Además, una revisión sistemática de la literatura reveló que las redes neuronales y los árboles de decisión son las técnicas de IA más utilizadas para predecir el rendimiento académico en instituciones de educación superior (Jimbo-Santana et al., 2023). Esto indica una tendencia creciente hacia la adopción de métodos analíticos complejos para mejorar las prácticas educativas.

Adicionalmente, un estudio en Ecuador encontró correlaciones significativas entre el rendimiento académico, los recursos educativos y la inclinación hacia la IA entre estudiantes de secundaria (Litardo et al., 2024). Este hallazgo subraya la importancia de los recursos educativos como mediadores en la eficacia de la IA, sugiriendo que el acceso a tecnologías avanzadas podría amplificar los beneficios de la IA en el entorno educativo. Este vínculo también destaca la necesidad de infraestructuras robustas que soportan la implementación de IA en las escuelas.

Aunque estos estudios indican que la IA tiene el potencial de mejorar la calidad educativa y personalizar las experiencias de aprendizaje, también es claro que se requiere más investigación para abordar los desafíos de implementación y optimizar su efectividad en diversos entornos educativos. Los retos incluyen la adaptación curricular, la formación

docente en tecnologías emergentes y la evaluación ética del uso de la IA en la educación, asegurando que su integración beneficie equitativamente a todos los estudiantes y respete la diversidad de los contextos educativos.

En el caso del Chat Gpt estudios recientes sugieren un impacto positivo en los resultados de aprendizaje de los estudiantes y su rendimiento académico. Esta herramienta de inteligencia artificial puede simplificar temas complejos, proporcionar retroalimentación inmediata y promover el aprendizaje colaborativo. Se ha demostrado que tiene el potencial para mejorar la accesibilidad educativa y cerrar brechas de conocimiento para estudiantes desatendidos (Altarawneh, 2023). Un estudio experimental encontró que los estudiantes que utilizaban Chat Gpt mostraban un mejor rendimiento académico en comparación con aquellos que no lo hacían (Díaz-Vera et al., 2023). La implementación de Chat Gpt en la educación se ha observado que mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje (Montenegro-Rueda et al., 2023; Párraga-Rocero et al., 2024).

Sin embargo, los investigadores enfatizan la importancia de utilizar Chat Gpt como un complemento a los métodos de enseñanza tradicionales y no como un reemplazo (Altarawneh, 2023). Esto implica integrar Chat Gpt de manera que enriquezca las estrategias pedagógicas existentes sin intentar sustituir las completamente, aprovechando su capacidad para facilitar un aprendizaje más interactivo y adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes.

Además, la capacitación adecuada de los docentes es crucial para la implementación exitosa de Chat Gpt en los entornos educativos (Montenegro-Rueda et al., 2023). Los educadores deben estar equipados con el conocimiento y las habilidades necesarias para integrar eficazmente esta tecnología en sus prácticas pedagógicas. Esto incluye comprender cómo el Chat Gpt puede ser usado para diseñar actividades educativas que fomenten el pensamiento crítico y la creatividad entre los estudiantes.

A pesar de estos avances, se necesita más investigación con muestras más grandes para evaluar el impacto a largo plazo del Chat Gpt en la educación superior (Díaz-Vera et al., 2023). Estudios futuros deberían explorar cómo las interacciones con Chat Gpt afectan diversas áreas del aprendizaje y la manera en que pueden ser medidos efectivamente los cambios en el rendimiento académico sobre períodos prolongados.

La integración de Chat Gpt en la educación superior presenta beneficios potenciales significativos, así como desafíos éticos que no deben ser ignorados (Romero-Rodríguez, 2023). Las ventajas de utilizar esta herramienta incluyen la personalización del aprendizaje y la mejora de la eficiencia educativa, pero también plantea cuestiones éticas relacionadas con la privacidad de los datos y la dependencia excesiva en la tecnología para tareas críticas de pensamiento, que requieren un manejo cuidadoso para asegurar que se respeten los principios éticos en la educación.

El proceso de adopción de Chat Gpt en la educación superior se puede examinar a través

de la teoría de la complejidad, lo que implica considerar la multidimensionalidad y el aprendizaje colaborativo que facilita esta tecnología (Romero-Rodríguez, 2023). La teoría de la complejidad ayuda a entender cómo diferentes factores, desde la infraestructura tecnológica hasta la cultura organizacional y las habilidades individuales, interactúan para influir en el éxito o el fracaso de su implementación, subrayando la importancia de un enfoque holístico y adaptable en la educación.

Mientras algunos ven a Chat Gpt como una herramienta disruptiva que transforma positivamente la enseñanza, otros lo consideran motivo de preocupación, destacando la necesidad de una comprensión equilibrada de sus capacidades y limitaciones (García-Peñalvo, 2023). Esto resalta la importancia de educar tanto a educadores como a estudiantes sobre el uso adecuado de la IA, enfatizando que, aunque ofrece muchas oportunidades, no es una solución mágica y tiene sus propios desafíos y limitaciones que deben ser manejados críticamente.

Los estudiantes universitarios generalmente aceptan Chat Gpt, con factores como la experiencia previa, la expectativa de rendimiento y los hábitos existentes influyendo en su intención de utilizarlo (Romero-Rodríguez et al., 2023). Esto indica que la familiaridad y las experiencias positivas previas con tecnologías similares pueden facilitar una mayor adopción y utilidad percibida de Chat Gpt, sugiriendo que las instituciones educativas deberían considerar estas variables al diseñar intervenciones para integrar tecnologías de IA.

Chat Gpt puede mejorar significativamente el aprendizaje y la interacción en el aula al procesar el lenguaje natural, adaptarse al ritmo de aprendizaje de los estudiantes y asistir en la preparación de clases y la retroalimentación estudiantil (Ruiz-Miranda, 2023). Sin embargo, para que su implementación sea efectiva, es crucial una capacitación adecuada y conciencia de sus limitaciones (Ruiz-Miranda, 2023). Esto subraya la necesidad de programas de desarrollo profesional que preparen a los docentes para utilizar estas herramientas de manera efectiva y consciente, asegurando que Chat Gpt se utilice como un complemento enriquecedor y no como un sustituto de las interacciones educativas fundamentales.

3. METODOLOGÍA

El uso de Chat Gpt fortalece el proceso de aprendizaje y desarrolla habilidades de investigaciones señalan que herramientas de inteligencia artificial (IA), como Chat Gpt, pueden promover un aprendizaje individualizado, optimizar la comunicación y elevar la productividad estudiantil. Al-Emran et al., (2020), por ejemplo, destacan que Chat Gpt ayuda a los estudiantes a aplicar conocimientos con mayor efectividad, lo cual favorece su desempeño académico. Además, la personalización que ofrece Chat Gpt, según Wirtz et al. (2018), se ajusta a las preferencias de cada usuario, creando experiencias de aprendizaje

más significativas y atractivas para los estudiantes universitarios.

Con el objetivo de evaluar el conocimiento, percepción y uso de herramientas de inteligencia artificial en un grupo de estudiantes participantes del Verano de Investigación Delfín 2024, específicamente en el contexto de su participación en un taller de estadística aplicada a la investigación, son 10 alumnos asistentes a dicho curso de diferentes universidades y preparatorias del país.

El proceso de construcción del instrumento contó con el apoyo de un grupo de investigación multidisciplinario, que incluyó expertos en tecnologías de la información, metodología, informática y estadística. para ser validado con los alumnos asistentes al curso, se estructuró el cuestionario electrónico de la siguiente manera:

- Información demográfica.- Género, edad y nivel escolar de los encuestados.
- Opinión de uso.-
 - Conocimiento de la IA
 - Impacto en la vida cotidiana: tecnología, salud, automatización, comunicación, educación, entretenimiento, seguridad y gestión del medio ambiente.
 - Percepción de los Encuestados sobre el Impacto y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en su Área Profesional.
 - Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial entre los Encuestados
- Percepción y adopción de Chat Gpt
 - Conocimiento, Utilización y Eficacia
 - Motivo de no uso
 - ¿Usa Chat Gpt ?
- Gestión y aplicación de Chat Gpt
 - En que utiliza Chat Gpt
 - Apoyo personal de Chat Gpt
- Comparación entre Usuarios que Perciben y no un beneficio en el rendimiento académico al usar Chat Gpt
 - Promedio de Calificaciones
 - Impacto en Rendimiento
 - Uso Semanal
 - Horas Totales

- Ayuda en Tareas
- Preparación Exámenes
- Horas Investigación
- Nivel Satisfacción
- Conocimiento en IA
- Actitud Tecnológica
- Uso en Investigación

4. RESULTADOS

En la muestra de encuestados, las características demográficas muestran un 70% de mujeres (7 personas) y 30% de hombres (3 personas). La edad promedio es de 22 años, con un rango que va desde los 17 hasta los 41 años, lo que indica una mayoría joven, pero con una considerable variabilidad en las edades. En cuanto al nivel educativo, el 60% (6 personas) tiene estudios de Licenciatura, mientras que el 40% (4 personas) posee nivel de Preparatoria.

En la opinión de uso, se considera el conocimiento de la Inteligencia Artificial en la que la gran mayoría de los encuestados mencionó conocer el concepto, solo uno de los participantes manifestó no conocer el término. Esto refleja que el conocimiento de la IA está extendido, quienes en su mayoría están familiarizados con los fundamentos o aplicaciones de esta tecnología.

El impacto de la inteligencia artificial en diversas áreas de la vida cotidiana, consideran los encuestados que la tecnología lidera con un 90% de impacto percibido, seguida por la salud con un 60%. Automatización, comunicación, educación, entretenimiento y seguridad tienen un impacto percibido del 50%. El medio ambiente, aunque importante, se percibe como el menos impactado con un 30%. Esto refleja una visión general de cómo se valora el alcance y la influencia de la inteligencia artificial en diferentes sectores.

La Percepción de los Encuestados sobre el Impacto y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en su Área Profesional, La mayoría de los encuestados ve con optimismo el impacto de la IA en sus campos profesionales. Un 60% está completamente de acuerdo en que la IA conducirá a grandes avances en su carrera y debería incorporarse en los programas de educación de licenciatura y posgrado. Además, un 60% encuentra motivador el uso de la IA en su campo y considera que es efectiva para el diagnóstico de problemáticas. Cerca del 50% apoya el uso de IA para tareas como control de calidad, análisis de datos, diagnóstico de problemas, predicción de rendimiento y planificación de proyectos. En cuanto a la automatización de procesos y la toma de decisiones, el apoyo disminuye al

40%. Sin embargo, existe cierto escepticismo sobre la posibilidad de que la IA reemplace a profesionales en el futuro cercano, con un 40% en desacuerdo y solo un 10% completamente de acuerdo con esa posibilidad. En general, los resultados indican una fuerte aceptación de la IA como herramienta de mejora y optimización en diversos sectores profesionales, con reservas limitadas a la automatización completa de las profesiones.

Las herramientas más frecuentemente utilizadas son Google Scholar y Mendeley, cada una con un 30% de los encuestados usándolas siempre, indicando su fuerte adopción en ambientes académicos. CapCut también muestra una alta frecuencia de uso, aunque su aceptación es más variada. En contraste, Recraft AI se destaca como la menos usada, con un 80% de los encuestados que nunca la utilizan. Herramientas como Suno, Microsoft Designer, y Leonardo AI también registran altas tasas de no uso, con más del 50% de los participantes indicando que nunca las emplean.

En cuanto a Chat Gpt, no figura entre los más utilizados regularmente, ya que no hay encuestados que lo usen siempre o mucho; sin embargo, tiene un nivel considerable de uso ocasional, con un 50% de los encuestados que lo utilizan a veces, un 30% que lo usa poco y un 20% que nunca lo ha usado. Esto sugiere que, aunque el Chat Gpt es conocido y explorado, su integración constante y profunda en prácticas profesionales todavía no es prominente.

En la Percepción y adopción de Chat Gpt Los resultados muestran que el 40% de los encuestados (4) indicó tener un conocimiento “Moderado” sobre Chat Gpt, mientras que el 30% (3) lo conoce “Poco”. Un 20% (2) de los participantes mencionó no conocer el concepto de Chat Gpt en absoluto, lo que refleja un nivel variable de familiaridad con esta herramienta. En cuanto al uso del sistema, el 40% de los participantes (4) ha utilizado Chat Gpt en un nivel “Moderado”, mientras que el 30% (3) lo ha usado “Poco”. Un 20% (2) señaló no haberlo utilizado en absoluto, indicando que, aunque el uso de Chat Gpt es moderado, no es generalizado entre todos los encuestados. Sobre la percepción de su eficacia, el 30% de los encuestados (3) calificó la eficacia de Chat Gpt como “Moderada”, y otro 30% (3) lo evaluó como “Bastante” eficaz. Un 20% (2) lo consideró “Poco” eficaz, lo que sugiere que, entre quienes han utilizado la herramienta, la percepción general es positiva, aunque varía entre niveles de moderación y satisfacción.

Las principales razones de no uso de Chat Gpt incluyeron el desconocimiento sobre su uso o acceso, señalado por el 30% (3) de los encuestados. Un 20% (2) indicó que no lo conoce, mientras que un 10% (1) mencionó que no le encuentra utilidad y otro 10% (1) lo considera demasiado costoso. Estas barreras de acceso y percepción de utilidad reflejan algunos de los desafíos que enfrenta el Chat Gpt para un uso más amplio y continuo entre los encuestados.

En cuanto al uso de Chat Gpt solo el 70% de los encuestados (7 personas) ha utilizado Chat Gpt por lo que solo la información de ellos se toma la experiencia de uso de Chat Gpt, para analizar el último apartado Gestión y aplicación de Chat Gpt,

El uso que le dan a Chat Gpt muestra variabilidad notable según el contexto, evidenciada por las preferencias de los usuarios en diversas situaciones. En el ámbito personal, un 43% (3) de los usuarios lo emplea ocasionalmente, mientras que un 14% (1) lo utiliza siempre y otro 14% (1) nunca lo usa. En el entorno laboral, el 29% (2) de los encuestados indica un uso frecuente de Chat Gpt, contrastando con un 14% (1) que raramente lo usa y otro 14% (1) que nunca lo emplea; un grupo pequeño del 14% (1) lo utiliza constantemente. Académicamente, Chat Gpt es altamente valorado, con un 58% (4) de los usuarios que lo utilizan frecuentemente o siempre, destacando su aplicabilidad en la educación e investigación, mientras que un 43% (3) lo usa algunas veces. Para entretenimiento, la mayoría, un 43% (3), lo usa esporádicamente, con solo un 14% (1) que lo emplea constantemente y otro 14% (1) que nunca lo utiliza, lo que refleja que, aunque se usa para entretenimiento, no es la herramienta primaria para muchos de los encuestados en este contexto.

El apoyo personal de Chat Gpt muestra una visión general positiva del uso de Chat Gpt en el ámbito académico, destacando que un 57% de los estudiantes perciben una mejora en la retención de contenidos gracias a esta herramienta. Un 43% concuerda en múltiples beneficios de Chat Gpt, como el apoyo en el aprendizaje de contenidos, la aceleración del trabajo escolar, el fomento del conocimiento académico, y la organización de ideas. Además, un 43% de los estudiantes siente que Chat Gpt hace las clases más comprensibles y reporta un aumento en el rendimiento académico desde que comenzaron a usarlo. No obstante, solo un 29% menciona que sus profesores utilizan Chat Gpt como apoyo a la enseñanza, lo que sugiere que su adopción entre el cuerpo docente aún no es extensiva.

La comparación entre Usuarios que Perciben y no un beneficio en el rendimiento académico al usar cha tgpt

En lo que respecta al promedio de calificaciones, los estudiantes que perciben un beneficio de Chat Gpt tienen un promedio de 97.06, mientras que quienes no ven un impacto positivo presentan un promedio ligeramente menor, de 93.00. Esto indica que, aunque ambos grupos muestran un rendimiento alto, los que ven un beneficio en Chat Gpt suelen tener calificaciones algo superiores.

En la frecuencia de uso semanal, quienes consideran que Chat Gpt ha mejorado su rendimiento usan la herramienta más frecuentemente, con una media de 2.29 veces por semana, en comparación con el grupo que no percibe beneficios, cuya frecuencia promedio es de 0.83 veces por semana. Esto sugiere que un uso más regular de Chat Gpt podría estar relacionado con la percepción de mejora en el rendimiento.

El tiempo dedicado a Chat Gpt semanalmente, los que perciben un impacto positivo dedican un promedio de 9.14 horas a la semana a Chat Gpt, en contraste con 1.83 horas en el grupo que no observa beneficios. Esto indica que aquellos que ven mejoras en su rendimiento pasan más tiempo usando la herramienta.

En cuanto al tiempo dedicado a actividades académicas específicas, los estudiantes que consideran útil a Chat Gpt dedican más tiempo a tareas específicas, con una media de 2.43 horas para tareas, 2.14 horas para exámenes y 3.86 horas para investigación. En contraste, quienes no perciben beneficios dedican menos tiempo en estas actividades, con un promedio de 1.33, 0.67 y 1.67 horas respectivamente. Esto refleja una mayor dependencia de Chat Gpt en el grupo que reporta mejoras académicas.

En la satisfacción y conocimiento previo, en cuanto a satisfacción, el grupo que percibe un impacto positivo en su rendimiento se encuentra principalmente entre “Satisfecho” y “Muy satisfecho,” mientras que el grupo sin percepción de beneficio tiende a reportar una satisfacción “Neutral.” Además, el conocimiento previo sobre inteligencia artificial es mayor en quienes encuentran útil Chat Gpt (media de 65), en comparación con aquellos que no (media de 42.5).

En el apartado de actitud favorable hacia la tecnología educativa, ambos grupos muestran una actitud positiva hacia la tecnología en la educación, pero los que perciben un beneficio tienen una actitud más favorable (media de 85) en comparación con quienes no (media de 71.25). Esto sugiere una mayor apertura a integrar herramientas como Chat Gpt entre aquellos que ven un valor en su uso.

En el uso de la inteligencia artificial como una herramienta fundamental en el proceso de investigación, las respuestas fueron: La IA me apoya en la redacción de textos y en la evaluación de la estructura de mi redacción, permitiendo mejorar la claridad y cohesión de mis escritos. Además, es útil para compilar respuestas y resultados, así como para ordenar la información que necesito profundizar en los temas que estudió. La IA también me apoya en diversas actividades de organización y análisis, y me ayuda a expandir mi conocimiento al permitirme saber un poco más sobre los temas que investigo, optimizando cada paso del proceso de investigación.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La composición demográfica de los encuestados revela una mayoría de mujeres jóvenes con un nivel educativo predominantemente de licenciatura, lo cual podría influir en sus percepciones y experiencias con la tecnología. A pesar de una considerable variabilidad en la edad, existe un consenso generalizado sobre el conocimiento y la utilidad percibida de la inteligencia artificial en diferentes sectores, subrayando su impacto en la tecnología y la salud como los más significativos.

En el ámbito profesional, la inteligencia artificial es vista mayormente como una herramienta de progreso y optimización, aunque hay ciertas reservas sobre su capacidad para reemplazar completamente ciertas profesiones. Esto también se refleja en la alta

adopción de herramientas académicas como Google Scholar y Mendeley, mientras que otras plataformas como Recraft AI encuentran menos favorable entre los encuestados.

El uso de Chat Gpt muestra que una proporción considerable de los encuestados lo utiliza ocasionalmente, tanto en contextos personales como profesionales. Esto indica una familiaridad con la herramienta, pero no una dependencia de la misma para tareas diarias. A nivel académico, Chat Gpt se destaca como un recurso valioso, utilizado regularmente por más de la mitad de los encuestados.

La percepción sobre la eficacia de Chat Gpt es generalmente positiva entre aquellos que lo han usado, con opiniones que varían de moderada a alta efectividad. No obstante, la adopción no es extensa, reflejada en que algunos encuestados desconocen cómo usarlo o acceder a él, y otros dudan de su utilidad o lo encuentran prohibitivamente costoso.

La mayoría de los usuarios que han empleado Chat Gpt lo hacen de manera esporádica, y mientras algunos lo integran en sus prácticas laborales y académicas regularmente, otros lo reservan para entretenimiento o tareas específicas, subrayando su versatilidad como herramienta pero también las limitaciones en su integración total.

En términos de efectividad educativa, el uso de Chat Gpt es altamente valorado para mejorar la retención y comprensión de contenido académico. Sin embargo, hay una clara desconexión entre los estudiantes y el cuerpo docente respecto al uso de la herramienta, lo que podría indicar áreas para futuros esfuerzos de implementación y capacitación.

Mientras que la inteligencia artificial y herramientas como Chat Gpt son reconocidas y utilizadas por muchos de los encuestados, su integración completa y efectiva en todas las áreas de la vida y el trabajo todavía enfrenta barreras significativas. Estos resultados destacan tanto la potencialidad de estas tecnologías como la necesidad de una mayor educación y accesibilidad para aprovechar plenamente sus capacidades.

La complejidad inherente a la adopción y la integración de la inteligencia artificial en diversos sectores destaca la necesidad de abordajes multifacéticos. La tecnología, como Chat Gpt, introduce niveles de complejidad en la toma de decisiones, tanto en ambientes académicos como profesionales, al ofrecer nuevas capacidades y simultáneamente plantear desafíos éticos y prácticos. El uso de estas tecnologías requiere no solo la comprensión de su funcionamiento, sino también una evaluación crítica de sus impactos a largo plazo, lo que subraya la importancia de una educación amplia y especializada en IA.

Además, la variabilidad en la familiaridad y uso de herramientas basadas en IA entre los encuestados refleja la complejidad de su penetración en la sociedad. Mientras algunos sectores como la educación superior muestran una adopción relativamente rápida y positiva, otros, como el medio ambiente y ciertos ámbitos profesionales, exhiben una integración más lenta y cautelosa. Esta disparidad puede atribuirse a la diversidad de necesidades y a la capacidad de adaptación de diferentes campos, así como a la disponibilidad de recursos para la capacitación y el desarrollo tecnológico.

La UNESCO señala que el desarrollo y uso de IA deben estar guiados por principios éticos claros, como la transparencia, la inclusividad y la responsabilidad, para maximizar los beneficios sociales y minimizar los riesgos asociados con la desinformación y los sesgos inherentes a estos sistemas (UNESCO, 2023). Por otro lado, Ortega (2023) resalta que, aunque la IA tiene el potencial de transformar la educación, su integración requiere enfrentar preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad de los estudiantes y los sesgos en los sistemas de IA, lo que subraya la necesidad de una gestión cuidadosa en su adopción y uso.

La integración de Chat Gpt en la enseñanza y el aprendizaje destaca la necesidad de estrategias que aborden tanto las oportunidades como los retos. La implementación exitosa de IA en educación requiere no solo infraestructura tecnológica, sino también un cambio en la cultura organizacional que fomente la experimentación y adaptación continua. La resistencia al cambio por parte de los docentes, la falta de conocimiento técnico y las preocupaciones éticas son solo algunas de las barreras que deben superarse para lograr una integración holística y efectiva de la IA en los procesos educativos, lo cual añade una capa adicional de complejidad al ya desafiante panorama de la educación moderna.

Se aconseja fomentar la formación en inteligencia artificial desde etapas tempranas de la educación superior para fortalecer la actitud positiva hacia las tecnologías educativas y maximizar los beneficios que herramientas como Chat Gpt pueden aportar al rendimiento académico de los estudiantes. Estas recomendaciones están orientadas a optimizar el uso de la inteligencia artificial en la educación, preparando a los estudiantes para enfrentar los cambios tecnológicos en sus áreas de estudio y mejorar su desempeño académico.

La adopción de herramientas de inteligencia artificial (IA) y su relación con la ciencia de la complejidad están profundamente conectadas, ya que ambas contribuyen mutuamente al avance en la comprensión de sistemas complejos (Viguri-Axpe, 2024). La capacidad de la IA para procesar y analizar grandes volúmenes de datos de manera eficiente mejora significativamente la investigación y la toma de decisiones en diversas áreas (Rojas, 2024). Además, la integración de la gobernanza de TI en la adopción de la IA, a través de marcos como COBIT, permite alinear las operaciones con los objetivos organizacionales y el cumplimiento normativo, la implementación responsable de la IA también exige abordar preocupaciones éticas como la transparencia y la rendición de cuentas (Azabache Santos et al., 2024).

En los entornos organizacionales, la IA se ha convertido en una herramienta valiosa para la toma de decisiones, con el potencial de reemplazar a los humanos en ciertos contextos. No obstante, mantener un equilibrio entre la automatización impulsada por la IA y la supervisión humana es fundamental, ya que la adopción acelerada de procesos automatizados podría generar consecuencias no deseadas (Diestra Quinto et al., 2021).

En conclusión, la integración de herramientas de IA, como ChatGPT, en los procesos de toma de decisiones y operaciones destaca su capacidad para gestionar y abordar la

complejidad de manera efectiva. Si bien estas tecnologías ofrecen eficiencia e información sin precedentes, un enfoque reflexivo que incorpore gobernanza ética y colaboración humana es esencial para alcanzar resultados responsables y sostenibles.

Las futuras líneas de investigación deberían incluir el análisis del uso de la inteligencia artificial en estudiantes de bachillerato para comprender su interacción y percepción en etapas educativas tempranas. Entre las propuestas destacan explorar cómo los estudiantes de este nivel conocen y adoptan herramientas de IA para su aprendizaje, evaluar el impacto de la IA en su comprensión y rendimiento académico, e investigar su rol en el desarrollo de competencias digitales y en la percepción ética de los jóvenes. También resulta relevante analizar cómo la IA podría apoyar la orientación vocacional, facilitando decisiones informadas sobre su futuro académico, y realizar estudios comparativos entre estudiantes de bachillerato y de educación superior para identificar diferencias y similitudes en el uso y percepción de esta tecnología. Estas líneas de investigación permitirían optimizar el rol de la IA en la educación desde etapas tempranas, favoreciendo el aprendizaje y el desarrollo de habilidades tecnológicas.

REFERENCIAS

- Azabache Santos, J. D., Ángeles Piedra, N. A., & Mendoza de los Santos, A. C. (2024). IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN DEL GOBIERNO DE TI EN LA ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. *Revista Investigación & Desarrollo*, 23(2). <https://doi.org/10.23881/idupbo.023.2-9e>
- Alkaissi, R., & McFarlane, D. (2023). Desafíos y oportunidades del uso de IA en educación.
- Al-Emran, M. y Salloum, S. (2020). An empirical examination of continuous intention to use m-learning: An integrated model. *Education and Information Technologies*, 25, 1-20. https://www.researchgate.net/publication/338386148_An_empirical_examination_of_continuous_intention_to_use_m-learning_An_integrated_model
- Altarawneh, H. (2023). Chat Gpt impact on Student Educational Performance: a conceptual analysis. *EAI Endorsed Trans. e Learn.*, 9.
- Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of Chat Gpt in Promoting Teaching and Learning. *Social Science Research Network*.
- Cobo, C. (2016). Aprendizaje invisible: Hacia una nueva ecología de la educación. Editorial UOC.
- Deng, J., & Lin, Y. (2023). The Benefits and Challenges of Chat Gpt: An Overview. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 2(2), 81-83. Disponible en: <https://doi.org/10.54097/fcis.v2i2.4465>.
- Díaz-Vera, J.P., Peña Hojas, D.S., Fabara Sarmiento, Z.J., Ruiz Ramírez, A.K., & Macías Mora, D.V. (2023). Estudio comparativo experimental del uso de Chat Gpt y su influencia en el aprendizaje de los estudiantes de la carrera Tecnologías de la información de la universidad de Guayaquil. *Revista Universidad de Guayaquil*.
- Diestra Quinto, N. M. ., Cordova Villodas, A. J. ., Caruajulca Montero, C. P. ., Esquivel Cueva, D. L. ., & Nina Vera , S. A. . (2021). La inteligencia artificial y la toma de decisiones gerenciales. *Revista De Investigación Valor Agregado*, 8(1), 52-69. <https://doi.org/10.17162/riva.v8i1.1631>
- García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de Chat Gpt: disrupción o pánico. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e31279. <https://doi.org/10.14201/eks.31279>
- Jimbo-Santana, P. ., Lanzarini, L. C. ., Jimbo-Santana, M. ., & Morales-Morales, M. (2023). Inteligencia artificial para analizar el rendimiento académico en instituciones de educación superior. Una revisión sistemática de la literatura. *Cátedra*, 6(2), 30-50. <https://doi.org/10.29166/catedra.v6i2.4408> (Original work published 25 de julio de 2023)
- Litardo, J.E., Álvarez, J.A., Rivera, S.I., & Baque, J.C. (2024). Integración de la inteligencia artificial en la gestión educativa: Factores pedagógicos y desempeño académico. *South Florida Journal of Development*.
- Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., Fernández-Batanero, J. M., & López-Meneses, E. (2023). Impact of the Implementation of Chat Gpt in Education: A Systematic Review. *Computers*, 12(8), 153. <https://doi.org/10.3390/computers1208153>

REFERENCIAS

- org/10.3390/computers12080153
- Palma-Landirez, K. G., Feijoo-Romero, O. S., & Rumbaut-Rangel, D. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en el rendimiento académico de los estudiantes de tercer año de bachillerato. *MQRInvestigar*, 8(2), 4012–4025. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.4012-4025>
 - Palacios, B. (2023). Impacto de la IA generativa en la educación. IFE Conference, Tecnológico de Monterrey.
 - Párraga-Rocero, W. J., Vargas Bálcazar, K. S., Rocero Benavides, M. M., Palacios Vaicilla, T. E., & Capelo Andrade, S. S. (2024). La inteligencia artificial Chat Gpt y su influencia en los resultados de aprendizaje de los estudiantes de educación básica superior: Chat Gpt artificial intelligence and its influence on the learning results of higher basic education students. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(3), 2290 – 2302. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2195>
 - Rojas Vera, J. (2023). La inteligencia artificial (IA) y su relación con el área de la investigación. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 65(2), 1. <https://link.gale.com/apps/doc/A784164346/IFME?u=anon~3a22d936&sid=sitemap&xid=46756f4e>
 - Romero-Rodríguez, P. (2023). La Incorporación del Chat Gpt en la Educación Superior: Una Mirada desde el Paradigma de la Complejidad. 593 Digital Publisher CEIT, 8(5), 213-225. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.1976>
 - Rospigliosi, S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en la educación. *Frontiers in Education*.
 - Ruiz-Miranda, E. (2023). The artificial intelligence revolution in education: a review of Chat Gpt: <https://chat.openai.com/>. *Revista De Estudios E Investigación En Psicología Y Educación*, 10(1), 156–160. <https://doi.org/10.17979/reipe.2023.10.1.9594>
 - Saltos-García, P. A., Zambrano-Loja, C. M., Rodríguez-Carló, D. F., & Cobeña-Talledo, R. A. (2024). Análisis del impacto de las estrategias de seguimiento académico basados en la inteligencia artificial en el rendimiento de estudiantes universitarios en programas de administración. *MQRInvestigar*, 8(2), 1930–1949. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.1930-1949>
 - UNESCO (2023). Chat Gpt e inteligencia artificial en la educación superior: Guía de inicio rápido. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org>.
 - Viguri-Axpe, M. R. (2024). COMPLEJIDAD, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ÉTICA. *Revista Iberoamericana De Complejidad Y Ciencias Económicas*, 2(2), 63-77. <https://doi.org/10.48168/ricce.v2n2p63>
 - Wirtz, J., Patterson, P.G., Kunz, W.H., Gruber, T., Lu, V.N., Paluch, S. y Martins, A. (2018), Brave new world: service robots in the frontline, *Journal of Service Management*, (29) 5, 907-931. <https://doi.org/10.1108/JOSM-04-2018-0119>
 - Ortega, C. (2023). Inteligencia artificial en la educación: Impacto y ejemplos. QuestionPro. Recuperado de <https://www.questionpro.com>



Una obra de los Hermanos de La Salle

#300 años

de experiencia en educación