



UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

Revista

InGenio

Científica y Tecnológica



eISSN: 2697-3642

Volumen 8, Número 2
Julio 2025

Índice de contenido

Marco de trabajo referencial basado en la norma ISO/IEC 27001:2022 para entornos de seguridad de las SDN <i>(Referential framework based on the ISO/IEC 27001:2022 standard for SDN security environments)</i>	1
Narcisa Fernández Lectong y Bethsy Molina Aquino.	
Estrategias de aprendizaje ubicuo para entornos educativos de enseñanza media utilizando Google Classroom <i>(Ubiquitous learning strategies for high school educational environments using Google Classroom)</i>	19
Luis Deleg-Vera y Joe Llerena-Izquierdo.	
Recursos digitales significativos para estrategias del aprendizaje invertido mediante el uso de la tecnología educativa de Ardora <i>(Meaningful digital resources for flipped learning strategies through the use of Ardora educational technology)</i>	43
Marjorie Isanoa-Sinche y Joe Llerena-Izquierdo.	
Análisis de competencias en ciberseguridad de docentes en entornos virtuales de un IST en Guayas <i>(Analysis of cybersecurity Competence in Teachers in Virtual Environments at an IST in Guayas)</i>	66
Karen Estacio.	
Uso de ChatGPT y sus implicaciones en la comunidad académica y científica: fallos, mal uso y retos <i>(Use of ChatGPT and its implications in the academic and scientific community: failures, misuse and challenges)</i>	82
Wilian J. Pech-Rodríguez, Eddie N. Armendáriz-Mireles, Carlos A. Calles-Arriaga y Enrique Rocha-Rangel.	
Aplicaciones de la mecatrónica en medicina humana: Un enfoque bibliométrico (2019-2024) <i>(Mechatronics applications in human medicine: A bibliometric approach (2019-2024))</i>	93
Dario Robayo-Jácome, Daniela Robayo-Sánchez y Mateo Robayo-Sánchez.	
Efecto del tratamiento superficial ante la adherencia de la resina epóxica entre el acero estructural y fibra de carbono unidireccional <i>(Effect of surface treatment on epoxy resin adhesion between structural steel y unidirectional carbon fiber)</i>	107
Luis Tigmasa Paredes, Carlos Guerra Chiquito, Jordi Escobar Altamirano y Francisco Peña Jordán.	

Marco de trabajo referencial basado en la norma ISO/IEC 27001:2022 para entornos de seguridad de las SDN

(Referential framework based on the ISO/IEC 27001:2022 standard for SDN security environments)

Narcisa Mariana Fernández Lectong, Betsy Alexandra Molina Aquino
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
narcisa.fernandez@espam.edu.ec, bmolina@espam.edu.ec

Resumen: Las redes definidas por software (SDN) presentan muchas vulnerabilidades potenciales en la seguridad, debido a su innovadora estructura, interfaz de administración de sus componentes y la capacidad de crear entornos programables. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue diseñar un marco de trabajo referencial para la gestión de la seguridad en SDN, fundamentado en los controles de la norma ISO/IEC 27001:2022. Se adoptó un enfoque metodológico cualitativo, estructurado en cuatro etapas: revisión de literatura e identificación de vulnerabilidades, construcción del marco referencial, elaboración y validación del instrumento aplicando criterios de pertinencia y aplicabilidad; y finalmente, la validación del marco de trabajo propuesto mediante juicio de expertos. La propuesta fue validada mediante un instrumento estructurado de 25 preguntas, evaluado por cinco expertos en seguridad de la información y redes. Los resultados revelan que el 78 % de los expertos considera pertinente y aplicable el marco de trabajo, destacando su utilidad para mitigar riesgos en entornos SDN. En conclusión, el modelo propuesto representa una herramienta efectiva, replicable y alineada a estándares internacionales, aportando una solución contextualizada para fortalecer la seguridad en infraestructuras definidas por software.

Palabras clave: Redes definidas por software, seguridad, vulnerabilidades.

Abstract: Software-Defined Networks (SDN) present multiple potential security vulnerabilities due to their innovative architecture, component management interface, and ability to create programmable environments. In this context, the objective of the present study was to design a reference framework for security management in SDN, based on the controls defined in the ISO/IEC 27001:2022 standard. A qualitative methodological approach was adopted, structured into four stages: literature review and vulnerability identification, construction of the reference framework, development and validation of the evaluation instrument using criteria of relevance and applicability; and finally, expert-based validation of the proposed framework. The proposal was validated through a structured instrument consisting of 25 questions, reviewed by five subject matter experts in information security and networking. The results indicate that 78 % of the experts consider the framework both relevant and applicable, emphasizing its potential to mitigate risks within SDN environments. In conclusion, the proposed model constitutes an effective, replicable, and standards-aligned tool, offering a contextualized solution to strengthen the security posture of software-defined infrastructures.

Keywords: Software-defined networks, security, vulnerabilities.

1. INTRODUCCIÓN

Una SDN es una arquitectura emergente que es dinámica, administrable, rentable, y adaptable; lo que la hace ideal para los entornos dinámicos de las aplicaciones de hoy en día. Estas redes son tecnologías versátiles que dan respuesta a la mejora en la calidad del servicio en redes, enmarcándola como una de las tecnologías que generará mayor impacto en las redes durante los próximos cinco años [1].

De acuerdo con el informe de investigación de mercado publicado por [2], en 2019 el tamaño del mercado a nivel mundial de SDN se valoró en 9.995 millones de dólares de los Estados Unidos y se prevé que al 2027 alcance los 72.630 millones de dólares, con un crecimiento de la tasa anual compuesta del 28,2 % de 2020 a 2027.

El inicio de esta tecnología se da desde el 2008 por investigaciones realizadas en las Universidades de Stanford y Berkeley, las cuales fueron difundidas mediante publicaciones científicas de [3] y [4], sentando las bases para el origen del protocolo OpenFlow y el primer controlador para redes definidas por software. En el 2010 se convirtió en el protocolo para las SDN, posterior a la creación de la Open Networking Foundation, con aproximadamente 69 miembros, entre los que se encontraban Google y Yahoo; años más tarde se unieron Cisco, Juniper y HP.

Para el año 2014, CISCO presentaría un nuevo protocolo de enrutamiento de datos con el nombre de OpFlex; sin embargo, OpenFlow seguía liderando como el protocolo más usado. Y así fue hasta que, en el 2017, Google anunció su asociación con empresas de redes móviles, creando así una plataforma basada en SDN para que los operadores ejecuten sus servicios de red y con la visión de que con el pasar del tiempo se incrementará su uso en compañías de todo el mundo. Entre los casos de uso más exitosos y que hasta la actualidad utilizan SDN se encuentran empresas como Telefónica, VMware, Alcatel y HP [5].

Sin embargo, en comparación a las redes de datos tradicionales los cambios van desde el mecanismo de operación y control, topología de la red hasta la adaptación a políticas de seguridad superiores a las clásicas, por lo cual es necesario implementar medidas y controles de seguridad para garantizar la adaptabilidad, seguridad y solidez ante los cambios dinámicos de la red. Considerando que el 53 % de ataques en ciberseguridad generan pérdidas económicas superiores a \$500.000 [6].

En los sistemas de información actuales, los datos y la información que albergan son considerados los activos más valiosos para las organizaciones, lo que hace imprescindible la implementación de mecanismos de protección para enfrentar las posibles vulnerabilidades en sus sistemas de seguridad [7]. Considerando la información como el activo más valioso, se convierte en un recurso esencial que puede determinar el éxito o el fracaso de una organización; por lo tanto, proteger los datos de una institución ha adquirido una relevancia crucial [8].

La seguridad informática se entiende como el proceso de diseñar y aplicar un conjunto de estrategias, políticas, técnicas, normativas, guías, prácticas y procedimientos destinados a prevenir, proteger y salvaguardar los recursos informáticos de una organización contra daños, alteraciones o robos, además de gestionar los riesgos asociados [9].

El uso de normas de calidad, como la ISO, asegura condiciones de calidad dentro de una empresa u organización. En cuanto a las mejores prácticas de seguridad de la información, se utiliza la norma técnica ISO/IEC 27001:2022 que al ser implementada permite a las empresas certificar su Sistema de Gestión de Seguridad de la Información generando confianza entre sus accionistas, clientes, autoridades, proveedores/s y otras partes interesadas. La atención adecuada a este aspecto crucial asegura la correcta asignación de recursos en las áreas de mayor impacto, lo que a su vez optimiza las inversiones y los costos de seguridad [10].

Con base en los antecedentes expuesto se tuvo como objetivo la creación de un marco de trabajo referencial para la seguridad de las SDN basado en la norma ISO/IEC 27001:2022.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo, orientado a la construcción de un marco de trabajo referencial para la gestión de la seguridad en SDN, fundamentado en los controles establecidos por la norma ISO/IEC 27001:2022, con la finalidad de comprender e interpretar las vulnerabilidades inherentes a las SDN y vincularlas con los controles normativos vigentes, permitiendo así una propuesta estructurada y contextualizada.

Cabe destacar que la revisión de literatura se delimitó al periodo comprendido entre 2018 y 2022, en virtud de que la actualización de la norma ISO/IEC 27001 fue publicada oficialmente en el año 2022. Esta delimitación temporal asegura la inclusión de estudios contemporáneos y relevantes, tanto en términos de avances tecnológicos en SDN como de enfoques emergentes en seguridad de la información, garantizando la pertinencia de las fuentes seleccionadas con respecto al marco normativo actual.

2.1. Revisión de literatura e identificación de vulnerabilidades

La recopilación de información científica se efectuó conforme a la metodología de gestión del conocimiento propuesta por [11], que contempla tres fases: búsqueda, organización y análisis de la información.

Búsqueda de información. – Se emplearon ecuaciones booleanas adaptadas a los descriptores "software-defined networking", "vulnerabilities", "security", "ISO 27001", en la base de datos científica Scopus. Se priorizaron artículos arbitrados, publicaciones en proceedings de conferencias de alto impacto y revisiones sistemáticas publicadas entre 2018 al 2022. La expresión empleada se detalla a continuación:

(TITLE-ABS-KEY (software AND defined AND networking) AND TITLE-ABS-KEY (vulnerabilities) OR TITLE-ABS-KEY (security) AND TITLE-ABS-KEY (risk)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")).

La revisión de literatura se delimitó al periodo comprendido entre 2018 y 2022 con el propósito de asegurar la actualidad y pertinencia de los estudios seleccionados. Esta restricción temporal se fundamenta en dos consideraciones principales: la primera, por la necesidad de reflejar la evolución reciente de las tecnologías de SDN y de los enfoques de gestión de seguridad de la información; y la segunda consideración, debido a la publicación de la actualización de la norma ISO/IEC 27001:2022, que constituye el marco de referencia para el diseño del presente estudio.

No se consideraron artículos posteriores al año 2022 debido a que, al momento de realizar la investigación, los marcos regulatorios y tecnológicos posteriores aún no contaban con suficiente evidencia científica consolidada ni aplicaciones prácticas relacionadas directamente con la nueva versión de la norma. Asimismo, se reconoce como limitación el hecho de no incorporar estudios anteriores a 2018, los cuales, aunque relevantes históricamente, podrían no reflejar adecuadamente los requerimientos actuales de seguridad en infraestructuras SDN bajo los lineamientos de la ISO/IEC 27001:2022.

Organización de la información. - Los documentos obtenidos fueron clasificados por año y fuente, permitiendo un análisis cronológico de los riesgos y amenazas emergentes.

Análisis de información. - A partir de la lectura crítica de los documentos, se identificaron vulnerabilidades y posteriormente fueron agrupadas por similitud. Este análisis permitió

establecer las brechas de seguridad más recurrentes y relevantes en entornos de redes definidas por software, lo cual sirvió de insumo para la construcción del marco propuesto.

2.2. Construcción de marco de trabajo

Con base en la identificación de las vulnerabilidades, se diseñó un marco de trabajo referencial de seguridad, el cual propone una correspondencia entre dichas debilidades y los controles de seguridad especificados en la norma ISO/IEC 27001:2022. Para ello, se analizaron los atributos de control definidos en la norma. La finalidad de esta propuesta es mitigar los riesgos de seguridad en entornos SDN desde una perspectiva normativa, integrando criterios de aplicabilidad y pertinencia.

2.3. Elaboración y validación de instrumento de evaluación del marco de trabajo propuesto

Se elaboró un instrumento de evaluación estructurado en torno a preguntas objetivas dirigidas a valorar la correspondencia entre las vulnerabilidades y los controles propuestos, considerando su factibilidad en contextos reales. Este instrumento incluyó preguntas por cada vulnerabilidad identificada, evaluando las dimensiones de pertinencia y aplicabilidad de implementación.

La validación del instrumento se realizó mediante técnica de juicio de expertos, con el objetivo de asegurar su validez de contenido. Para ello, se aplicaron entrevistas a seis expertos en las áreas de seguridad informática, auditoría TI y redes de telecomunicaciones, con principios de equidad (tres hombres y 3 mujeres), con experiencia profesional entre 6 y 15 años, y formación de cuarto nivel en campos afines.

La evaluación de las respuestas se realizó utilizando una escala de Likert de tres niveles. La escala se definió de la siguiente manera: 1 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2 = De acuerdo y 3 = Totalmente de acuerdo. Esta escala permitió obtener una valoración cuantitativa precisa sobre la aceptación y viabilidad del marco propuesto en contextos reales.

2.4. Validación del marco de trabajo propuesto

La propuesta del marco de trabajo fue validada a través de entrevistas estructuradas, las cuales fueron dirigidas a otro grupo de expertos, conformado por cinco integrantes, seleccionados por su conocimiento y experiencia técnica-práctica. El grupo evaluador estuvo compuesto por tres hombres y dos mujeres, cuyas edades oscilan entre los 36 y 45 años, con relación laboral en los sectores de la educación y la justicia, desempeñándose como docentes-investigadores universitarios y responsables de departamentos de TI, lo que garantiza una perspectiva técnica y especializada.

Cada experto valoró la aplicabilidad de los controles mediante una escala de Likert de cinco niveles (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), permitiendo así un análisis cuantitativo de las medidas propuestas. Los resultados obtenidos permitieron identificar los controles con mayor tendencia de aceptación por parte de los expertos para atender las vulnerabilidades de las redes definidas por software, asegurando así la solidez y aplicabilidad en entornos SDN.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Revisión de literatura e identificación de vulnerabilidades

3.1.1. Búsqueda y organización de información

Como resultado de la búsqueda, se identificaron 45 artículos científicos con un total acumulado de hasta 102 citas registradas en la base Scopus, lo que refleja una media de 12 citas por publicación. Estos estudios fueron desarrollados por 164 autores con filiación institucional en países como Australia, Alemania, India, Irak, Irlanda, Malasia, Arabia Saudita, España, Suiza y Estados Unidos. Esta diversidad geográfica y académica evidencia el carácter global y transversal de la investigación en seguridad para redes definidas por software.

Además, se observó un crecimiento progresivo en el volumen de publicaciones en los últimos cinco años (Figura 1), siendo el año 2022 el periodo con mayor producción científica sobre el tema, lo que coincide con la actualización de la norma ISO/IEC 27001, lo que sugiere una relación directa entre los avances normativos en seguridad de la información y el impulso académico en el estudio de entornos SDN. La evolución observada refuerza la necesidad de establecer marcos de seguridad alineados a estándares internacionales recientes.

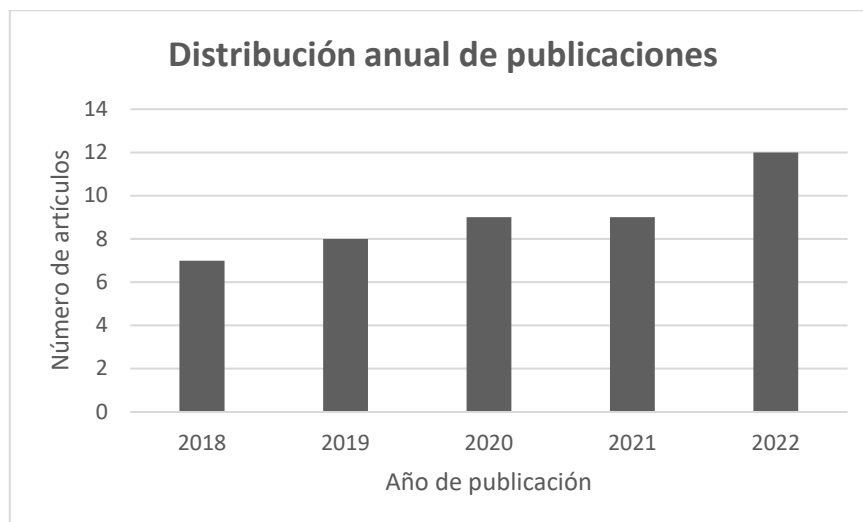


Figura 1. Distribución anual de publicaciones sobre SDN y seguridad de la información.

3.1.2. Análisis de información

Tras el análisis integral del contenido de los 45 artículos científicos seleccionados, se identificó que estos abordaban de forma explícita vulnerabilidades presentes en entornos de redes definidas por software (SDN). El proceso de revisión permitió clasificar las vulnerabilidades recurrentes en cinco categorías principales: Ataques de denegación de servicio DoS/DDoS, vulnerabilidades de hardware, vulnerabilidades de la ingeniería social, desafíos de la legislación y desconocimiento del usuario.

En la Figura 2 se representa la frecuencia con la que se reportan las cinco vulnerabilidades identificadas en la muestra de artículos científicos. Se observa que la vulnerabilidad denegación de servicio (V1) es la más frecuente, apareciendo en 30 publicaciones, lo que representa una tendencia significativa respecto al resto de vulnerabilidades. Las vulnerabilidades relacionadas con hardware (V2), ingeniería social (V3), desafíos normativos o legales (V4) y denegación de servicio (V5) presentan frecuencias notablemente menores, con 5, 4, 3 y 3 artículos respectivamente. Esta distribución sugiere que V1 constituye una preocupación prioritaria en la literatura académica del área SND, posiblemente debido a su impacto, recurrencia o criticidad en los entornos analizados.

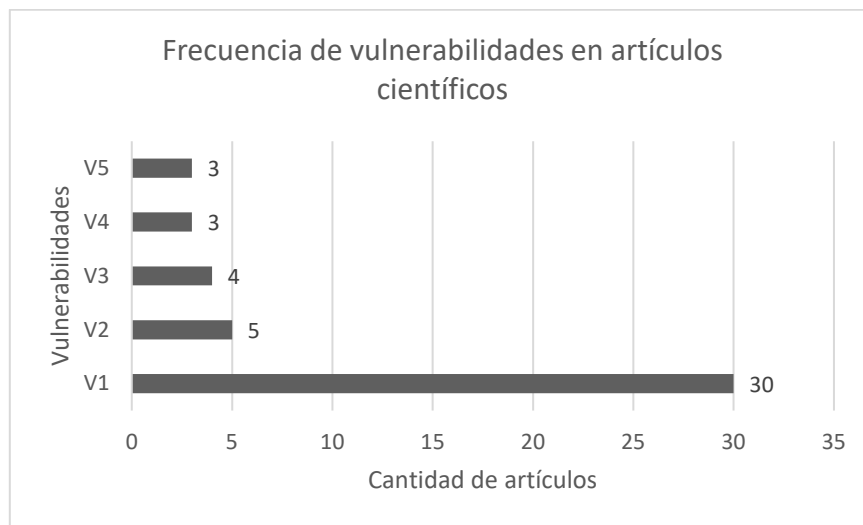


Figura 2. Identificación de vulnerabilidades.

Ataques de denegación de servicio DoS/DDoS (V1): Estos ataques fueron citados como la vulnerabilidad más frecuente entre los documentos analizados. Estos ataques se manifiestan especialmente en entornos con dispositivos inteligentes y sistemas IoT, como enrutadores y servidores Linux comprometidos, donde se explotan limitaciones de recursos como memoria, CPU, disco o ancho de banda.

Investigaciones como las de [12], [13], [14], [15] y [16] refieren que el objetivo principal de un atacante DoS en la red inteligente es interrumpir el servicio (ataque a la disponibilidad), por ejemplo, inundar un enlace de destino o atacar un servidor de automatización. El enfoque de los atacantes para la denegación de servicio es desactivar servicios, por lo que en caso de que ocurra alguna falla, no se podrán recuperar el servicio de manera inmediata. Además, al desactivar los sistemas de monitoreo en la red inteligente evita que las alarmas críticas propaguen información relevante a la atención de los operadores. Un ataque aislado tan simple puede desencadenar una cadena de fallas que conducen a que una gran cantidad de personas se queden sin servicio.

Vulnerabilidades de hardware (V2): Estas incluyen fallos en interfaces físicas y dispositivos expuestos, que pueden ser explotados de manera remota. La falta de mecanismos de protección en el hardware representa un riesgo significativo para la integridad del software y la seguridad de las operaciones críticas del sistema [17].

Vulnerabilidades de la ingeniería social (V3): Las interacciones humanas han generado un gran impacto en el uso de dispositivos y datos, lo que incrementa la generación de ataques. Uno de los ataques más frecuentes son los piratas informáticos, los cuales pueden tener el control de la red y dispositivos inteligentes [18].

Desafíos de la legislación (V4): La legislación no garantiza el uso seguro correcto de los datos; sin embargo, permite subsanar e indemnizar el daño causado por el uso indebido de los datos a través de controles de seguridad [19]. No obstante, los controles técnicos y organizacionales propuestos en normas como la ISO/IEC 27001 pueden contribuir a reducir estos riesgos.

Desconocimiento del usuario (V5): La falta de cultura de seguridad informática entre los usuarios finales los convierte en objetivos fáciles de ataques como spear phishing, fraudes o fuga de datos [20]. Esta vulnerabilidad se agudiza con el crecimiento en el uso de dispositivos móviles, donde las prácticas de seguridad suelen ser más laxas.

3.2. Construcción de marco de trabajo

La construcción del marco de trabajo se basó en la aplicación de controles de seguridad establecidos en la norma ISO/IEC 27001:2022, orientados a mitigar las cinco vulnerabilidades identificadas en entornos de SDN. Para cada vulnerabilidad se seleccionaron cinco controles específicos, considerando criterios de aplicabilidad y pertinencia al contexto de las amenazas observadas. Esta estructura permitió el desarrollo de una propuesta integral, diseñada para fortalecer la gestión de la seguridad de la información en SDN mediante mecanismos eficientes, replicables y alineados con estándares internacionales.

La integración de estos mecanismos se representa en la Tabla 1, se propone el uso de una combinación de controles centrados en la gestión de accesos, el uso de tecnologías de autenticación robusta y la implementación de políticas de respuesta a incidentes, para mitigar los ataques DoS/DDoS; estos controles apuntan a mejorar la disponibilidad y capacidad de recuperación de la red ante intentos de saturación maliciosa.

Mientras que, para la mitigación de las vulnerabilidades de hardware, los controles seleccionados se enfocan en la seguridad física y del entorno, incluyendo la protección de activos, restricciones al acceso físico no autorizado y mantenimiento de la integridad de los dispositivos; estas medidas buscan asegurar que el hardware no se convierta en un punto de entrada para ataques. Por otro lado, para la vulnerabilidad de ingeniería social, se incorporan controles dirigidos a la concientización y formación del personal, lo cual permite reducir la exposición ante manipulaciones psicológicas o engaños dirigidos a usuarios y operadores de red.

Asimismo, para los desafíos de la legislación, se incluye la implementación de políticas para el tratamiento de la información, cumplimiento de requisitos legales, gestión de contratos con partes externas y auditorías internas; estos controles fortalecen el marco legal y documental de la seguridad en SDN. Finalmente, en la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario, se priorizan mecanismos de capacitación continua, protección contra malware, restricciones al uso de medios removibles y monitoreo del comportamiento del usuario; estas acciones son clave para elevar la conciencia del riesgo entre usuarios finales y mitigar errores humanos.

Tabla 1. Marco de trabajo aplicando controles de seguridad de la norma ISO / IEC 27001: 2022

Vulnerabilidades	ISO / IEC 27001: 2022		
	Control	Atributos del control	Descripción
Ataques de denegación de servicio DoS/DDoS (V1)	A.8.32 Control del código fuente	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Desarrollo	El código fuente debe estar protegido contra accesos no autorizados, modificaciones o divulgación, especialmente ante amenazas como ataques DoS que pueden explotar debilidades en versiones no controladas.
	A.8.25 Seguridad de las transacciones	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Producción	Se deben proteger las transacciones en servicios y aplicaciones, asegurando integridad, confidencialidad y autenticidad frente a ataques DoS que puedan explotar el tráfico o carga.
	A.8.10 Resiliencia de servicios	Tipo: Operacional Propósito: Mitigar Aplicabilidad: General	Se deben tomar medidas para garantizar la continuidad del suministro eléctrico y de otros servicios críticos ante ataques que saturen o apaguen la infraestructura.

Vulnerabilidades de hardware (V2)	A.8.20 Seguridad de la red	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Comunicaciones	Las redes deben estar protegidas y segmentadas para mitigar ataques como DDoS, incluyendo monitoreo, filtrado y redundancia.
	A.8.3 Gestión de acceso	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	El acceso a redes y servicios debe estar controlado y limitado según las autorizaciones, reduciendo vectores de ataque y el impacto de DoS.
	7.4. Controles de acceso físico	Tipo: Físico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Instalaciones	Se deben establecer controles para evitar el acceso físico no autorizado a las instalaciones que albergan información sensible.
	7.4. Controles de acceso físico	Tipo: Físico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Instalaciones	Medidas físicas deben proteger las oficinas e instalaciones frente a amenazas ambientales o acceso no autorizado.
	7.10. Ubicación y protección de equipos	Tipo: Físico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Infraestructura	Los equipos deben ubicarse estratégicamente para protegerlos contra amenazas ambientales y accesos no autorizados.
	8.3. Gestión de acceso	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	Separar entornos de desarrollo, prueba y producción ayuda a controlar los accesos y mitigar errores o modificaciones no autorizadas.
	7.9. Seguridad del cableado	Tipo: Físico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Infraestructura	El cableado debe protegerse frente a daños físicos, sabotajes o interferencias.
Vulnerabilidades de la ingeniería social (V3)	8.2. Gestión de la información de autenticación	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Usuarios	Los usuarios deben seguir las políticas sobre la gestión segura de contraseñas u otros medios de autenticación.
	8.3. Gestión de acceso	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	El acceso a la información debe restringirse de acuerdo con los requisitos del negocio y la política de seguridad.
	5.2. Responsabilidades de seguridad de la información	Tipo: Organizacional Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	Es fundamental asignar responsabilidades claras para la seguridad de la información.
	8.11. Uso de programas utilitarios	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Sistemas	El uso de herramientas que puedan afectar sistemas o datos debe estar controlado.
	8.32. Protección del código fuente	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Desarrollo	El acceso al código fuente debe estar restringido y controlado.

Desafíos de la legislación (V4)	5.1. Políticas de seguridad de la información	Tipo: Organizacional Propósito: Gobernar Aplicabilidad: General	Debe existir una política general de seguridad de la información, aprobada y comunicada.
	5.1. Políticas de seguridad de la información	Tipo: Organizacional Propósito: Gobernar Aplicabilidad: General	Las políticas deben revisarse de forma periódica o ante cambios relevantes.
	5.17. Acuerdos de confidencialidad	Tipo: Legal Propósito: Proteger Aplicabilidad: General	Debe documentarse y revisarse el uso de acuerdos de confidencialidad con empleados y terceros.
	8.24. Uso de criptografía	Tipo: Técnico Propósito: Proteger Aplicabilidad: Comunicaciones	Las organizaciones deben definir políticas claras sobre el uso de mecanismos criptográficos.
	8.1. Política de control de acceso	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	Debe establecerse una política formal sobre el acceso a sistemas e información.
Desconocimiento del usuario (V5)	8.7. Protección contra malware	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	Se deben implementar controles contra malware y promover la sensibilización del usuario.
	8.1. Política de control de acceso	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: General	El control de acceso debe estar documentado y basado en requisitos del negocio.
	8.2. Gestión de la información de autenticación	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Usuarios	Debe existir un proceso formal para asignar o revocar acceso.
	8.2. Gestión de la información de autenticación	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Usuarios	Los accesos privilegiados deben estar especialmente protegidos y gestionados.
	8.2. Gestión de la información de autenticación	Tipo: Técnico Propósito: Prevenir Aplicabilidad: Usuarios	La información de autenticación debe gestionarse bajo procesos formales.

3.3. Elaboración y validación de instrumento de la propuesta del marco de trabajo

Se diseñó un instrumento de evaluación compuesto por 25 preguntas estructuradas, orientadas a valorar la aplicabilidad y pertinencia de los controles propuestos como mecanismo de mitigación frente a las vulnerabilidades identificadas en SDN. Las preguntas se formularon en correspondencia con los cinco grupos de vulnerabilidades abordadas, integrando controles de la norma ISO/IEC 27001:2022 como posibles soluciones técnicas y organizacionales (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de preguntas para validar la propuesta del marco de trabajo.

Preguntas
1. ¿La aplicación de controles de acceso a código fuente de programas permite mitigar la vulnerabilidad de ataques de denegación de servicio DoS/DDoS?
2. ¿La aplicación de controles de seguridad de transacciones de los servicios permite mitigar la vulnerabilidad de ataques de denegación de servicio DoS/DDoS?
3. ¿La implementación de controles de resiliencia del servicio permite mitigar la vulnerabilidad de ataques de denegación de servicio DoS/DDoS?
4. ¿La implementando políticas de controles de la seguridad de las redes permite mitigar la vulnerabilidad de ataques de denegación de servicio DoS/DDoS?
5. ¿Con la implementación de controles de gestión de acceso a redes y a servicios en la red se podría mitigar la vulnerabilidad de ataques de denegación de servicio DoS/DDoS?
6. ¿Con la aplicación de políticas de controles de acceso físico para el personal se contribuye con la mitigación de las vulnerabilidades de hardware?
7. ¿Con la implementación de controles para evitar el acceso a las oficinas al personal no autorizado contribuye con la mitigación de las vulnerabilidades de hardware?
8. ¿La implementación de controles de ubicación y protección de los equipos permite mitigar las vulnerabilidades de hardware?
9. ¿La implementación de controles de separación de entornos de desarrollo, pruebas y operación permite mitigar las vulnerabilidades de hardware?
10. ¿La implementación de controles de seguridad del cableado permite mitigar las vulnerabilidades de hardware?
11. ¿La implementación de controles de gestión de la información de autenticación permite mitigar las vulnerabilidades de la ingeniería social?
12. ¿La implementación de controles para el acceso restringido de la información permite mitigar las vulnerabilidades de la ingeniería social?
13. ¿La implementación de controles para la gestión de responsabilidades para la seguridad de la información permite mitigar las vulnerabilidades de la ingeniería social?
14. ¿La implementación de políticas de uso de programas utilitarios privilegiados permite mitigar las vulnerabilidades de la ingeniería social?
15. ¿La implementación de controles para la protección código fuente de programas permite mitigar las vulnerabilidades de la ingeniería social?
16. ¿La implementación de políticas para la seguridad de la información permite mitigar la vulnerabilidad de desafíos de la legislación?
17. ¿La implementación de controles para la revisión de las políticas de seguridad de la información permite mitigar la vulnerabilidad de desafíos de la legislación?
18. ¿La implementación de controles para la firma de acuerdos de confidencialidad con empleados y terceros permite mitigar la vulnerabilidad de desafíos de la legislación?
19. ¿La implementación de controladores criptográficos permite mitigar la vulnerabilidad de desafíos de la legislación?
20. ¿La implementación de controles de acceso deben emplearse para mitigar la vulnerabilidad de desafíos de la legislación?
21. ¿La implementación de controles contra códigos maliciosos y malware permite mitigar la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario?
22. ¿La implementación de controles de acceso debe estar documentado para que permita mitigar la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario?
23. ¿En la implementación de controles de acceso se debería exigir el proceso formal para asignar o revocar acceso, con la finalidad de mitigar la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario?

-
24. ¿La implementación de controles de acceso como los privilegiados deben estar protegidos y gestionados para mitigar la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario?
-
25. ¿La implementación de controles para gestionar el acceso debe autenticarse bajo procesos formales para mitigar la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario?
-

La validación del instrumento se llevó a cabo mediante entrevistas a seis expertos en redes, telecomunicaciones y seguridad de la información. Tres de los entrevistados consideraron que las preguntas eran totalmente pertinentes para validar el marco de trabajo, ya que responden de manera adecuada con los requisitos relacionados con las vulnerabilidades de las SDN. Por su parte, dos expertos coincidieron en la pertinencia general del instrumento, aunque identificaron oportunidades de mejora en la redacción de ciertas preguntas, sugiriendo un mayor nivel de especificidad en la aplicación de los controles normativos. Adicionalmente, un experto expresó una postura crítica, indicando que el instrumento, si bien útil como referencia inicial, no sería suficiente para estandarizar de manera efectiva la gestión de la seguridad de la información. Según su criterio, la implementación de controles y políticas debe asumir un enfoque dinámico, que se ajuste continuamente a los contextos tecnológicos y operativos específicos de cada organización.

En conjunto, los resultados evidencian una aceptación mayoritaria del instrumento propuesto, al tiempo que resaltan la necesidad de considerar marcos de gestión más flexibles y adaptativos, especialmente en entornos altamente cambiantes como SDN (Figura 3).



Figura 3. Evaluación de la pertinencia del instrumento.

El análisis de la aplicabilidad del instrumento, evaluado por seis expertos, muestra que el 50% (tres expertos) están totalmente de acuerdo en que las preguntas son pertinentes y están alineadas con la naturaleza de las vulnerabilidades, ofreciendo diversas opciones para mitigarlas. Además, el 33% (dos expertos) están de acuerdo en que el instrumento es eficiente y contempla mecanismos adecuados para la mitigación de vulnerabilidades.

Sin embargo, el 17% (un experto) manifestó una postura neutral (ni de acuerdo ni en desacuerdo), argumentando que las preguntas podrían no incluir suficiente flexibilidad en la validación del marco de trabajo. Este experto señaló que limitar a cinco los controles propuestos para cada vulnerabilidad podría no adaptarse a las necesidades específicas de las organizaciones, lo que sugiere que los controles deberían ser más dinámicos y ajustables según el contexto.

Estos resultados reflejan un alto nivel de aceptación del instrumento, lo cual respalda su utilización para evaluar el marco propuesto. La opinión crítica registrada no afectó significativamente la valoración global, dado que la limitación en el número de controles responde a una estrategia de estandarización y facilidad de implementación en entornos técnicos diversos. El marco puede ser evaluado mediante auditorías internas o validaciones cruzadas entre equipos técnicos. Su implementación, por otra parte, puede llevarse a cabo de forma progresiva, iniciando

con la identificación de las vulnerabilidades críticas en la infraestructura SDN, la aplicación de los controles establecidos por el marco, y su posterior ajuste conforme a las necesidades organizacionales, promoviendo así una gestión proactiva y dinámica de la seguridad de la información (Figura 4).

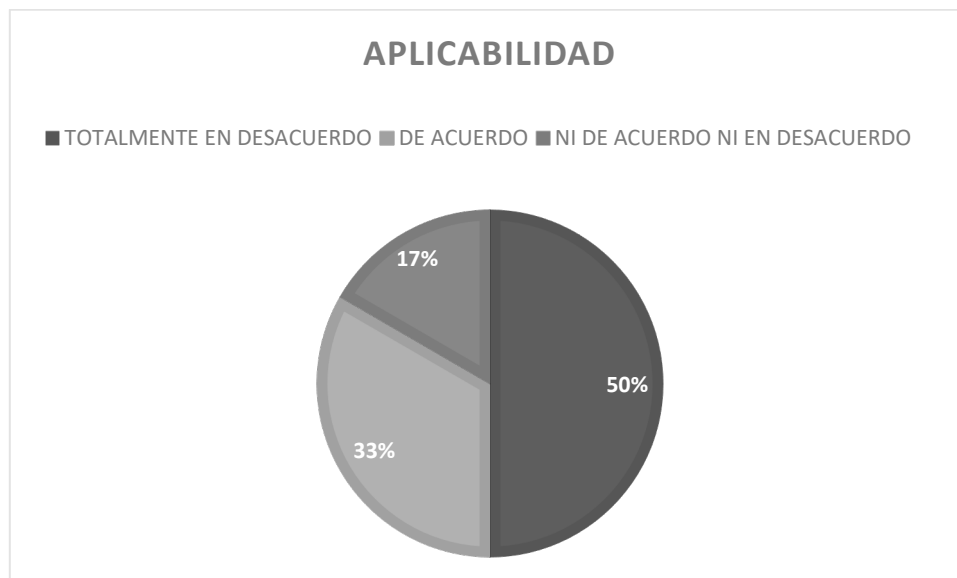


Figura 4. Evaluación de la aplicabilidad del instrumento.

3.4. Validación de la propuesta del marco de trabajo

Para la validación de la propuesta del marco de trabajo se consideraron las respuestas de los cinco expertos seleccionados, a los cuales se les asignaron los siguientes nombres: Exp.1, Exp.2, Exp.3, Exp.4 y Exp.5. Los resultados del análisis de la vulnerabilidad referida al ataque de denegación de servicio representada en la Figura 5, los expertos sostienen que mantener controles en seguridad de las redes informáticas, permite el acceso solamente a los usuarios y a los servicios de la red autorizados, da mayor seguridad para evitar el ataque de denegación de servicio. Mediante el sistema de control de redes, se garantiza la limitada gestión a las aplicaciones y servicios exclusivos asignados al usuario. Otro de los controles que los expertos consideraron oportuno, se basa en la gestión de acceso a redes, limitando exclusivamente el acceso al personal autorizado. Generalmente, entre los mecanismos utilizados para permitir accesos a usuarios a redes es el uso de contraseñas complejas para acceder a la red inalámbrica, filtrado de direcciones MAC de los clientes que acceden a la red, cambiar la configuración introducida por los fabricantes de equipos y restringir el acceso a ordenadores específicamente, ya sea por dirección IP o MAC [21].

Aunque se recopilaban respuestas de cinco expertos, en la Figura 5 solo se distinguen tres líneas. Esto ocurre porque algunos expertos coincidieron plenamente en sus respuestas: el experto 1 respondió de forma idéntica al experto 5, y lo mismo sucedió entre el experto 2 y el experto 3. Esta coincidencia hizo que sus líneas se superpusieran en la visualización, generando menos trayectorias visibles de las que realmente participaron. Esto no significa que falten datos, sino que algunos expertos expresaron su criterio de manera muy similar.

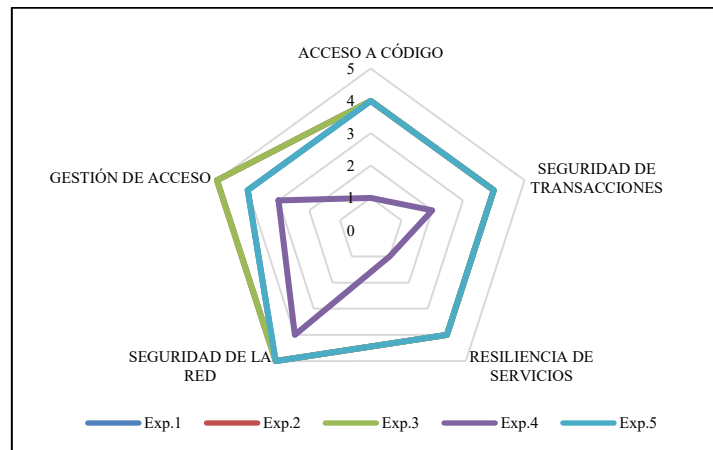


Figura 5. Validación de controles en V1.

Dentro de los factores que determinan la vulnerabilidad de hardware, fueron analizados los criterios de controles de acceso físico, ubicación y protección de los equipos, gestión de acceso en entornos de desarrollo, y la seguridad del cableado (Figura 6). La mayor cantidad de los criterios emitidos por los expertos coinciden que limitar el acceso físico al hardware y dispositivos informáticos, generan mayor seguridad y protección, lo cual no solo garantiza la protección de los equipos ante eventos ambientales, sino que también evita el acceso físico al personal no autorizado. Entre los sistemas de control de acceso a oficinas empleados, se consideran, el uso presentación de credencial o tarjeta inteligente, introducción de contraseñas o lector biométrico y reconocimiento de huella dactilar [22]. Además, los evaluadores consideran de mucha importancia mantener seguridad en las oficinas, tener buena ubicación y protección de los equipos.

El uso de dispositivos y datos ha generado incremento de ataques informáticos, logrando el control de la red y dispositivos inteligentes. Se han presentado varias alternativas para evadir la vulnerabilidad de la ingeniería social en las redes definidas por software (Figura 7). Se ha reconocido tres alternativas de mayor interés entre los expertos, el cual engloba la gestión de la información de autenticación, la gestión de acceso, y la asignación de roles y responsabilidades para la seguridad de la información.

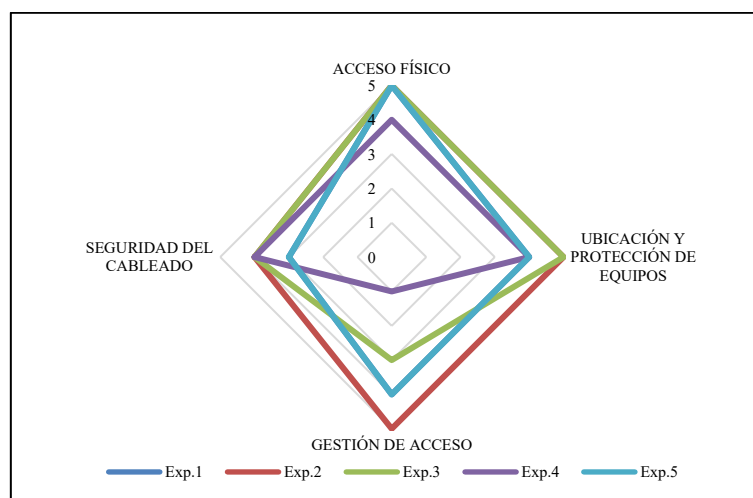


Figura 6. Validación de controles en V2.

El implementar más de un control dentro de los sistemas informáticos, podría garantizar una eficiencia en la vulnerabilidad social de las redes. Asociaciones de mecanismos como la

autenticación, en el que se implementan prácticas de no divulgar las contraseñas, evitar el registro de las contraseñas en archivos físicos y electrónicos, educar al personal con el cambio permanente de contraseñas [23]; además, de la gestión de acceso a la información, mediante el uso de menú de acceso, ocultar funciones de administración a usuarios regulares y regularizar la accesibilidad de datos en función de cada usuario de acuerdo a los roles y responsabilidades asignadas [24].

Ante la deficiencia de normas y políticas que sancionen el uso indebido de los datos, se presenta como vulnerabilidad constante los desafíos de la legislación. Sin embargo, las empresas pueden definir políticas internas de seguridad que dan a conocer al personal laboral de la empresa, lo cual, a través de ellas permite subsanar los daños causados en el uso indebido de los datos. De acuerdo al criterio de evaluadores expertos en la información de las redes (Figura 8), la revisión de las políticas de seguridad constante y planificados para asegurar su eficacia; y acuerdos de confidencialidad entre los empleados y la empresa que permita proteger la información, por esta razón es necesario que los conceptos de seguridad y confidencialidad sean implementados en normativas y contactos que fomente la confianza entre los participantes del mismo [25].

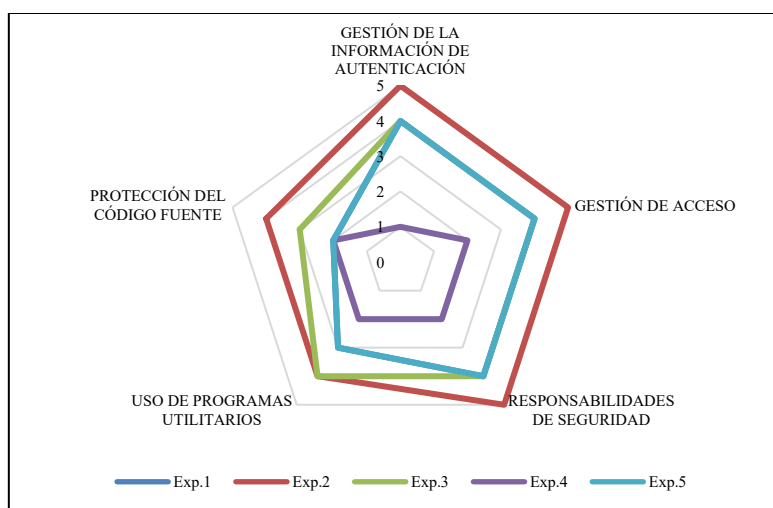


Figura 7. Validación de controles en V3.

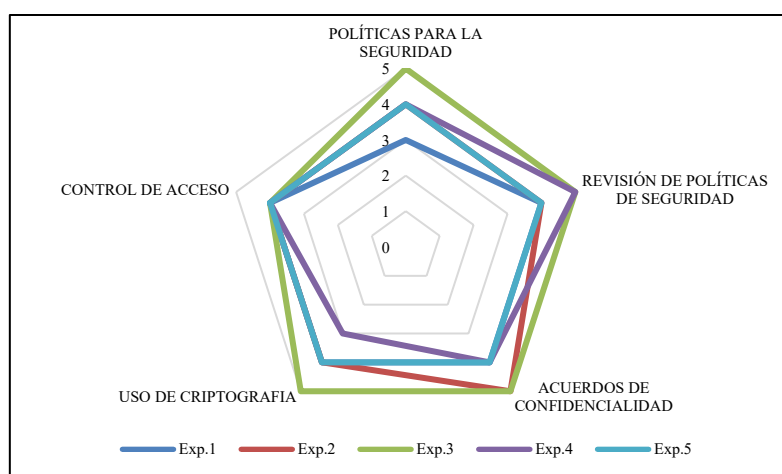


Figura 8. Validación de controles en V4.

La falta de conocimiento en temas de seguridad vuelve a los usuarios vulnerables ante ataques cibernéticos. Según aspectos relacionados a la vulnerabilidad de desconocimiento del usuario, los resultados mostrados en la Figura 9, indica que las estrategias de mayor control se basan en la

gestión de autenticación de usuarios, en el que se asignan permisos a los usuarios de acuerdo al cargo que desempeñan. Además, de implementar controles para la protección de malware, mediante la concientización de los usuarios sobre el acceso a redes detectadas como fraudulentas, ya que son los más expuestos para ser víctimas de fraudes a través de la red, entre las acciones a las pueden enfrentarse constan la suplantación de correo electrónico o uso de sus direcciones electrónicas y uso de su identidad para fines maliciosos.

La propuesta de un marco referencial basado en la norma ISO/IEC 27001:2022 para la seguridad en entornos SDN responde a la necesidad de afrontar vulnerabilidades críticas como los ataques DoS/DDoS, el desconocimiento del usuario y las fallas de hardware se alinea con investigaciones recientes que destacan la importancia de vincular directamente las amenazas con controles normativos específicos [26], [27].

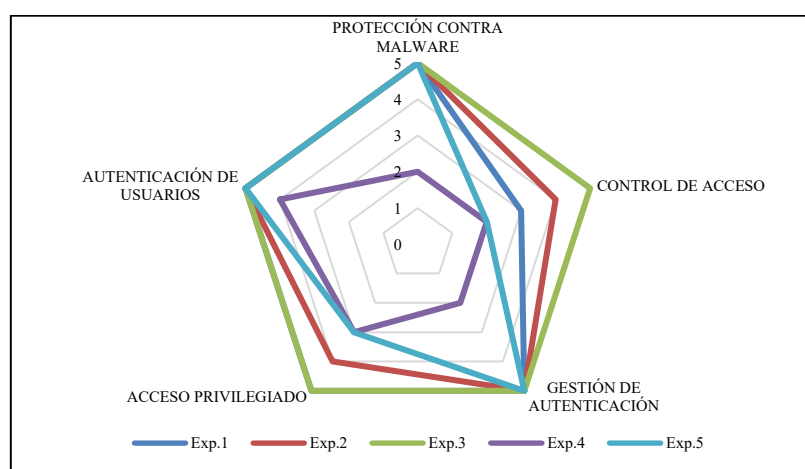


Figura 9. Validación de controles en V5.

La validez de la propuesta fue respaldada por expertos, quienes valoraron su pertinencia y aplicabilidad; sin embargo, también se señaló la importancia de mantener un enfoque flexible y dinámico ante escenarios tecnológicos cambiantes [28].

Además, el enfoque integral del modelo al incluir dimensiones técnicas, físicas, organizacionales y legales lo convierte en una herramienta replicable para instituciones que buscan fortalecer su infraestructura de seguridad, especialmente en contextos donde la ciberseguridad se ha vuelto una prioridad estratégica [25].

4. CONCLUSIONES

La metodología articuló de manera secuencial la revisión documental, la identificación y clasificación de vulnerabilidades, la construcción del marco referencial y su validación mediante juicio de expertos, esta revisión de 45 artículos científicos (2018–2022) confirmó que los ataques DoS/DDoS son la principal amenaza en entornos SDN.

El marco se distingue por vincular cada vulnerabilidad con cinco controles específicos de la norma ISO/IEC 27001:2022, seleccionados por su pertinencia y aplicabilidad, lo que otorga al modelo un carácter integral, normativo y adaptable a distintos contextos institucionales.

La validación del instrumento evidenció un alto nivel de aceptación por parte de los expertos, quienes destacaron su utilidad para valorar la efectividad de los controles propuestos, ellos también señalaron la conveniencia de incorporar enfoques más dinámicos, los resultados respaldan la viabilidad del instrumento como herramienta inicial de evaluación.

Este estudio aporta al campo de la seguridad de la información al proponer un modelo estructurado, replicable y alineado a estándares internacionales, con potencial de aplicación en organizaciones que busquen fortalecer sus capacidades de protección en entornos SDN.

Como proyección futura, se sugiere aplicar el marco en escenarios reales mediante pruebas piloto y explorar la integración de técnicas de inteligencia artificial para la detección proactiva de vulnerabilidades, así como su adaptación a arquitecturas híbridas y entornos cloud.

REFERENCIAS

- [1] C. Astudillo y A. Cabrera, "Políticas de gestión de seguridad de la información, fundamentadas en la norma ISO/IEC 27001, centro de datos diseñado con el estándar ANSI/TIA 942", *Revista Dominios de la Ciencia*, vol. 5, no. 3, jul. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v5i3.929>
- [2] Valuates Reports, "Mercado de SDN por componentes, servicios, industria vertical TI y región – Global Forecast to 2027", 8 de Octubre de 2020.
- [3] N. McKeown et al., "OpenFlow: enabling innovation in campus networks", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, no. 2, pp. 69–74, mar. 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1355734.1355746>
- [4] N. Gude et al., "NOX: Towards an operating system", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, no. 3, pp. 105–110, jul. 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1384609.1384625>
- [5] D. A. Priano, "Análisis de protocolos de enrutamiento en Redes definidas por software (Software Defined Networks)", Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/122842>
- [6] CISCO, "Informe de ciberseguridad anual de Cisco 2018," 2018.
- [7] F. Solarte Solarte, E. Enriquez Rosero y M. Benavides, "Metodología de análisis y evaluación de riesgos aplicados a la seguridad informática y de información bajo la norma ISO/IEC 27001", *Revista Tecnológica - ESPOL*, vol. 28, no. 5, pp. 492-507, dic. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/456>
- [8] CISCO, "Tendencias globales en redes 2020", 2019.
- [9] J. Voutssas, "Preservación documental digital y seguridad informática", *IB*, vol. 24, no. 50, 127–155, nov. 2010. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2010.50.21416>
- [10] ICONTEC, NORMA TÉCNICA NTC-ISO/IEC COLOMBIANA 9001 Requisitos NTC-ISO-IEC 9001, 2020.
- [11] E. Gómez-Luna, D. Fernando-Navas, G. Aponte-Mayor y L. A. Betancourt-Buitrago, "Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información en temas científicos, a través de su estructuración y sistematización", *Dyna*, vol. 81, no. 184, pp. 158-163, abr. 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405022>
- [12] I. Makhdoom, M. Abolhasan, J. Lipman y R. Liu, "Anatomía de las amenazas al Internet de las cosas", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 2, pp. 1636–1675, oct. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2874978>
- [13] H. Maziku, S. Shetty, y D. Nicol, "Security risk assessment for SDN-enabled smart grids", *Computer Communications*, vol. 133, jan. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2018.10.007>

- [14] W. Chen, S. Xiao, L. Liu, and X. Jian, "A DDoS attacks traceback scheme for SDN-based smart city", *Computers and Electrical Engineering*, vol. 81, jan. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.106503>
- [15] T. Wang, H. Chen, G. Cheng, and Y. Lu, "SDN Manager: A Safeguard Architecture for SDN DoS Attacks Based on Bandwidth Prediction", *Security and Communication Networks*, jan. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2018/7545079>
- [16] Y. Guo, F. Miao, L. Zhang, and Y. Wang, "CATH: An effective method for detecting denial-of-service attacks in software defined networks", *Science China Information Sciences*, vol. 62, no. 3, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11432-017-9439-7>
- [17] S. Zonouz, J. Rrushi y S. McLaughlin, "Detección de malware de control industrial mediante análisis de código de PLC automatizado", *IEEE Security & Privacy*, vol. 12, no. 6, pp. 40–47, dic. 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/MSP.2014.113>
- [18] J. Deogirikar, and A. Vidhate, "Security attacks in IoT: A survey", en 2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India, 2017, pp. 32–37. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/I-SMAC.2017.8058363>
- [19] P. Voigt y A. Von dem Bussche, *El reglamento general de protección de datos de la UE (GDPR), "Una guía práctica"*, Cham: Springer International Publishing, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>
- [20] AT&T, "The CEO's Guide to Data Security," 2016. [Online]. Available: <https://www.business.att.com/cybersecurity/docs/vol5-datasec>
- [21] P. Zanu Sotenga, K. Djouan, and A. Matthew, "A virtual network model for gateway media access control virtualisation in Large Scale", *Internet of Things*, vol. 21, apr. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100668>
- [22] I. Singh, and B. Singh, "Access management of IoT devices using access control mechanism and decentralized authentication: A review", *Measurement: Sensors*, vol. 25, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100591>
- [23] H. Cui, Z. Wan, H. Qi, B. Qin, and X. Yi, "Password-authenticated proofs of retrievability for multiple devices checking cloud data", *Journal of Information Security and Applications*, vol. 75, june. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2023.103480>
- [24] Y. Luo et al., "Platform perspective verse user perspective: The role of expression perspective in privacy disclosure", *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 73, jul. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103372>
- [25] R. Fillmore, D. McKinley, and E. F. Tallman, "Chapter 6 - Managing privacy, confidentiality, and risk: towards trust", in *Health Information Exchange (Second Edition)*, pp. 131-147, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90802-3.00030-7>
- [26] D. Ganji, C. Kalloniatis, H. Mouratidis, and S. M. Gheytsi, "Approaches to Develop and Implement ISO/IEC 27001 Standard: A Systematic Literature Review," *International Journal On Advances in Software*, vol. 12, no. 3, pp. 228–238, dec. 2019. [Online]. Available: https://personales.upv.es/thinkmind/dl/journals/soft/soft_v12_n34_2019/soft_v12_n34_2019_4.pdf

- [27] International Organization for Standardization, ISO/IEC 27001:2022 – Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements, ISO, Geneva, Switzerland, 2022.
- [28] G. Culot, G. Nassimbeni, M. Podrecca, and M. Sartor, “The ISO/IEC 27001 information security management standard: literature review and theory-based research agenda”, *The TQM Journal*, vol. 33, no. 7, pp. 76–105, dic. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2020-0202>



Estrategias de aprendizaje ubicuo para entornos educativos de enseñanza media utilizando Google Classroom

(Ubiquitous learning strategies for high school educational environments using Google Classroom)

Luis Deleg-Vera, Joe Llerena-Izquierdo

Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador
ldeleg@est.ups.edu.ec, jlllerena@ups.edu.ec

Resumen: El aprendizaje ubicuo ha demostrado ser efectivo en modalidades que requieren acceso continuo a contenidos curriculares. Este estudio propuso estrategias de aprendizaje ubicuo mediante Google Classroom en la enseñanza media, adoptando un enfoque empírico-analítico con análisis bibliométrico. Se llevó a cabo una actividad en la Escuela Particular de Idiomas “Aprende Alemán Jugando” en Guayaquil, Ecuador, con 100 estudiantes, centrada en la enseñanza de gramática alemana mediante Google Classroom. Los resultados indicaron que la planificación basada en estrategias de aprendizaje ubicuo obtuvo una aceptación superior al 90 %. Finalmente, la integración de Google Classroom en la enseñanza media optimizó estas estrategias y facilitó la virtualización de actividades presenciales. Este estudio contribuye al ámbito educativo al demostrar cómo las herramientas digitales fortalecen la enseñanza y se adaptan a los avances tecnológicos, generando nuevas oportunidades para la educación en entornos híbridos.

Palabras clave: Competencias digitales, potenciar el aprendizaje, educación en entornos híbridos, tecnología educativa, herramientas digitales, enseñanza media.

Abstract: Ubiquitous learning has been shown to be effective in modalities that require continuous access to curricular content. This study proposed ubiquitous learning strategies using Google Classroom in secondary education, adopting an empirical-analytical approach with bibliometric analysis. An activity was carried out at the Private Language School ‘Aprende Alemán Jugando’ in Guayaquil, Ecuador, with 100 students, focusing on teaching German grammar using Google Classroom. The results indicated that the planning based on ubiquitous learning strategies had an acceptance rate of more than 90 %. Finally, the integration of Google Classroom in secondary education optimised these strategies and facilitated the virtualisation of face-to-face activities. This study contributes to the educational field by demonstrating how digital tools strengthen teaching and adapt to technological advances, generating new opportunities for education in hybrid environments.

Keywords: Digital skills, enhance learning, education in hybrid environments, educational technology, digital tools, secondary education.

1. INTRODUCCIÓN

Después de la pandemia de COVID-19, el mundo descubrió que existen múltiples formas de enseñanza y métodos de aprendizaje [1]. El aprendizaje ubicuo se ha vuelto cada vez más relevante, ya que puede llevarse a cabo en cualquier espacio o lugar, siempre que se tenga acceso a internet y se disponga de un dispositivo electrónico adecuado para utilizar los recursos didácticos disponibles [2], [3]. Para las instituciones de educación superior prever la

infraestructura necesaria, la capacitación a sus profesores y el soporte adecuado a sus estudiantes es un desafío constante año tras año [4]. Para lograr esto, las estrategias educativas que integran diversas tecnologías de comunicación y acceso a la información en el aula resultan fundamentales. Estas estrategias ofrecen un sólido apoyo a la comunidad académica e investigativa, contribuyendo al crecimiento de la literatura sobre el aprendizaje ubicuo, que abarca el aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier instante [5], [6], [7].

El aprendizaje ubicuo (u-learning) ha demostrado ser extremadamente eficaz, tanto para estudios a distancia como para otras modalidades. Resulta especialmente valioso en situaciones complejas donde un estudiante necesita acceder a contenidos curriculares debido a cuestiones de salud u otras circunstancias que impiden su presencia física en el establecimiento educativo. En tales casos, el aprendizaje ubicuo permite la conexión y el acceso a la información desde cualquier ubicación [7]. Durante el confinamiento global, el mundo entero adoptó el aprendizaje ubicuo como solución, ya que la población no podía asistir presencialmente a escuelas, colegios, universidades o lugares de trabajo. En lugar de la enseñanza en persona, se utilizaron herramientas de conectividad en tiempo real, como Google Classroom, entre otras, para facilitar el acceso a la educación y el trabajo desde el hogar [8].

El uso de herramientas didácticas en el aula ha sido de vital importancia para los educadores y para las instituciones educativas, tanto antes como después de la pandemia, al igual que la incorporación de herramientas web y móviles para mejorar el proceso de aprendizaje. El aprendizaje ubicuo se basa en que los estudiantes dispongan de un entorno o de una aplicación que, mediante conexión a internet, les permita acceder a la información proporcionada por sus profesores y desarrollar las actividades necesarias [9]. La implementación de Google Classroom, por ejemplo, facilita la personalización del aprendizaje, al permitir a los docentes crear rutas educativas adaptadas a las necesidades individuales de cada estudiante. Asimismo, fomenta la colaboración entre estudiantes a través de herramientas como los foros de discusión y los proyectos colaborativos. De esta manera, se promueve un ambiente de aprendizaje activo y dinámico, incluso en instituciones con recursos tecnológicos limitados [10].

La integración de nuevas habilidades tecnológicas y conocimientos en TIC, junto con el uso de aplicaciones que faciliten el aprendizaje ubicuo, resulta fundamental en la Educación Básica Media, que abarca desde 5° hasta 7° de EGB. Esta implementación apoya a los docentes y capacitadores al permitirles impartir clases no solo de manera híbrida, sino también de forma asíncrona y ubicua [2], [11], [12], [13]. Esto significa que la implementación de este método de enseñanza mejora significativamente, ya que permite a los alumnos conectarse en cualquier instante y desde cualquier ubicación. Así, por ejemplo, al tener a su disposición las clases grabadas en Google Classroom, los estudiantes pueden pausar, rebobinar y tomar notas sobre los conceptos clave. Esta flexibilidad les permite profundizar en aquellos temas que les resulten más desafiantes y consolidar sus conocimientos a su propio ritmo. Además, las grabaciones sirven como un valioso recurso para repasar antes de los exámenes o para resolver dudas fuera del horario de clase. Como resultado, se observa un aumento significativo en la comprensión, la retención y la motivación de los estudiantes [8], [14].

Los avances tecnológicos y la pandemia de COVID-19 han impulsado a los sistemas educativos a buscar mejoras en sus métodos de enseñanza para evitar la interrupción de sus actividades. El aprendizaje tradicional, en la actualidad, presenta ciertas limitaciones que afectan a los estudiantes, como las restricciones en la movilidad y la duración total de las clases [8]. Las restricciones impuestas por la pandemia de COVID-19 han obligado a adaptar los métodos de enseñanza a nuevas modalidades, mejorando así el enfoque tradicional de las aulas presenciales [15]. El uso generalizado de dispositivos electrónicos por parte de estudiantes y docentes facilita la adaptación del aprendizaje ubicuo a los entornos educativos, optimizando así el aprendizaje en línea [16]. El u-learning tiene como objetivo promover y complementar la enseñanza más allá del

aula tradicional mediante la integración de tecnologías que facilitan el acceso a la información en cualquier ubicación y en cualquier instante [17].

Con el crecimiento de las tecnologías móviles e inalámbricas, se busca desarrollar un entorno de aprendizaje que apoye el aprendizaje ubicuo tanto dentro como fuera del aula tradicional. Este enfoque está diseñado para satisfacer las necesidades de los estudiantes que desean aprender en diferentes lugares y momentos [18]. El fácil acceso a internet a través de dispositivos electrónicos debería transformar la forma en que las personas aprenden, introduciendo nuevas herramientas que motiven a los estudiantes a educarse en cualquier ubicación y en cualquier instante [19]. El desafío existente para las instituciones educativas y para los investigadores es de mejorar las habilidades de enseñanza mediante la creación de sistemas de aprendizaje óptimos y de fácil manejo, adaptado a la evolución de la educación [20]. Estos sistemas facilitan la conexión entre objetos, personas y eventos tanto virtuales como reales, apoyando así el aprendizaje continuo [21]. Así, las instituciones educativas no solo deben seguir mejorando su entorno de enseñanza tradicional, sino también enfocarse en la integración de las tecnologías que potencie el aprendizaje [22]. Se ha demostrado que el aprendizaje en línea mejora las bases del conocimiento y facilitan al estudiante la comprensión de los contenidos compartidos por el docente mejorando el estudio tradicional [23]. Las tecnologías ubicuas en el aprendizaje son consideradas como facilitadoras puesto que permiten que los estudiantes aprendan en distintos contextos teniendo acceso a los recursos en cualquier ubicación y en cualquier instante [24]. Para [7], [25], [26], [27], [28] las tecnologías deben integrarse en la educación, ya que ofrecen a los docentes una amplia variedad de herramientas para impartir sus clases y proporcionan información adicional que mejora el aprendizaje de los estudiantes. Las tecnologías de comunicación digital, al ser omnipresentes y estar presentes en todos los aspectos de nuestra vida, fomentan la participación de grupos de estudiantes con diversos propósitos, incluyendo la educación [29]. Así, frente a la pandemia de COVID-19, los sistemas educativos se vieron obligados a adoptar Google Classroom como una alternativa para el aprendizaje en línea [30]. El uso de Google Classroom ofrece ventajas significativas al facilitar la comunicación, la publicación de contenido y la gestión de tareas, con el objetivo de promover un aula sin papel [31]. Google Classroom destaca en los entornos educativos por su facilidad de uso y comodidad de acceso. Esta herramienta tecnológica permite a los profesores brindar apoyo en tiempo real de manera eficiente [32].

2. TRABAJO RELACIONADO

Los avances en la educación han impulsado el desarrollo de tecnologías en dispositivos que facilitan la creación de entornos de aprendizaje accesibles sin necesidad de que el estudiante esté físicamente presente, permitiendo el acceso desde cualquier ubicación [33]. El objetivo es identificar las estrategias de aprendizaje ubicuo, o u-learning, que se implementarán en los entornos educativos de enseñanza media utilizando Google Classroom como herramienta tecnológica. Esta plataforma integra enseñanza y aprendizaje en un único entorno. Hoy en día, el uso frecuente de dispositivos móviles y comunicación inalámbrica ha permitido que las estrategias de aprendizaje ubicuo se utilicen de manera más efectiva, ofreciendo a los estudiantes oportunidades para explorar y aprender de forma innovadora y práctica [34].

Se destaca que las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han experimentado una evolución significativa en los métodos de aprendizaje en línea [35], desde el aprendizaje electrónico (e-learning) hasta el aprendizaje móvil (m-learning) y, finalmente, el aprendizaje ubicuo (u-learning), estas últimas modalidades han tenido el mayor impacto educativo. En sociedades equilibradas e informadas, estas formas de aprendizaje prevalecen debido a las facilidades que ofrecen para crear escenarios virtuales efectivos [36].

El aprendizaje ubicuo resulta invaluable tanto para maestros como para estudiantes, ya que las estrategias personalizadas permiten a los estudiantes acceder a la información compartida en cualquier instante y desde cualquier ubicación [37]. Aunque actualmente el concepto de

aprendizaje ubicuo recibe críticas por enfatizar los aspectos tecnológicos en detrimento de los educativos, se espera que la evolución tecnológica en la educación permita al aprendizaje ubicuo alcanzar un mayor impacto e importancia en los procesos de enseñanza [38].

Hoy en día, los entornos de aprendizaje ya sean físicos o virtuales, son espacios enriquecedores que promueven el desarrollo del conocimiento [39]. Con el avance de la tecnología, surge la necesidad de actualizar y mejorar estos entornos, haciéndolos más abiertos y flexibles para ampliar y potenciar las oportunidades de enseñanza [40]. En consecuencia, el aprendizaje ubicuo transforma los entornos de enseñanza en línea, haciéndolos más creativos y propicios para la generación de nuevas ideas y actividades de aprendizaje adecuadas para los estudiantes [41].

Los entornos de aprendizaje ya sean virtuales o presenciales, bien estructurados, apoyan el proceso educativo y optimizan la motivación de los estudiantes, influyendo en la facilidad o dificultad del aprendizaje [42]. En la última década, se ha observado un notable avance tecnológico en los sistemas de información y computacionales, lo que ha puesto de manifiesto la creciente dependencia de la tecnología en las actividades cotidianas, incluida la educación. Las posibilidades que ofrece Google Classroom para las estrategias de aprendizaje han llevado a las instituciones educativas a adoptar esta herramienta como un recurso valioso para complementar la enseñanza fuera del aula [8]. Google Classroom opera como un proceso en dos direcciones, por un lado, facilita a los maestros la implementación de sus estrategias de enseñanza, y por otro, permite a los estudiantes apreciar y comprender mejor el contenido impartido en el aula. La era tecnológica ha presentado nuevos desafíos para todos los sectores, incluida la educación, obligando tanto a estudiantes como a profesores a adoptar herramientas tecnológicas de gestión del aprendizaje (LMS) para administrar el aprendizaje en plataformas virtuales como Google Classroom [43]. La innovación y el desarrollo de habilidades en la enseñanza digital están destinados a aumentar la motivación y el rendimiento de los estudiantes, convirtiendo el uso de Google Classroom en una meta clave para mejorar la educación y el apoyo docente [44].

Para [45], Google Classroom tiene como objetivo principal facilitar la administración, recolección y compartición de información entre alumnos y docentes, además de permitir la creación de tareas sin necesidad de papel. Esta herramienta optimiza el proceso de aprendizaje, contribuyendo a una educación más eficiente. Junto con la dedicación y el esfuerzo de los docentes, el uso continuo de Google Classroom en una era tecnológica en constante evolución mejora significativamente la experiencia educativa [46].

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada en esta investigación es de tipo empírico-analítico y se estructura en dos fases principales. La primera fase consiste en una revisión de trabajos relevantes mediante un enfoque histórico-descriptivo, utilizando la técnica de análisis bibliométrico. Esta etapa permite contextualizar el estado actual del campo de estudio y evaluar las tendencias y patrones en la literatura existente. En la segunda fase, se lleva a cabo una actividad en un contexto cuasiexperimental para realizar un análisis cuantitativo.

En una primera etapa, se aplica un enfoque descriptivo para evaluar artículos científicos desde una perspectiva global, regional y nacional. Se realiza un análisis bibliométrico utilizando el software *VosViewer* para identificar los países y universidades con mayor contribución científica en el campo del aprendizaje ubicuo. Para llevar a cabo este análisis, se consultan las bases de datos Web of Science y Scopus.

En la segunda etapa se utiliza un diseño cuasiexperimental para el proceso de enseñanza y aprendizaje del idioma alemán, seguido de una evaluación formativa. Posteriormente, se recopilan datos mediante encuestas administradas a través de Microsoft Forms, y se realiza un análisis cuantitativo de estos datos. Los resultados obtenidos se examinan utilizando el método analítico-

sintético, que facilita la comparación entre los objetivos propuestos y los hallazgos de la investigación (ver Figura 1).

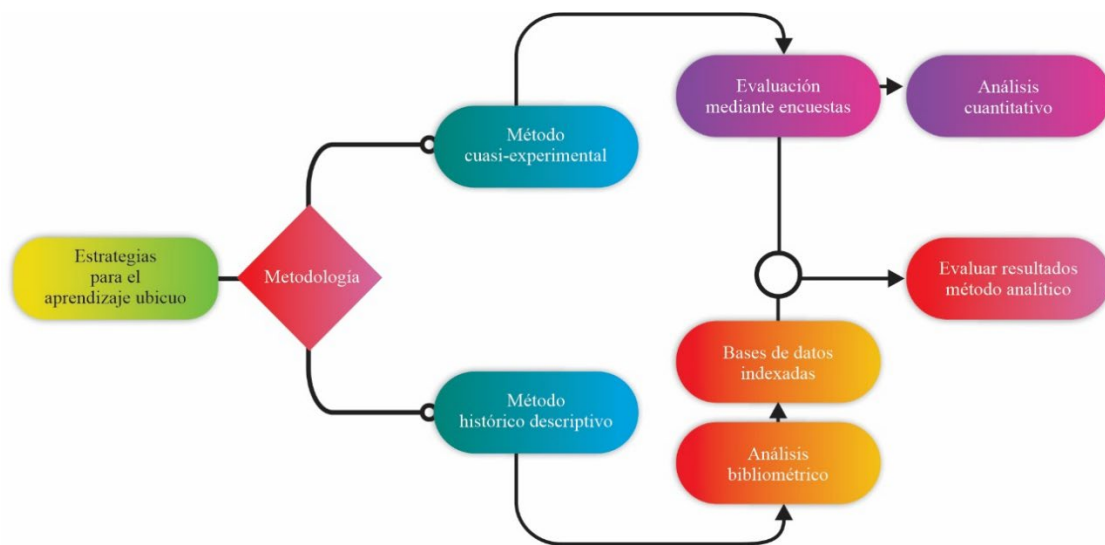


Figura 1. Proceso metodológico de investigación.

Este estudio de investigación se lleva a cabo en la Escuela Particular de Idiomas “Aprende alemán jugando” (AAJ), situada en la urbanización Ciudad Celeste, al norte de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Participan un total de 100 estudiantes en el estudio. Se implementa una actividad educativa utilizando la plataforma Google Classroom, enfocada en la enseñanza de nueva gramática del idioma alemán para avanzar en el proceso de aprendizaje. Posteriormente, se llevan a cabo diversas actividades de refuerzo para consolidar el nuevo conocimiento adquirido. La duración de cada actividad varía según su tipo: las lecciones y pruebas tienen un tiempo determinado para su finalización, mientras que las tareas pueden completarse a lo largo de la semana y deben entregarse antes de una fecha y hora específicas.

Finalmente, se aplica una encuesta a los estudiantes para evaluar su grado de satisfacción de la metodología de aprendizaje con sus estrategias de aprendizaje ubicuo. La encuesta emplea una escala de Likert de cinco puntos, con las opciones de respuesta que van desde (1) totalmente en desacuerdo hasta (5) totalmente de acuerdo. Para esto se elaboran un conjunto de preguntas de acuerdo con seis dimensiones. Estas preguntas permiten una evaluación completa y detallada de la aplicación de estrategias de aprendizaje ubicuo utilizadas en una experiencia de aprendizaje para un entorno educativo de enseñanza media utilizando Google Classroom, lo que es crucial para garantizar una educación de alta calidad y accesible para todos los estudiantes (ver Tabla 1).

Las preguntas del uno al cinco se centran en la satisfacción y la experiencia general de los participantes con Google Classroom, estos aspectos son fundamentales para comprender el impacto de la plataforma en el proceso educativo. El objetivo es de evaluar cómo Google Classroom facilita el acceso a los materiales del curso, organiza la información y proporciona retroalimentación resulta crucial para identificar la efectividad de la plataforma. Un entorno de aprendizaje positivo y eficiente depende de la facilidad con la que los estudiantes interactúan con el contenido y reciben retroalimentación útil. Así, esta dimensión examina si la plataforma cumple con las expectativas de los participantes y contribuye a una experiencia de aprendizaje satisfactoria, lo cual es esencial para mantener altos niveles de motivación y compromiso en el entorno educativo.

Tabla 1. Preguntas y ámbitos para evaluación utilizadas en la aplicación de encuesta.

Pregunta	Ámbito para evaluar
1. La plataforma Google Classroom facilita el acceso a los materiales del curso. 2. La organización de la información en Google Classroom es clara y efectiva. 3. Las actividades interactivas en Google Classroom mejoran mi participación. 4. La retroalimentación proporcionada a través de Google Classroom es útil para mi aprendizaje. 5. En general, estoy satisfecho/a con mi experiencia de aprendizaje utilizando Google Classroom.	Satisfacción y experiencia general
6. Tengo acceso constante a los dispositivos necesarios para participar en las actividades en línea. 7. La conectividad a Internet es suficiente para participar en las actividades en línea. 8. La plataforma Google Classroom es fácil de usar desde mi dispositivo.	Accesibilidad y tecnología
9. Las actividades interactivas fomentan la interacción entre los estudiantes. 10. Me siento motivado/a participar en discusiones y colaborar con mis compañeros. 11. La comunicación a través de Google Classroom es efectiva para resolver dudas y preguntas.	Interacción y colaboración
12. Las evaluaciones en línea en Google Classroom reflejan adecuadamente los temas del curso. 13. La retroalimentación recibida en las evaluaciones es clara y constructiva. 14. Las evaluaciones y actividades me ayudan a comprender mejor los conceptos del curso.	Evaluación y retroalimentación
15. La capacitación inicial proporcionada para el uso de Google Classroom fue suficiente. 16. Hubo suficiente soporte técnico disponible durante el uso de Google Classroom. 17. Me gustaría recibir más capacitación sobre características avanzadas de Google Classroom.	Capacitación y soporte
18. Todos los estudiantes tienen igualdad de oportunidades para participar en las actividades en línea. 19. La estrategia de aprendizaje ubicuo es adaptable a diferentes estilos de aprendizaje. 20. La plataforma Google Classroom es accesible para todos los estudiantes, independientemente de su situación socioeconómica.	Equidad y diversidad

Las preguntas de la 6 a la 8 se enfocan en la dimensión de la accesibilidad y la tecnología, que son pilares clave en la implementación del aprendizaje ubicuo. El objetivo es de evaluar el acceso constante a los dispositivos necesarios, la calidad de la conectividad a Internet y la facilidad de uso de Google Classroom desde diversos dispositivos electrónicos que permita identificar y abordar las barreras tecnológicas que los estudiantes pueden enfrentar. La capacidad de acceder a las actividades en línea sin problemas técnicos resulta esencial para la participación efectiva en el aprendizaje digital. Este ámbito es relevante porque garantiza que todos los

estudiantes, independientemente de sus circunstancias tecnológicas, puedan participar plenamente en el proceso educativo, lo cual es crucial para asegurar la equidad en el aprendizaje.

Las preguntas de la 9 a la 11 abordan la dimensión de la interacción y la colaboración entre estudiantes, componentes esenciales del aprendizaje ubicuo que fomentan un entorno educativo dinámico y participativo. El evaluar cómo las actividades interactivas en Google Classroom facilitan la participación y la colaboración permite medir la efectividad de la plataforma en la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo. La motivación para participar en discusiones y la efectividad de la comunicación en línea son aspectos que influyen directamente en la calidad del aprendizaje y en la capacidad de los estudiantes para trabajar juntos en proyectos. Este enfoque es relevante porque una colaboración efectiva no solo mejora la comprensión de los temas, sino que también promueve habilidades sociales cruciales en la virtualidad para el desarrollo académico y profesional.

Las preguntas de la 12 a la 14 abordan la dimensión de la evaluación y la retroalimentación, que son componentes críticos en el proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes comprender su progreso y áreas de mejora. El objetivo se dirige al análisis de las evaluaciones en línea en Google Classroom y si estas reflejan adecuadamente los temas del curso, si la retroalimentación recibida es clara y constructiva proporcionando información valiosa sobre la eficacia de la plataforma en la evaluación del aprendizaje. Las evaluaciones bien diseñadas y retroalimentación útil son fundamentales para el desarrollo académico, ya que ayudan a los estudiantes a comprender mejor los conceptos y a ajustar sus estrategias de aprendizaje. Este ámbito es relevante porque asegura que las prácticas de evaluación estén alineadas con los objetivos educativos y contribuyan a una mejora continua en el proceso educativo.

Las preguntas de la 15 a la 17 se centran en la capacitación y el soporte, aspectos esenciales para garantizar que tanto docentes como estudiantes puedan utilizar Google Classroom de manera efectiva. El objetivo es de evaluar la suficiencia de la capacitación inicial y el soporte técnico disponible que permite identificar áreas en las que se puede mejorar la formación y la asistencia técnica. Es fundamental proporcionar capacitación adecuada sobre las características avanzadas de la plataforma para maximizar su potencial en el proceso educativo. Este enfoque es relevante porque asegura que todos los participantes cuenten con las herramientas y conocimientos necesarios para utilizar Google Classroom de manera eficiente, contribuyendo así a una implementación exitosa del aprendizaje ubicuo y a una experiencia de participante positiva.

Las preguntas de la 18 a la 20 se enfocan en la dimensión de equidad y diversidad en el aprendizaje ubicuo, aspectos fundamentales para asegurar que todos los estudiantes tengan acceso igualitario a las oportunidades educativas. El objetivo es evaluar si todos los estudiantes tienen las mismas oportunidades para participar en actividades en línea, si la estrategia de aprendizaje es adaptable a diferentes estilos de aprendizaje, y si la plataforma es accesible independientemente de la situación socioeconómica, lo importante es promover un entorno educativo inclusivo. Este ámbito examina la capacidad de Google Classroom para adaptarse a diversas necesidades y garantizar que el aprendizaje sea accesible para todos. La relevancia de este enfoque radica en la promoción de una educación equitativa, brindando a todos los estudiantes las mismas oportunidades para tener éxito en su proceso de aprendizaje.

La incidencia que ejerce el docente utilizando las estrategias de aprendizaje ubicuo en el entorno educativo, en cualquier sitio y en cualquier instante, se muestra en la siguiente imagen de un modelo operativo (ver Figura 2).

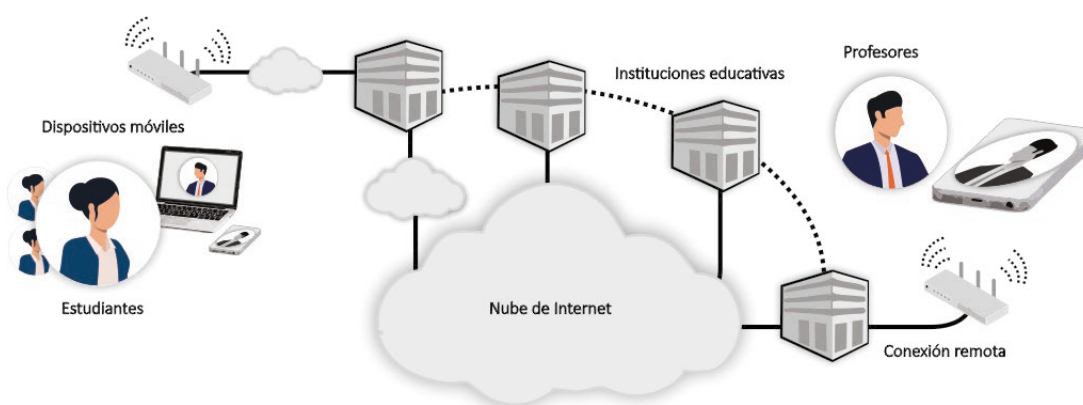


Figura 2. Modelo de aprendizaje ubicuo en los entornos educativos.

La Figura 2, ilustra el concepto de aprendizaje ubicuo, mostrando cómo la tecnología permite que el aprendizaje ocurra en cualquier instante y lugar a través de una red interconectada. En el centro se encuentra la “Nube de Internet”, que actúa como el eje central de la conectividad de red. En la parte izquierda de la imagen, se observan estudiantes utilizando dispositivos móviles como laptops y teléfonos inteligentes. Estos dispositivos sirven como puntos de acceso a la nube, permitiendo a los estudiantes conectarse a las instituciones educativas y acceder a recursos y contenidos educativos en línea. La flexibilidad que ofrecen estos dispositivos es fundamental para el aprendizaje ubicuo, ya que los estudiantes pueden aprender desde cualquier ubicación.

Las instituciones educativas están representadas en la parte superior de la imagen, conectadas entre sí y a la nube, así, se efectiviza la integración de diferentes instituciones en una red colaborativa, donde pueden compartir recursos, ofrecer cursos y programas en línea, y colaborar en proyectos educativos. Esta conectividad entre instituciones es esencial para proporcionar un entorno de aprendizaje enriquecido y diverso. A la derecha de la imagen, se muestra a los profesores que también están conectados a la nube mediante conexión remota, de esta manera los profesores pueden impartir clases, interactuar con los estudiantes, y proporcionar soporte educativo desde cualquier ubicación. La capacidad de los profesores para conectarse remotamente es un componente clave del aprendizaje ubicuo, ya que permite una mayor flexibilidad en la enseñanza y facilita la educación continua sin restricciones geográficas. Se destaca cómo la combinación de dispositivos móviles, la nube de Internet y la conexión remota de profesores e instituciones educativas crea un ecosistema de aprendizaje ubicuo. Este ecosistema permite que el aprendizaje se desarrolle de manera continua, personalizada y accesible para todos, eliminando las barreras tradicionales del tiempo y el espacio en la educación.

4. RESULTADOS

El análisis bibliométrico presenta el país con mayor incidencia en el uso de los aprendizajes ubicuos según el año de publicación, desde el 2020 hasta el 2023. Los datos muestran que la República Popular de China se destaca como el país con mayor presencia en este campo. La relevancia de este análisis es importante para poder comprender cómo se distribuye la investigación en el aprendizaje ubicuo a nivel mundial. La prominencia de China sugiere que es el líder en esta área (ver Figura 3).

La imagen correspondiente ilustra claramente la influencia de China en el desarrollo y la adopción de enfoques de aprendizaje ubicuo. Además, se observa una destacada colaboración internacional de China trabajando juntamente con países como Estados Unidos, Alemania y otros. La tendencia temporal muestra un aumento en la incidencia de publicaciones sobre aprendizajes ubicuos, reflejando un creciente interés en este ámbito de estudio. La prominencia de China es evidente, ya que su nodo en el gráfico es significativamente más grande y está más conectado que

el de otros países, consolidando su posición como líder en la investigación sobre aprendizaje ubicuo.

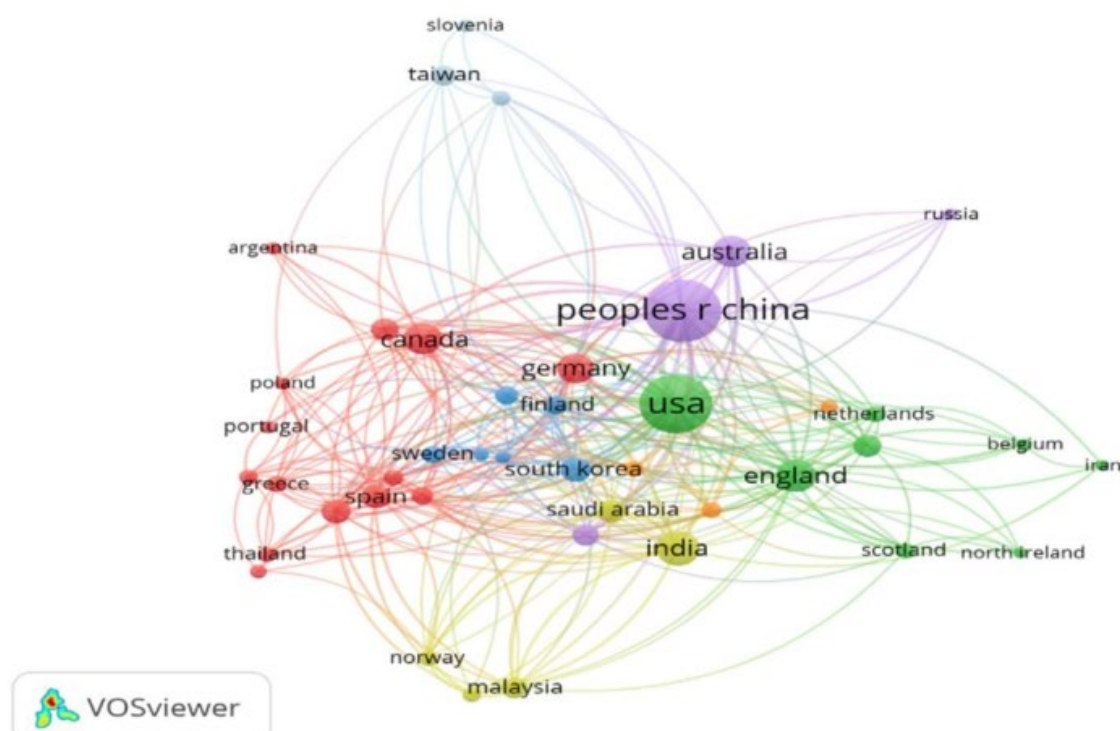


Figura 3. Modelo de aprendizaje ubicuo en los entornos educativos.

En la última década, las universidades han redoblado sus esfuerzos para actualizar sus métodos de aprendizaje ante el vertiginoso avance de la tecnología. Las instituciones de educación superior (IES) han enfrentado importantes desafíos en la modernización de sus enfoques de enseñanza y aprendizaje. La integración de tecnologías digitales (TD) ha sido una prioridad para estas instituciones, lo que implica la utilización de diversas herramientas, como videos, clases síncronas y asíncronas a través de videoconferencias, así como metodologías mixtas, todo con el fin de enriquecer la experiencia educativa. Las metodologías de enseñanza se han orientado a empoderar a los estudiantes, promoviendo un enfoque activo en su aprendizaje, así como el desarrollo del pensamiento crítico y habilidades para resolver problemas. Este enfoque busca fomentar una participación más activa y comprometida de los alumnos en su proceso educativo. Sin embargo, para los docentes, ha surgido el desafío de adquirir competencias digitales que les permitan crear materiales y contenidos adaptados a sus métodos de enseñanza.

La visualización de red proporcionada por VOSviewer revela un panorama detallado de las colaboraciones de investigación entre varias instituciones académicas. A través de esta representación gráfica, es evidente que la colaboración internacional y la producción científica conjunta son factores clave que impulsan el avance del conocimiento en diversas disciplinas (ver Figura 4).

En el centro de la red, se destaca significativamente la Dalian University of Technology y la Chinese Academy of Sciences. Estas instituciones no solo tienen un gran tamaño, reflejado en los nodos, sino también múltiples conexiones con otras universidades, lo que indica su papel central en la red de colaboración científica. Estas entidades parecen actuar como núcleos de intercambio de conocimiento, facilitando el flujo de información y la colaboración entre diferentes actores académicos. La Nanyang Technological University y el Beijing Institute of Technology también

son nodos destacados, subrayando la importancia de estas instituciones en la producción de investigaciones conjuntas, especialmente dentro de Asia.

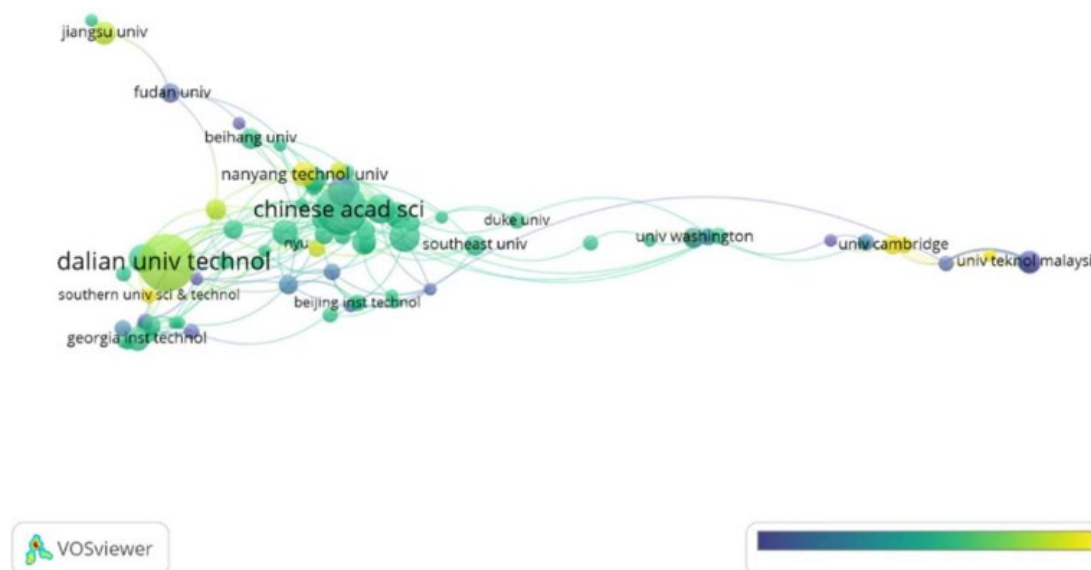


Figura 4. Principales universidades que aplican el aprendizaje ubicuo.

La red muestra una fuerte concentración de instituciones asiáticas, como se observa en el lado izquierdo de la imagen. Universidades como la Fudan University y la Jiangsu University están estrechamente vinculadas con otras entidades chinas, sugiriendo un alto grado de colaboración dentro de la región. Este patrón refleja no solo la capacidad de producción científica de China, sino también sus esfuerzos por fomentar colaboraciones internas que potencien la calidad y el impacto de sus investigaciones.

Por otro lado, la visualización también incluye instituciones occidentales destacadas, como la University of Washington y la University of Cambridge, situadas hacia el lado derecho de la red. Estas universidades muestran conexiones más delgadas y menos densas con el núcleo asiático, lo que podría sugerir un nivel de colaboración internacional que, aunque significativo, es menos frecuente que las colaboraciones dentro de las regiones. La presencia de la Universiti Teknologi Malaysia en una posición relativamente central sugiere un papel intermediario, facilitando la conexión entre las instituciones asiáticas y las occidentales.

El gradiente de color que varía de azul a amarillo en los nodos puede interpretarse como una representación temporal de las colaboraciones, donde los colores más fríos indican relaciones más antiguas y los colores más cálidos representan colaboraciones más recientes. Este aspecto de la visualización sugiere que las instituciones en la parte derecha, como la University of Cambridge, han incrementado su colaboración internacional en tiempos más recientes.

Finalmente, se puede interpretar como una demostración de cómo las instituciones asiáticas, especialmente en China, emergen como núcleos vitales en la red de colaboración científica. En contraste, las universidades occidentales mantienen conexiones significativas, pero más dispersas. Este análisis destaca la importancia de la colaboración interinstitucional en la producción de conocimiento científico y subraya las tendencias geográficas y temporales en las investigaciones conjuntas.

En cambio, los resultados porcentuales de las veinte preguntas, de acuerdo con sus dimensiones utilizadas en la encuesta, se presentan en la Figura 5.

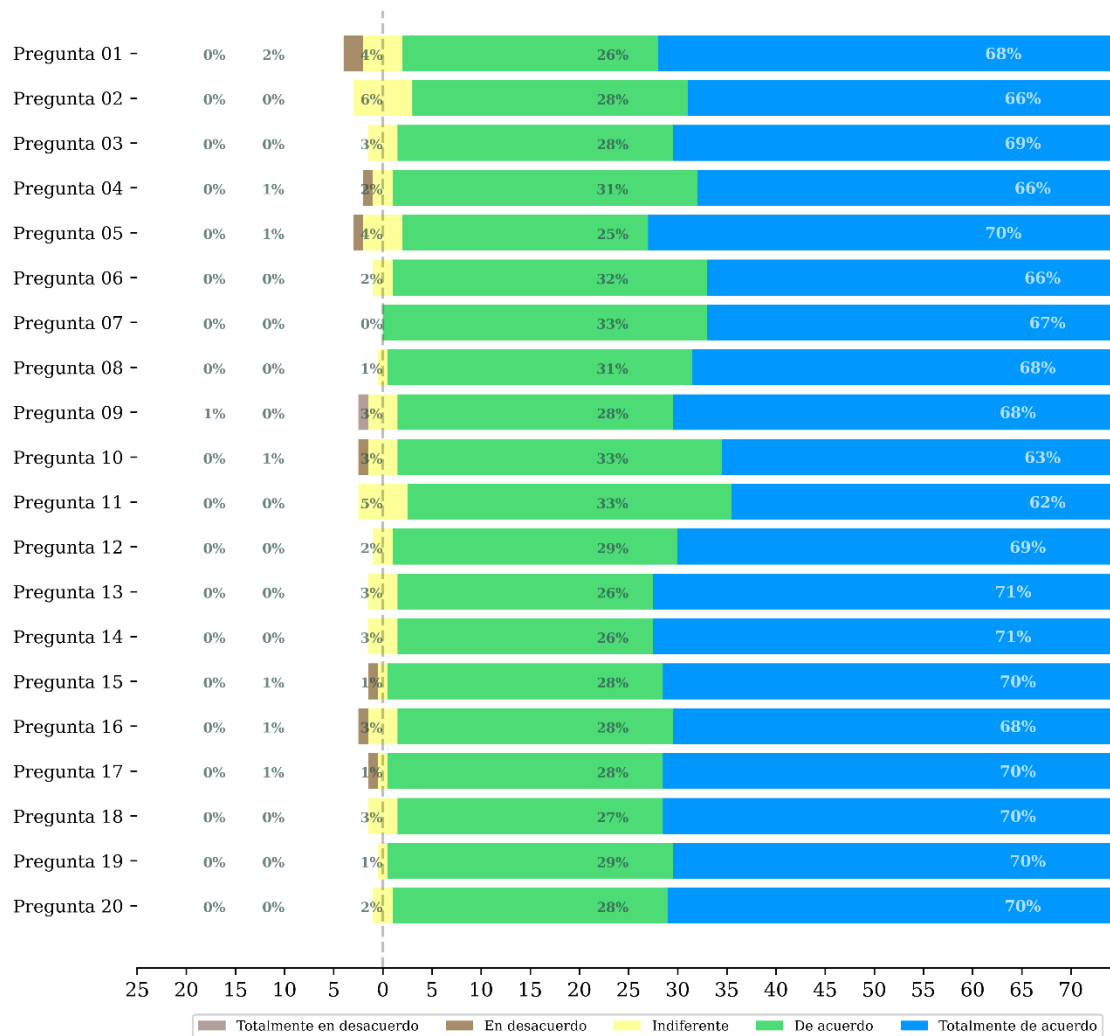


Figura 5. Resultados en porcentajes de las 20 preguntas de la encuesta realizada.

Se observa un elevado porcentaje de respuestas positivas en cada una de las preguntas, con un promedio general del 68,1 %. A continuación, se presentan los resultados desglosados por ámbito.

En particular, para el ámbito de “Satisfacción y experiencia general”, que abarca las preguntas 1 a 5, los resultados en porcentajes se detallan a continuación en la Figura 6.

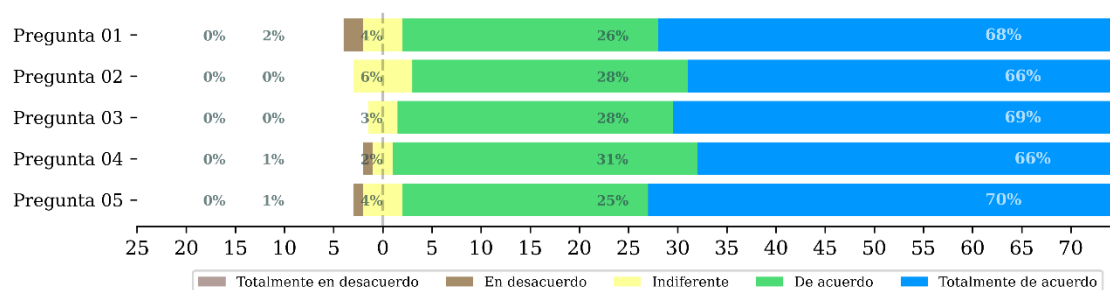


Figura 6. Resultados en porcentajes de las preguntas 1 a 5 correspondiente al ámbito de “Satisfacción y experiencia general”.

En la pregunta 1, el 68 % de los participantes están totalmente de acuerdo, el 26 % están de acuerdo, el 4 % es indiferente y el 2 % en desacuerdo. La mayoría de los participantes (68 %) están “Totalmente de acuerdo” con la afirmación de que Google Classroom facilita el acceso a los materiales del curso. Es decir, existe una percepción muy positiva de la plataforma en términos de accesibilidad a los recursos.

En la pregunta 2, el 66 % de los participantes están totalmente de acuerdo, el 28 % están de acuerdo y el 6 % es indiferente. Un 66 % de los encuestados están “Totalmente de acuerdo” con que la organización de la información en Google Classroom es clara y efectiva. Es decir, los resultados evidencian que los participantes valoran positivamente la estructura de la plataforma.

En la pregunta 3, el 69 % de los participantes están totalmente de acuerdo, el 28 % están de acuerdo y el 3 % es indiferente. Con un 69 % de participantes “Totalmente de acuerdo”, hay una alta valoración sobre cómo las actividades interactivas fomentan la participación. Este alto porcentaje muestra que las características interactivas utilizadas en la propuesta de aprendizaje ubicuo son bien recibidas y efectivas en promover la participación.

En la pregunta 4, el 66 % de los participantes están totalmente de acuerdo, el 31 % están de acuerdo, el 2 % es indiferente y el 1 % en desacuerdo. Un 66 % de los encuestados están “Totalmente de acuerdo” con que la retroalimentación es útil para su aprendizaje. Esto evidencia una percepción positiva hacia la retroalimentación proporcionada por los profesores en la plataforma, y que es crucial para el desarrollo académico.

En la pregunta 5, el 70 % de los participantes están totalmente de acuerdo, el 25 % están de acuerdo, el 4 % es indiferente y el 1 % en desacuerdo. Con un 70 % de los participantes “Totalmente de acuerdo”, hay un alto nivel de satisfacción general con la experiencia de aprendizaje ubicuo desarrollado con el soporte de Google Classroom. Esto sugiere que la plataforma cumple ampliamente con las expectativas de los participantes y los objetivos de la actividad de aprendizaje planificado.

El análisis de las preguntas del 1 al 5 revela una percepción mayoritariamente positiva hacia Google Classroom. Los encuestados tienden a estar muy satisfechos con la facilidad de acceso a los materiales, la claridad en la organización de la información, las actividades interactivas, la retroalimentación proporcionada, y la experiencia general de aprendizaje. Los porcentajes altos en las categorías de “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” reflejan una aceptación generalizada de las funcionalidades y características de la plataforma en la propuesta de aprendizaje planificada.

Para el ámbito de “Accesibilidad y Tecnología”, correspondiente a las preguntas 6 a 8 se obtienen los siguientes resultados (ver Figura 7).

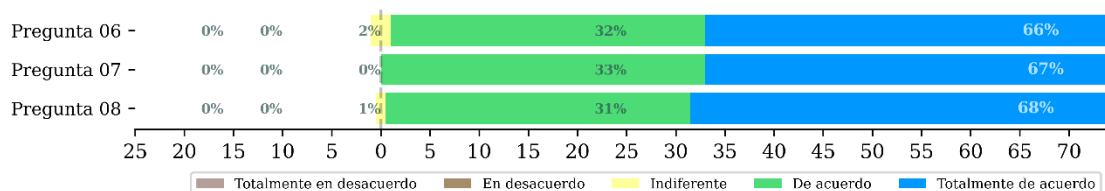


Figura 7. Resultados en porcentajes de las preguntas 6 a 8 correspondiente al ámbito de “Accesibilidad y Tecnología”.

Los resultados de la pregunta 6 muestran un panorama positivo. El 66 % de los encuestados se encuentra “Totalmente de acuerdo” con la afirmación de que tienen acceso constante a los dispositivos necesarios. Esto sugiere que, para los encuestados, el acceso a los dispositivos no representa un obstáculo para su participación en las actividades en línea. Adicionalmente, un 32 % está “De acuerdo”, lo que indica que también tienen acceso adecuado. Solo un 2 % se muestra

“Indiferente”, lo que refleja una falta de claridad o una experiencia neutral respecto al acceso a los dispositivos. La ausencia total de respuestas en las categorías “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo” es notable y resalta que los problemas relacionados con el acceso a los dispositivos son prácticamente inexistentes entre los encuestados. En este ámbito, los resultados demuestran que la disponibilidad de dispositivos no es una barrera significativa para los participantes.

Para la pregunta 7, enfocada a la evaluación de la conectividad a Internet también es muy positiva. Un 67 % de los encuestados está “Totalmente de acuerdo” con la afirmación, indicando que consideran la conectividad a Internet como adecuada para sus necesidades en actividades en línea. Este nivel sugiere que la infraestructura de Internet en su entorno cumple con las expectativas para la participación en línea. Además, un 33 % está “De acuerdo”, lo que refuerza la percepción general de que la conectividad no es un problema importante. La ausencia de respuestas en las categorías “Indiferente”, “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo” es especialmente relevante, ya que indica que no hay una percepción generalizada de problemas con la conectividad a Internet. Los datos sugieren que los encuestados experimentan una conectividad a Internet que les permite participar sin inconvenientes en las actividades en línea.

Para la pregunta 8, enfocada a la facilidad de uso de Google Classroom, es percibida de manera muy positiva por los encuestados. Un 68 % afirma estar “Totalmente de acuerdo” con la afirmación de que la plataforma es fácil de usar desde sus dispositivos. Esto sugiere que la mayoría de los encuestados encuentra la plataforma accesible y funcional, facilitando su interacción y participación en el entorno digital. Otro 31 % está “De acuerdo”, lo que también señala una percepción favorable. Solo un 1 % se muestra “Indiferente”, lo que podría reflejar una experiencia neutra o un nivel de interés bajo en la usabilidad de la plataforma. La completa ausencia de respuestas en las categorías “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo” es un indicador importante de que no existen problemas significativos con la facilidad de uso de Google Classroom. En conjunto, estos resultados destacan que la mayoría de los participantes encuentra la plataforma intuitiva y sencilla de manejar, lo que contribuye a una experiencia positiva en el uso de esta herramienta educativa.

Se analiza que la disponibilidad de dispositivos, la conectividad a Internet y la facilidad de uso de la plataforma Google Classroom son aspectos que, en general, no representan barreras significativas para la participación en actividades en línea.

Para el ámbito de “Interacción y Colaboración”, correspondiente a las preguntas 9 a 11 se obtienen los siguientes resultados en la Figura 8.

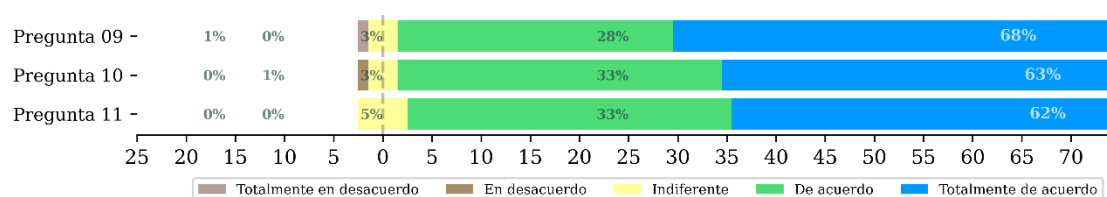


Figura 8. Resultados en porcentajes de las preguntas 9 a 11 correspondiente al ámbito de “Interacción y Colaboración”.

En la pregunta 9, que evalúa si las actividades interactivas fomentan la interacción entre los estudiantes, un 68 % de los participantes están totalmente de acuerdo. Este porcentaje sugiere que los estudiantes valoran enormemente las actividades interactivas como una herramienta eficaz para promover la comunicación y el trabajo en equipo. Solo un 1 % se muestra totalmente en desacuerdo, y no hay respuestas en desacuerdo, lo que indica que la visión negativa sobre la efectividad de estas actividades es muy rara.

En la pregunta 10, que se relaciona a la motivación para participar en discusiones y colaborar con los compañeros, la mayoría de los encuestados también muestra una actitud positiva. Un 63 %

se siente completamente motivado a participar en discusiones y colaborar, lo cual es un buen indicio de que los estudiantes se sienten comprometidos y dispuestos a involucrarse en el proceso educativo. Las respuestas en desacuerdo son mínimas, con solo un 1 % de los participantes expresando desacuerdo, lo que refleja una falta de motivación es muy poco común.

En la pregunta 11, con respecto a la efectividad de Google Classroom para ser utilizado como un espacio para resolver dudas y preguntas, un 62 % de los estudiantes está totalmente de acuerdo en que esta herramienta de comunicación es eficaz. Esto sugiere que Google Classroom cumple bien su función en facilitar un espacio para la comunicación y resolver inquietudes. Sin embargo, un 5 % de los encuestados se muestra indiferente, lo que podría indicar que algunos estudiantes no usan la plataforma con regularidad, no la encuentran tan útil como otros o valoran otras plataformas o medios al compararla con la utilizada. A pesar de esto, la ausencia de respuestas en desacuerdo o totalmente en desacuerdo refuerza la idea de que la mayoría considera la herramienta eficaz para sus necesidades.

Los resultados demuestran que los estudiantes valoran positivamente las actividades interactivas y la colaboración, y consideran que las herramientas de comunicación como Google Classroom son efectivas. La prevalencia de respuestas positivas en este ámbito indica una experiencia general bastante satisfactoria en términos de interacción y colaboración en el entorno educativo.

Para el ámbito de “Evaluación y Retroalimentación”, correspondiente a las preguntas 12 a 14 se obtienen los siguientes resultados en la Figura 9.

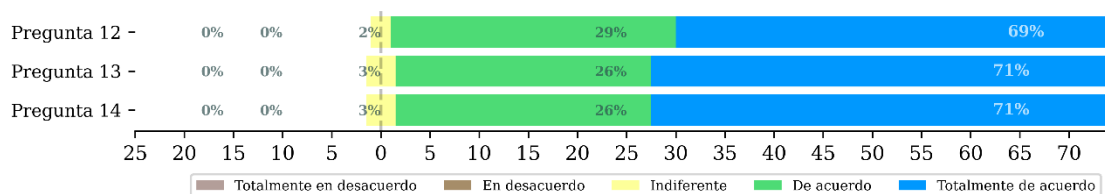


Figura 9. Resultados en porcentajes de las preguntas 12 a 14 correspondiente al ámbito de “Evaluación y Retroalimentación”.

Para la pregunta 12, sobre si las evaluaciones en Google Classroom reflejan adecuadamente los temas del curso, el 69 % de los encuestados está completamente de acuerdo con esta afirmación. Seguido de un 29 % de estar de acuerdo. Es decir, un 98 % en total de los participantes están de acuerdo. Esto indica que la mayoría considera que las evaluaciones están bien alineadas con el contenido del curso, lo cual es importante conocer para asegurar que a los estudiantes se les evalúe de manera justa y pertinente respecto a lo que han aprendido. Solo un 2 % se mostró indiferente, y ningún encuestado expresó estar en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con esta afirmación, lo que refuerza la idea de que las evaluaciones en línea son vistas como una herramienta efectiva para medir los conocimientos adquiridos.

Para la pregunta 13, en cuanto a la claridad y lo constructivo de la retroalimentación recibida en las evaluaciones, el 71 % de los participantes están totalmente de acuerdo en que esta retroalimentación es clara y útil. Seguido de un 26 % de estar de acuerdo. Es decir, un 97 % en total de los participantes están de acuerdo. Esto sugiere que los estudiantes encuentran que la retroalimentación proporcionada es comprensible y facilita el proceso de mejora continua. Nuevamente, solo un 3 % de los encuestados se mostró indiferente, mientras que ningún estudiante expresó desacuerdo, lo cual subraya la eficacia de la retroalimentación en mejorar la comprensión y el rendimiento de los estudiantes.

Para la pregunta 14, en relación con si las evaluaciones y actividades ayudan a los estudiantes a comprender mejor los conceptos del curso, el 71 % está totalmente de acuerdo. Seguido de un 26 % de estar de acuerdo. Es decir, un 97 % en total de los participantes están de acuerdo. Este

alto porcentaje indica que los estudiantes sienten que las evaluaciones y actividades son efectivas en la consolidación de su comprensión del material del curso. Al igual que en las preguntas anteriores de este ámbito, un pequeño 3 % se mostró indiferente, sin que hubiera respuestas en desacuerdo, lo que sugiere una sólida percepción positiva respecto a la utilidad de estas evaluaciones y actividades.

Los resultados en este ámbito indican que los estudiantes valoran positivamente las evaluaciones en línea, la claridad de la retroalimentación recibida y la efectividad de las actividades en la comprensión de los conceptos del curso. La consistencia en las respuestas positivas y la falta de desacuerdo en estas áreas destacan un entorno de evaluación y retroalimentación en línea que es percibido como efectivo y constructivo por la mayoría de los participantes.

Para el ámbito de “Capacitación y Soporte”, correspondiente a las preguntas 15 a 17 se obtienen los siguientes resultados en la Figura 10.

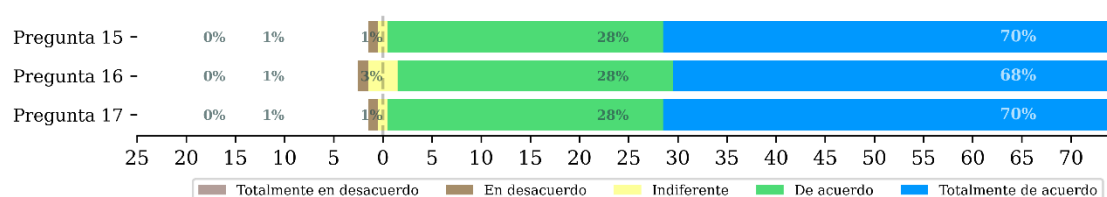


Figura 10. Resultados en porcentajes de las preguntas 15 a 17 correspondiente al ámbito de “Capacitación y Soporte”.

La pregunta 15, sobre si la capacitación inicial proporcionada para el uso de Google Classroom fue suficiente, un 70 % de los encuestados están totalmente de acuerdo con que esta capacitación fue adecuada. Este alto porcentaje sugiere que la mayoría de los participantes consideran que la formación inicial les permitió utilizar la plataforma de manera efectiva desde el principio. Sin embargo, un 1 % se mostró en desacuerdo y otro 1 % se declaró indiferente, lo que podría señalar que, para esta proporción de participantes, la capacitación inicial no fue completamente satisfactoria.

La pregunta 16, respecto al soporte técnico disponible durante el uso de Google Classroom, el 68 % de los encuestados opinan que el soporte fue suficiente. Aunque la mayoría percibe que el soporte técnico cumplió con sus necesidades, hay un 3 % que se mostró indiferente y un 1 % que considera que el soporte no fue adecuado. Esto sugiere que, mientras que el soporte técnico es generalmente visto como adecuado, podría haber oportunidades para mejorar esta área, especialmente para aquellos que han experimentado dificultades.

La pregunta 17, en relación con la necesidad de recibir más capacitación sobre características avanzadas de Google Classroom, un 70 % de los participantes expresan interés en recibir formación adicional. Este alto porcentaje indica una demanda significativa por una comprensión más profunda de las funcionalidades avanzadas de la plataforma, lo que puede ser interesante conocer para mejorar la experiencia del participante y aprovechar al máximo las herramientas disponibles. Un 1 % se mostró en desacuerdo con esta necesidad y otro 1 % se declaró indiferente, sugiriendo que, para este grupo de encuestados, la capacitación adicional no es prioritaria.

Aunque la capacitación inicial y el soporte técnico son en su mayoría bien valorados, existe un interés considerable en recibir formación adicional sobre características avanzadas de Google Classroom. Estos resultados indican que, mientras la mayoría de los participantes están satisfechos con los recursos actuales, también hay una clara demanda de apoyo y capacitación más detallada, lo que podría contribuir a una mejora general en la experiencia de uso de la plataforma.

Para el ámbito de “Equidad y Diversidad”, correspondiente a las preguntas 18 a 20 se obtienen los siguientes resultados en la Figura 11.

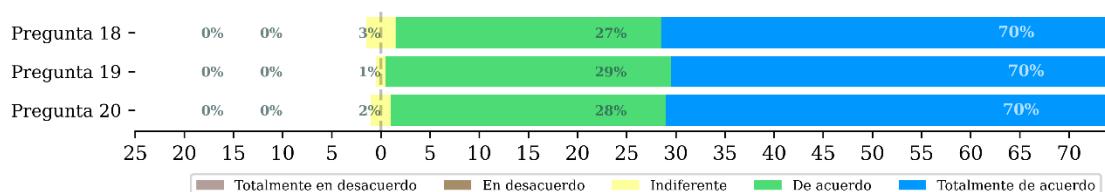


Figura 11. Resultados en porcentajes de las preguntas 18 a 20 correspondiente al ámbito de “Equidad y Diversidad”.

Para la pregunta 18, sobre si todos los estudiantes tienen igualdad de oportunidades para participar en las actividades en línea, el 70 % de los encuestados están totalmente de acuerdo en que la plataforma ofrece igualdad de oportunidades. Este elevado porcentaje sugiere que la mayoría de los usuarios considera que Google Classroom proporciona un entorno equitativo para la participación de todos los estudiantes. Sin embargo, un 3 % se mostró indiferente, lo que podría indicar preocupaciones o percepciones mixtas sobre la equidad en la participación que merecen una exploración más profunda.

Para la pregunta 19, en relación con la adaptabilidad de la estrategia de aprendizaje ubicuo a diferentes estilos de aprendizaje, un 70 % de los participantes también están totalmente de acuerdo en que la estrategia es adecuada para diversos estilos de aprendizaje. Esto sugiere que la plataforma se percibe como flexible y capaz de adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, un 1 % de los encuestados se mostró indiferente, lo que podría indicar que algunos usuarios no perciben esta adaptabilidad o que encuentran limitaciones en la implementación de estrategias personalizadas.

Para la pregunta 20, respecto a la accesibilidad de Google Classroom para todos los estudiantes, independientemente de su situación socioeconómica, el 70 % de los encuestados creen que la plataforma es accesible. Este resultado indica una percepción general positiva sobre la accesibilidad de la herramienta, aunque un 2 % se mostró indiferente, sugiriendo que puede haber preocupaciones o barreras no del todo visibles para algunos estudiantes. Estos datos reflejan una percepción favorable de la plataforma en cuanto a su capacidad para superar barreras socioeconómicas, pero también destacan la necesidad de seguir monitoreando y mejorando la accesibilidad para asegurar que no haya dificultades persistentes para ciertos grupos de estudiantes.

Aunque la mayoría de los encuestados valoran positivamente la igualdad de oportunidades, la adaptabilidad a diferentes estilos de aprendizaje y la accesibilidad de Google Classroom, hay indicios de que una proporción de participantes puede tener experiencias diferentes o preocupaciones específicas. Estos resultados subrayan la importancia de continuar evaluando y ajustando la plataforma para asegurar que cumple efectivamente con los principios de equidad y diversidad en el entorno educativo.

A partir de estos resultados, se definen las estrategias de aprendizaje ubicuo en entornos educativos de enseñanza media utilizando Google Classroom, con esto se pueden diseñar prácticas efectivas que integren la tecnología de manera coherente y accesible. A continuación, en la Tabla 2 se detallan las estrategias basadas en las dimensiones evaluadas.

Tabla 2. Descripción de las estrategias de aprendizaje ubicuo de acuerdo con las dimensiones de estudio.

Dimensión	Objetivo	Estrategias	Descripción
Satisfacción y experiencia general	Mejorar la experiencia de aprendizaje y maximizar la satisfacción del usuario.	Optimización del diseño del curso	Asegurar el contenido en Google Classroom, que esté bien organizado y sea fácilmente accesible. Usar de carpetas y etiquetas claras para diferentes tipos de materiales (lecciones, tareas, pruebas).
		Actividades interactivas	Incorporar actividades interactivas como cuestionarios en línea, foros de discusión y tareas grupales que incentiven la participación de los estudiantes.
		Retroalimentación efectiva	Proporcionar retroalimentación constructiva y oportuna en las actividades y evaluaciones. Usar comentarios específicos y sugerencias para mejorar el desempeño.
Accesibilidad y tecnología	Asegurar el acceso total de los estudiantes y el uso de la plataforma sin problemas.	Acceso y equipamiento	Verificar que todos los estudiantes tengan acceso a dispositivos adecuados y a una conexión de Internet estable. Considerar la posibilidad de proporcionar apoyo para quienes necesiten dispositivos o acceso adicional.
		Facilidad de uso	Diseñar el contenido y las actividades para que sean fáciles de navegar en Google Classroom. Utilizar herramientas y funciones que sean intuitivas y proporciona instrucciones claras para su uso.
Interacción y colaboración	Fomentar una mayor interacción y colaboración entre los estudiantes.	Actividades colaborativas	Implementar actividades grupales y proyectos colaborativos donde los estudiantes puedan trabajar juntos y compartir conocimientos.
		Foros de discusión	Crear espacios de discusión en Google Classroom donde los estudiantes puedan plantear dudas, compartir ideas y colaborar en tiempo real.
		Comunicación abierta	Facilitar canales de comunicación efectivos (chats, mensajes directos) para que los estudiantes puedan resolver dudas y obtener apoyo rápidamente.

Evaluación y retroalimentación	Mejorar la eficacia de las evaluaciones y la calidad de la retroalimentación.	Evaluaciones claras	Asegurar las evaluaciones en línea, alineadas con los temas y objetivos del curso. Utilizar rubricas claras para evaluar el desempeño.
		Retroalimentación constructiva	Proporcionar retroalimentación detallada y constructiva en las evaluaciones para ayudar a los estudiantes a entender sus errores y áreas de mejora.
		Revisión de contenidos	Revisar y ajustar las evaluaciones y actividades regularmente basados en la retroalimentación recibida por los estudiantes o a partir de los resultados de aprendizaje para mejorar la comprensión de los conceptos.
Capacitación y soporte	Garantizar que tanto estudiantes como docentes estén capacitados y cuenten con soporte adecuado.	Capacitación inicial	Ofrecer sesiones de capacitación inicial para estudiantes y docentes sobre el uso de Google Classroom, incluyendo características básicas y avanzadas y las posibles estrategias de aprendizaje ubicuo.
		Soporte técnico	Proporcionar soporte técnico continuo para resolver problemas que los usuarios puedan encontrar. Asegurar recursos disponibles para la resolución de problemas.
		Capacitación continua	Ofrecer oportunidades para capacitación continua y actualización sobre nuevas funciones y mejores prácticas.
Equidad y diversidad	Asegurar la estrategia de aprendizaje inclusiva y adaptable a diferentes necesidades.	Adaptabilidad	Diseñar actividades y recursos que puedan adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje. Ofrecer materiales en diversos formatos (texto, video, audio) para atender a diversas preferencias.
		Igualdad de Oportunidades	Asegurar un igual acceso de los estudiantes en su totalidad a los materiales y actividades en línea. Proporcionar apoyo adicional para aquellos que puedan tener dificultades debido a barreras tecnológicas o socioeconómicas.
		Inclusividad	Diseñar la plataforma y las actividades para que sean accesibles a estudiantes con diversas necesidades y habilidades, garantizando que la tecnología no sea un obstáculo para el aprendizaje.

5. DISCUSIÓN

La implementación de herramientas didácticas digitales, como plataformas de aprendizaje en línea y aplicaciones que integran nuevas tecnologías, ha transformado las prácticas educativas. El concepto de aprendizaje ubicuo, que facilita el acceso a contenidos educativos personalizados a través de dispositivos móviles, ha cobrado especial relevancia. Al permitir a los estudiantes aprender a su propio ritmo y en cualquier ubicación, se promueve un mayor compromiso y autonomía. Además, las herramientas de colaboración en línea fomentan el trabajo en equipo y el desarrollo de habilidades sociales.

En este trabajo, Google Classroom se presenta como una herramienta ideal para promover el aprendizaje ubicuo en entornos educativos de enseñanza media. Al permitir la creación de aulas virtuales y la distribución de materiales en línea, esta plataforma ofrece a los estudiantes la flexibilidad de acceder a los contenidos educativos en cualquier instante y lugar. Además, al ser una herramienta gratuita y fácil de usar, reduce significativamente los costos asociados a la implementación de soluciones educativas digitales, democratizando así el acceso a una educación de calidad. Además, facilita la personalización del aprendizaje, al permitir a los docentes crear recorridos de aprendizaje y rutas educativas adaptadas a las necesidades individuales de cada estudiante. Asimismo, fomenta la colaboración entre estudiantes a través de herramientas como los foros de discusión y los proyectos colaborativos. De esta manera, se promueve un ambiente de aprendizaje activo y dinámico.

La integración de herramientas educativas como Google Classroom en las instituciones educativas ha logrado permitir una facilidad de acceso a la información en la modalidad presencial. Las ventajas al utilizar Google Classroom permite además a los estudiantes tener mayor accesibilidad al material propuesto por el docente. Establecer un repositorio en la nube para acceso mediante hipervínculos con otras herramientas y páginas web. Se permite de esta manera probar nuestra estrategia de acceso, la aplicación de estrategias de aprendizaje ubicuo, así como afrontar e implementar nuevas tecnologías por una adaptación rápida según la época y a las exigencias de conocimientos tecnológicos. La desventaja que se tendría es de no contar con conexión a internet desde cualquier punto en el que se encuentre el estudiante o docente, ya que tanto los docentes hacen un seguimiento, correcciones y retroalimentaciones según se requieran, y a la vez los estudiantes deben poder tener la facilidad de conectarse a la red de internet, para revisar las actividades, subir las tareas, descargar material de apoyo entre otros.

El modelo de aprendizaje ubicuo puede implementarse en la enseñanza media, así como en la enseñanza básica y superior ya que su adaptabilidad se consigue con capacitaciones a los docentes y al alumnado para un excelente aprovechamiento de las herramientas tecnológicas. De esta manera se logra una aplicabilidad de nuevos software y hardware según lo requiera el avance tecnológico con el pasar del tiempo. Un docente bien capacitado en TIC y alumnos con experiencia en prácticas informáticas podrían ser la fusión exacta y perfecta para mejorar el modo de aprendizaje y así podrán las nuevas generaciones gozar de mejores herramientas tecnológicas y por qué no también se podrían crear nuevos entornos educativos virtuales como por ejemplo educación asistida con la ayuda de la inteligencia artificial y la virtualidad 3D.

6. CONCLUSIONES

El aprendizaje ubicuo representa una estrategia efectiva para potenciar la educación en la enseñanza media, siempre que se integren de manera armoniosa diversos factores clave, como la capacitación en TIC de docentes y estudiantes, el desarrollo de técnicas de aprendizaje autónomo, la implementación de estrategias colaborativas en entornos virtuales y una retroalimentación continua para monitorear la motivación y el interés estudiantil. Este estudio analizó el impacto de Google Classroom en la enseñanza media, destacando su capacidad para complementar la educación presencial y ofrecer nuevas oportunidades de aprendizaje digital.

Los hallazgos evidencian que los estudiantes recurren de manera constante a dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras portátiles, para acceder a su entorno virtual en cualquier momento y lugar. En este contexto, la incorporación de Google Classroom optimiza las estrategias de aprendizaje ubicuo, permitiendo a instituciones con distintos niveles de recursos modernizar sus métodos de enseñanza y adaptarse a la evolución tecnológica.

Además, la enseñanza ubicua proporciona herramientas que favorecen el aprendizaje autodirigido, brindando a los estudiantes acceso inmediato a la información y promoviendo su autonomía en la construcción del conocimiento. Google Classroom, al ser una plataforma gratuita y ampliamente utilizada, facilita la interacción entre docentes y estudiantes, promoviendo un aprendizaje dinámico, colaborativo y accesible para diversas instituciones educativas.

Este estudio resalta la importancia del aprendizaje ubicuo en estudiantes de enseñanza media con acceso a internet y afinidad por la tecnología. Su familiaridad con dispositivos electrónicos y entornos digitales favorece su desempeño académico, y también amplía sus oportunidades de inserción en un mercado laboral cada vez más digitalizado.

Finalmente, los resultados de esta investigación abren la puerta a futuras exploraciones sobre el impacto de herramientas digitales en el aprendizaje, con el objetivo de desarrollar estrategias pedagógicas más efectivas y adaptadas a las necesidades de las nuevas generaciones.

AGRADECIMIENTOS: Se extiende el agradecimiento a la maestría en TIC de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, por el seguimiento a esta propuesta. A la escuela particular de idiomas “*Aprende alemán jugando*” (AAJ) y a sus profesores y estudiantes por su participación en este estudio.

REFERENCIAS

- [1] R. Khlem, S. Kannappan, and P. Choudhury, “Coronavirus disease-2019: Challenges, opportunities, and benefits in India”, *JOURNAL OF EDUCATION AND HEALTH PROMOTION*, vol. 11, no. 1, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1397_21
- [2] F. Jin, Z. Song, W. M. Cheung, C.-H. Lin, and T. Liu, “Technological affordances in teachers’ online professional learning communities: A systematic review”, *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 40, no. 3, pp. 1019–1039, dec. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/jcal.12935>
- [3] N. F. Alias, and R. A. Razak, “Revolutionizing learning in the digital age: a systematic literature review of microlearning strategies”, *Interactive Learning Environments*, vol. 33, no. 1, pp. 1–21, apr. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2331638>
- [4] A. Peramunugamage, U. W. Ratnayake, and S. P. Karunanayaka, “Systematic review on mobile collaborative learning for engineering education”, *Journal of Computers in Education*, vol. 10, no. 1, pp. 83–106, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00223-1>
- [5] Á. Flores Ortiz y A. García Martínezi, “Sistema de aprendizaje ubicuo en ambientes virtuales”, *Rev. Cubana Edu. Superior*, vol. 36, no. 2, pp. 27–37, may. 2017. [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v36n2/rces03217.pdf>
- [6] L. A. Cárdenas-Robledo y A. Peña-Ayala, “Ubiquitous learning: A systematic review”, *Telematics and Informatics*, vol. 35, no. 5, pp. 1097–1132, aug. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.01.009>

- [7] S. A. Aljawarneh, "Reviewing and exploring innovative ubiquitous learning tools in higher education", *Journal of Computing in Higher Education*, vol. 32, no. 1, pp. 57–73, feb. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s12528-019-09207-0>
- [8] J. A. Kumar, B. Bervell, and S. Osman, "Google classroom: insights from Malaysian higher education students' and instructors' experiences", *Education and Information Technologies*, vol. 25, no. 5, pp. 4175–4195, mar. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10163-x>
- [9] J. Rivadeneira, and E. Inga, "Interactive Peer Instruction Method Applied to Classroom Environments Considering a Learning Engineering Approach to Innovate the Teaching–Learning Process", *Education Sciences*, vol. 13, no. 3, pp. 301, mar. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci13030301>.
- [10] J. Llerena-Izquierdo, and A. Valverde-Macias, "Google Classroom as a Blended Learning and M-learning Strategy for Training Representatives of the Student Federation of the Salesian Polytechnic University (Guayaquil, Ecuador)", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1273 AISC, pp. 391–401, jul. 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-59194-6_32
- [11] M. Isanoa-Sinche, and J. Llerena-Izquierdo, "Towards a Meaningful Experience on the Use of Digital Educational Resources and Media created at Ardora", in *2023 IEEE Seventh Ecuador Technical Chapters Meeting (ECTM)*, 2023, pp. 1–5, nov. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ETCM58927.2023.10308988>
- [12] R. López-Chila, J. Llerena-Izquierdo, N. Sumba-Nacipucha, and J. Cueva-Estrada, "Artificial Intelligence in Higher Education: An Analysis of Existing Bibliometrics", *Education Sciences*, vol. 14, no. 1, dec. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14010047>
- [13] G. M. Ramírez Villegas, C. A. Collazos, and J. Díaz, "A Model to Measure U-Learning in Virtual Higher Education: U-CLX", *Applied Sciences*, vol. 13, no. 2, jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app13021091>
- [14] A. Valverde-Macias, and J. Llerena-Izquierdo, "Google Classroom as a Mobile and Blended Learning Strategy for Salesian Groups Training", in *Communication, Smart Technologies and Innovation for Society*, Á. Rocha, P. C. López-López, and J. P. Salgado-Guerrero, Eds., Singapore: Springer Singapore, 2022, pp. 97–106, sep. 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_10
- [15] H. El-Sofany, and S. El-Seould, "Implementing Effective Learning with Ubiquitous Learning Technology During Coronavirus Pandemic", *Computer Systems Science and Engineering*, vol. 40, no. 1, pp. 389–404, aug. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32604/csse.2022.018619>
- [16] M. S. Tabares, P. Vallejo, A. Montoya, and D. Correa, "A feedback model applied in a ubiquitous microlearning environment using SECA rules", *Journal of Computing in Higher Education*, vol. 34, no. 2, pp. 462–488, feb. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09306-x>
- [17] G. A. Moreno López, D. Burgos, and J. A. Jiménez Builes, "A Ubiquitous Learning Model for Education and Training Processes Supported by TV Everywhere Platforms", *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 17, no. 11, pp. 128–145, jun. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i11.30265>

- [18] C. Srisuwan, and P. Panjaburee, “Implementation of flipped classroom with personalised ubiquitous learning support system to promote the university student performance of information literacy”, *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, vol. 14, no. 3, pp. 398, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.108200>
- [19] K.-Y. Chin, K.-F. Lee, and Y.-L. Chen, “Effects of a Ubiquitous Guide-Learning System on Cultural Heritage Course Students’ Performance and Motivation”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 1, pp. 52–62, jul. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2926267>
- [20] W. Chiu, G. Liu, N. Barrett, M. Liaw, G. Hwang, and C. Lin, “Needs analysis-based design principles for constructing a context-aware English learning system”, *Computer Assisted Language Learning*, vol. 36, no. 1–2, pp. 176–204, jun. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1905666>
- [21] L. G. Ferreira, J. L. V. Barbosa, J. C. Gluz, V. K. Matter, and D. N. F. Barbosa, “Using Learner Group Profiles for Content Recommendation in Ubiquitous Environments”, *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, vol. 16, no. 4, pp. 1–19, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2020100101>
- [22] T. Chen, “An Investigation and Analysis of College English Majors’ Autonomous Learning Ability in Ubiquitous Learning Environment”, *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2022, no. 1, p. 9103148, jul. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2022/9103148>
- [23] A. Agarwal, S. Sharma, V. Kumar, and M. Kaur, “Effect of E-learning on public health and environment during COVID-19 lockdown”, *Big Data Mining and Analytics*, vol. 4, no. 2, pp. 104–115, feb. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.26599/BDMA.2020.9020014>
- [24] G. J. Hwang, K. C. Li, and C. L. Lai, “Trends and strategies for conducting effective STEM research and applications: a mobile and ubiquitous learning perspective”, *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, vol. 14, no. 2, p. 161, apr. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.106166>
- [25] L. Daniela, “Smart Pedagogy for Technology-Enhanced Learning”, in *Didactics of Smart Pedagogy*, Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 3–21. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01551-0_1
- [26] Y. Walter, “Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education”, *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 21, no. 1, p. 15, feb. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- [27] I. M. Gómez-Trigueros, and C. Y. De Aldecoa, “The digital gender gap in teacher education: The TPACK framework for the 21st century”, *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, vol. 11, no. 4, pp. 1333–1349, oct. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ejihpe11040097>
- [28] G. S. Contreras, R. A. G. Lezcano, and E. J. L. Fernández, “Microlearning in physics teaching: An innovative proposal”, in *Advancing STEM Education and Innovation in a Time of Distance Learning*, IGI Global, 2022, pp. 139–149. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5053-6.ch007>

- [29] T. D. Adjin-Tettey, D. Selormey, y H. A. Nkansah, “Ubiquitous Technologies and Learning: Exploring Perceived Academic Benefits of Social Media Among Undergraduate Students”, *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, vol. 18, no. 1, pp. 1–16, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4018/IJICTE.286758>
- [30] N. Md. Sari, K. Y. Yin, Z. Zakariya, and R. Ismail, “User Acceptance of Google Classroom-Assisted Learning: The Case of Malaysian Form Six Economics Students”, *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, vol. 21, no. 2, pp. 363–379, feb. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.2.20>
- [31] J. M. Santos, “Google Classroom: Beyond the traditional setting”, *Problems of Education in the 21st Century*, vol. 79, no. 4, pp. 626–639, Aug. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33225/pec/21.79.626>.
- [32] M. Abuzant, M. Ghanem, A. Abd-Rabo, and W. Daher, “Quality of Using Google Classroom to Support the Learning Processes in the Automation and Programming Course”, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 16, no. 06 SE-Papers, pp. 72–87, mar. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.18847>.
- [33] P. Vallejo-Correa, J. Monsalve-Pulido, and M. Tabares-Betancur, “A systematic mapping review of context-aware analysis and its approach to mobile learning and ubiquitous learning processes”, *Computer Science Review*, vol. 39, p. 100335, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100335>
- [34] G.-J. Hwang, D. Zou, and J. Lin, “Effects of a multi-level concept mapping-based question-posing approach on students’ ubiquitous learning performance and perceptions”, *Computers & Education*, vol. 149, p. 103815, may. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103815>
- [35] I. K. Suartama, P. Setyosari, S. Sulthoni, S. Ulfa, M. Yunus, and K. A. Sugiani, “Ubiquitous Learning vs. Electronic Learning: A Comparative Study on Learning Activeness and Learning Achievement of Students with Different Self-Regulated Learning,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 16, no. 03, p. 36, feb. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i03.14953>
- [36] F. Jia, D. Sun, Q. Ma, and C.-K. Looi, “Developing an AI-Based Learning System for L2 Learners’ Authentic and Ubiquitous Learning in English Language”, *Sustainability*, vol. 14, no. 23, nov. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su142315527>
- [37] P. F. Novoa Castillo, R. F. Cancino Verde, Y. C. Uribe Hernández, L. L. Garro Aburto, and G. S. Mendez Ilizarbe, “El aprendizaje ubicuo en el proceso de enseñanza aprendizaje”, *Revista Multi-Ensayos*, pp. 2–8, feb. 2020. [Online]. Available: <https://camjol.info/index.php/multiensayos/article/view/9331>
- [38] B. Velázquez Gatica, and R. E. López Martínez, “Análisis crítico del concepto ‘aprendizaje ubicuo’ a través de la Cartografía Conceptual”, *Revista de Educación a Distancia (RED)*, vol. 21, no. 66, apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.6018/red.430841>
- [39] B. Chang, “Student privacy issues in online learning environments,” *Distance Education*, vol. 42, no. 1, pp. 55–69, jan. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1869527>

- [40] J. M. Kreeta Niemi, and A.-M. Poikkeus, "Opening up learning environments: liking school among students in reformed learning spaces", *Educational Review*, vol. 76, no. 5, pp. 1–18, jul. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/00131911.2022.2098927>
- [41] L. T. Nguyen *et al.*, "How teachers manage their classroom in the digital learning environment – experiences from the University Smart Learning Project", *Heliyon*, vol. 8, no. 10, p. e10817, oct. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10817>
- [42] D. Oyserman, and A. Dawson, "Successful Learning Environments Support and Harness Students' Identity-based Motivation: A Primer," *The Journal of Experimental Education*, vol. 89, no. 3, pp. 508–522, jul. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/00220973.2021.1873091>
- [43] P. Sharda, and M. K. Bajpai, "Online Learning and Teaching using Google Classroom during the COVID 19 Pandemic", *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, vol. 41, no. 5 SE-Research Paper, aug. 2021. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/openview/8740cd41f42dba1e09f159e19164e7d3/1?cbl=2028807&pq-origsite=gscholar>
- [44] V. Ekahitanond, "Perceived Efficacy of Google Classroom Usage in Varied English Courses", *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 17, no. 05 SE-Papers, pp. 266–280, mar. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i05.22403>
- [45] T. A. Hilal, A. A. Hilal, and H. A. Hilal, "Social Networking Applications: A Comparative Analysis for a Collaborative Learning through Google Classroom and Zoom", *Procedia Computer Science*, vol. 210, pp. 61–69, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.10.120>
- [46] Suparjan, and N. Ismiyani, "Google Classroom Amidst COVID-19 Pandemic in Indonesian Elementary Schools: Teachers' Perceptions and Motivation", *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 16, no. 18 SE-Papers, pp. 133–148, oct. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i18.32657>

Copyright (2025) © Luis Deleg-Vera y Joe Llerena-Izquierdo.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material. [Ver resumen de la licencia](#).



Recursos digitales significativos para estrategias del aprendizaje invertido mediante el uso de la tecnología educativa de Ardora

(Meaningful digital resources for flipped learning strategies through the use of Ardora educational technology)

Marjorie Isanoa-Sinche , Joe Llerena-Izquierdo
Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador
misanoa@est.ups.edu.ec, jllerena@ups.edu.ec

Resumen: Este trabajo se realizó para explorar la evolución de los modelos de aprendizaje, enfocándose en el impacto de las tecnologías avanzadas, particularmente el modelo de aula invertida. Se empleó una metodología cuasi-experimental, con *pretest* y *post-test*, y análisis cualitativo mediante grupos focales. La intervención combinó clases presenciales y virtuales usando herramientas digitales como Ardora y Google Classroom. Los resultados muestran que el aula invertida mejora el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, especialmente en matemáticas y ciencias naturales, en comparación con los métodos tradicionales. La principal innovación de este estudio es la implementación del aula invertida en contextos de educación básica post-alfabetización, destacando el uso de tecnologías para promover un aprendizaje más interactivo y personalizado.

Palabras clave: Herramientas digitales, recursos digitales, aprendizaje invertido, Ardora, modalidad virtual emergente.

Abstract: This study was undertaken to explore the evolution of learning models, focusing on the impact of advanced technologies, particularly the flipped classroom model. A quasi-experimental methodology was used, with pretest and posttest, and qualitative analysis through focus groups. The intervention combined face-to-face and virtual classes using digital tools such as Ardora and Google Classroom. The results show that the flipped classroom improves students' academic performance and motivation, especially in mathematics and natural sciences, compared to traditional methods. The main innovation of this study is the implementation of the flipped classroom in post-literacy basic education contexts, highlighting the use of technologies to promote more interactive and personalized learning.

Keywords: Digital tools, digital resources, flipped learning, Ardora, emerging virtual modality.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la educación ha atravesado transformaciones profundas, adaptándose continuamente a las demandas de la sociedad y a las necesidades de los estudiantes [1]. Este proceso ha implicado una transición progresiva de los métodos tradicionales hacia enfoques educativos innovadores, en gran parte impulsados por el vertiginoso avance de la tecnología [2]. La integración de herramientas digitales ha reconfigurado por completo el panorama educativo, abriendo nuevas posibilidades para el aprendizaje. En particular, la creciente presencia de dispositivos tecnológicos en las aulas ha revolucionado la enseñanza en niveles primarios, ofreciendo a los estudiantes experiencias de aprendizaje más dinámicas, efectivas y motivadoras,

que facilitan la adquisición de conocimientos y que fomentan el desarrollo de habilidades fundamentales para su futuro.

En el contexto actual de la educación, las metodologías activas se han integrado de manera estratégica con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), colocando a los estudiantes en el centro de un proceso de aprendizaje profundamente enriquecido [3]. Estas metodologías aprovechan recursos digitales que capturan el interés de los estudiantes y que están alineados con sus expectativas y modos de interacción [4]. Entre estas innovadoras propuestas pedagógicas, destaca el modelo de Aula Invertida (*Flipped Classroom*), que ha revolucionado la forma en que se conciben la enseñanza y el aprendizaje, fomentando una mayor participación, colaboración y autonomía en los estudiantes [5].

Diversos estudios han evidenciado que el modelo de aprendizaje invertido ofrece a los estudiantes la oportunidad de experimentar un aprendizaje más personalizado y flexible, lo que, a su vez, incrementa significativamente su motivación en las clases [6], [7]. En este enfoque, los estudiantes deben preparar previamente las lecciones fuera del aula, lo que les permite aprovechar al máximo las actividades interactivas durante las sesiones presenciales [8].

La intervención se adapta a modalidades tanto virtuales como presenciales, facilitando una implementación efectiva del aula invertida [9]. Los resultados obtenidos han mostrado un impacto positivo en la motivación y el compromiso de los estudiantes, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza [10]. Este modelo fomenta el pensamiento crítico y creativo, además integra herramientas tecnológicas para promover habilidades imaginativas, expresivas y estéticas, transformando el aula en un espacio de aprendizaje dinámico y colaborativo [11],[12].

Así también, el aula invertida refuerza competencias digitales esenciales, al tiempo que facilita el uso de plataformas de enseñanza en línea [13]. Sin embargo, para que esta metodología sea plenamente efectiva, es necesario que los docentes cuenten con las competencias digitales adecuadas, que les permitan diseñar recursos multimedia y gestionar eficazmente plataformas educativas.

En este contexto, la presente investigación se centra en el desarrollo de recursos digitales mediante la herramienta Ardora con el objetivo de analizar la implementación del proceso de aula invertida en la educación básica general. El estudio se lleva a cabo específicamente en la Escuela de Educación Básica PCEI Eloy Alfaro, ubicada en el cantón de Samborondón, provincia del Guayas, y se enfoca en estudiantes del 7mo año de educación básica en la parroquia Tarifa, recinto “Boca de Caña”. Es relevante señalar que el programa Ardora se destaca por su facilidad de uso, capacidad para integrar recursos en diversos sitios web, accesibilidad gratuita y la posibilidad de personalización según las necesidades del currículo, niveles educativos o temas específicos. Su interfaz intuitiva y amigable la convierte en una herramienta útil para docentes sin experiencia en diseño web o programación, permitiendo la creación de contenido en pocos pasos. La población objetivo de este estudio incluye estudiantes de modalidad intensiva jóvenes, adultos y adultos mayores, así como personas con escolaridad inconclusa (PCEI).

2. ESTADO DEL ARTE

El uso de las TIC ha demostrado ser fundamental en la transformación de los enfoques educativos, actuando como un motor de innovación y creando un entorno propicio para el aprendizaje [14]. Las herramientas digitales facilitan la adquisición de conocimientos, a la vez favorecen el desarrollo de la autonomía del estudiante, fomentando un aprendizaje más reflexivo y un discernimiento crítico más agudo [15]. La gamificación, en particular, ofrece experiencias inmersivas y atractivas, incentivando comportamientos positivos y motivadores que refuerzan tanto el razonamiento crítico como la participación, contribuyendo así a un aprendizaje profundo [16], [17].

Existen una amplia variedad de herramientas educativas que facilitan el aprendizaje colaborativo, permitiendo a los estudiantes interactuar y construir conocimiento de manera conjunta. La clasificación de estas herramientas puede realizarse atendiendo a las fases del proceso de aprendizaje, como la actividad y la autoevaluación del estudiante, lo que se alinea perfectamente con el modelo educativo del aprendizaje autorregulado [18], [19], [20]. En este contexto, las TIC apoyan el análisis y desarrollo de habilidades, también juegan un rol importante en la evaluación continua, permitiendo una mayor personalización del proceso educativo y favoreciendo un aprendizaje más eficaz y motivador [21]. El uso adecuado de estas herramientas tecnológicas, combinadas con enfoques pedagógicos innovadores, generan experiencias educativas más efectivas y agradables, optimizando los resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje [22].

Desde una perspectiva didáctica, la relevancia de los materiales y recursos educativos radica en su capacidad para influir en los tipos de tareas que los estudiantes realizan y en las formas en que estas se llevan a cabo, condicionando directamente los procesos de aprendizaje [23]. Los recursos educativos facilitan la adquisición de conocimiento, además orientan el tipo de interacción y el grado de participación que se espera de los estudiantes. En este contexto, el uso de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tabletas y portátiles, ha emergido como una herramienta poderosa en los centros educativos. Permitir que los estudiantes lleven sus propios dispositivos al aula (conocido como "BYOD", por sus siglas en inglés) abre nuevas posibilidades para integrar la tecnología en el proceso pedagógico, facilitando actividades académicas que están alineadas con las exigencias del mundo digital. Esta integración conecta la vida escolar con el desarrollo tecnológico, fomenta un aprendizaje más flexible, autónomo y adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes [24], [25].

Además, en las facultades de educación, las herramientas digitales se han transformado en recursos hipertextuales que permiten compartir y etiquetar las prácticas pedagógicas realizadas por los estudiantes, favoreciendo la colaboración y el intercambio de experiencias de aprendizaje en tiempo real [26], [27]. Estas plataformas digitales sirven para organizar y distribuir materiales, además para crear un espacio de interacción donde los estudiantes pueden reflexionar sobre sus procesos de aprendizaje de manera más accesible [28], [29].

Por otro lado, la gamificación ha abierto un nuevo horizonte en la enseñanza, permitiendo que los docentes asuman un rol más dinámico como facilitadores del aprendizaje. En este enfoque, los profesores distribuyen materiales didácticos, actúan como mediadores entre el currículo y la práctica educativa, utilizando herramientas visualmente atractivas, como fichas interactivas o juegos, para motivar a los estudiantes y hacer más atractivas las actividades de aprendizaje [30]. Esta metodología favorece la participación de los estudiantes, incrementa su motivación y potencia su capacidad para resolver problemas de manera creativa y colaborativa.

2.1. La Integración de herramientas digitales en el ámbito educativo: avances y desafíos

En los últimos años, la transición hacia la enseñanza en línea ha provocado un cambio paradigmático en el panorama educativo, transformando tanto las metodologías de enseñanza como las dinámicas de interacción entre estudiantes y profesores [31]. Este modelo ha destacado por su flexibilidad y accesibilidad, permitiendo a las instituciones educativas llegar a una audiencia global sin limitaciones geográficas [32]. Una de sus principales ventajas es la capacidad de personalizar el aprendizaje según las necesidades y ritmos individuales, lo que facilita la atención a la diversidad y la inclusión en el aula virtual [33].

No obstante, la rápida adopción de la enseñanza digital también ha revelado una serie de retos. La brecha digital, por ejemplo, se ha ampliado considerablemente, exponiendo las desigualdades en el acceso a tecnologías y conectividad, lo que limita las oportunidades de muchos estudiantes [34]. Además, el aprendizaje en línea puede generar dificultades en cuanto a motivación y

participación, ya que la ausencia de interacción física directa puede afectar la dinámica grupal y la conexión emocional entre educadores y estudiantes [35].

La transición al modelo en línea es un proceso aún en evolución, y los estudios actuales son fundamentales para identificar y abordar estos desafíos, al tiempo que se exploran nuevas formas de maximizar los beneficios de la enseñanza digital [36]. La clave será lograr un equilibrio entre las modalidades en línea y presenciales, integrando las tecnologías de manera que complementen y enriquezcan la experiencia educativa, sin que esta pierda su dimensión humana ni la interacción interpersonal [37]. Solo así será posible aprovechar el potencial de las herramientas digitales, asegurando que la enseñanza en línea sea accesible, eficaz y significativa para todos los involucrados.

La integración de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo refleja un avance tecnológico, una convergencia estratégica entre el desarrollo de la IA y la innovación académica, marcando un hito significativo en la transformación de la enseñanza y el aprendizaje [38], [39], [40]. Esta sinergia está cambiando la forma en que los estudiantes interactúan con los contenidos y cómo se facilita su aprendizaje, impulsando nuevas metodologías que promueven un aprendizaje más personalizado y eficiente [41], [42]. El concepto de Desarrollo Cognitivo (DC), en este contexto, hace referencia a un enfoque pedagógico que busca fortalecer las capacidades cognitivas de los estudiantes mediante el uso de herramientas digitales, favoreciendo la transferencia de conocimientos y habilidades en una variedad de entornos educativos. Este enfoque tiene como objetivo optimizar la capacidad de los estudiantes para adquirir, procesar y aplicar información de manera efectiva, preparándolos para desenvolverse con éxito en un mundo cada vez más interconectado digitalmente [43], [44], [45].

En el marco de la enseñanza presencial, una amplia gama de herramientas digitales se ha consolidado como aliados estratégicos en el proceso educativo, contribuyendo significativamente al dinamismo y la interacción en las aulas [46]. Plataformas como Moodle, Blackboard, Kahoot, Quizziz, Baamboozle, Scribblio, Pictionary, Zoom, Google Meet, Skype y Microsoft Teams han demostrado ser esenciales, en clases virtuales, en entornos presenciales, adaptándose al contexto y a las necesidades del espacio educativo [47], [48]. Estas herramientas digitales permiten enriquecer las actividades de los estudiantes y fomentar una enseñanza más interactiva y colaborativa, ajustándose a diversas modalidades de aprendizaje [49].

Además, el concepto de entorno de aprendizaje ecológico inteligente ha ganado relevancia, refiriéndose a un sistema educativo que emplea tecnología avanzada para ofrecer un aprendizaje personalizado y eficiente, al tiempo que minimiza su impacto ambiental [50]. Este entorno se caracteriza por su capacidad para recopilar y analizar datos sobre el rendimiento y las preferencias de los estudiantes, lo que permite crear experiencias de aprendizaje individualizadas y optimizadas [51]. A su vez, se priorizan prácticas sostenibles, como la eficiencia energética y el uso responsable de recursos, para promover la sostenibilidad ambiental dentro del ámbito educativo.

Al integrar tecnologías que facilitan un aprendizaje más eficiente, el entorno educativo también contribuye a la reducción del uso de materiales tradicionales, como el papel, disminuyendo así el impacto ambiental y alineándose con los principios de responsabilidad ecológica. Este equilibrio entre la innovación académica y la sostenibilidad ambiental beneficia a los estudiantes en términos de su desarrollo cognitivo, además asegura un futuro más sostenible, preparando a las próximas generaciones para abordar los desafíos del mañana. De hecho, cuando los estudiantes son capaces de analizar y resolver problemas de manera eficaz, su rendimiento académico mejora notablemente [52]. La capacidad de descomponer problemas complejos en partes más manejables y abordarlas de forma sistemática está estrechamente vinculada con un mejor desempeño académico, reflejando cómo las herramientas tecnológicas pueden ser fundamentales para fortalecer las competencias cognitivas de los estudiantes.

2.2. Ardora como herramienta tecnológica en la evaluación del aprendizaje

El proceso de evaluación del aprendizaje ha evolucionado significativamente con el apoyo de herramientas tecnológicas, destacando Ardora como una de las opciones más completas y versátiles [17], [53]. Este software ofrece una amplia gama de treinta y cinco funcionalidades que permiten personalizar y enriquecer la evaluación educativa [53]. Un componente clave en este enfoque es la integración de la gamificación, que introduce un elemento lúdico en las actividades de evaluación, transformando el proceso en una experiencia más atractiva y motivadora para los estudiantes [54].

La variedad de opciones disponibles en Ardora facilita la adaptación de las evaluaciones a las necesidades individuales de los estudiantes, también fomenta una participación y un compromiso sostenido con el aprendizaje [55]. En este contexto, la gamificación ha demostrado ser un factor clave para aumentar la motivación y mejorar la concentración de los estudiantes, aspectos que favorecen un aprendizaje más dinámico y efectivo [56]. A su vez, promueve un entorno educativo más interactivo y enriquecedor, donde los estudiantes se sienten más involucrados en su propio proceso de aprendizaje [57].

Además, el uso de tecnologías como la gamificación y el e-learning ofrece soluciones innovadoras a diversas limitaciones tradicionales de la educación, tales como las restricciones de tiempo, espacio y recursos [58]. Por ejemplo, las experiencias virtuales pueden reemplazar las excursiones físicas, brindando a los estudiantes la posibilidad de explorar conceptos y situaciones de manera inmersiva y sin los obstáculos logísticos asociados.

Otro aspecto relevante es la integración de herramientas y lenguajes web como HTML en el aula [59]. Esta enseñanza permite a los estudiantes comprender el funcionamiento de las tecnologías web, proporcionando habilidades prácticas esenciales en el contexto digital actual. El dominio de estas herramientas prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos tecnológicos más avanzados, al tiempo que reduce las barreras para aprender nuevas tecnologías en el futuro [60].

Finalmente, el uso de dispositivos como teléfonos inteligentes en el proceso de aprendizaje ha demostrado ser una herramienta valiosa. Estos dispositivos ofrecen a los estudiantes una alternativa flexible para apoyar y enriquecer las actividades prácticas, lo que contribuye a un aprendizaje más autónomo y a un mayor desarrollo de la confianza en entornos de formación práctica [61]. Así, la combinación de herramientas tecnológicas como Ardora, la gamificación, el uso de lenguajes web y la integración de dispositivos móviles está transformando el panorama de la evaluación educativa, ofreciendo nuevas oportunidades para un aprendizaje más motivador, interactivo y accesible [62].

2.3. El aula invertida como enfoque pedagógico: implicaciones para el aprendizaje autónomo y colaborativo

El modelo de aula invertida está promoviendo una transformación significativa en las prácticas pedagógicas, otorgando a los estudiantes un mayor control sobre su propio proceso de aprendizaje y potenciando su dominio cognitivo [63]. En este enfoque, los estudiantes asumen un papel activo, analizando, procesando y practicando contenidos fuera del aula, lo que facilita el autoaprendizaje mediante el uso de herramientas tecnológicas [64]. Este modelo favorece la comprensión profunda de los conceptos, además que cultiva la autonomía y la capacidad para aplicar el conocimiento en contextos diversos [65].

El aprendizaje invertido se complementa con estrategias cooperativas durante la fase presencial, lo que asegura una colaboración más estrecha entre los estudiantes. Este modelo promueve el aprendizaje en grupo y fomenta un sentido de responsabilidad compartida, permitiendo a los estudiantes involucrarse activamente en la construcción colectiva del conocimiento y en la resolución conjunta de problemas [66]. La estructura del aula invertida, al integrar la teoría previa mediante recursos como vídeos, y el acompañamiento pedagógico del

docente durante la clase, facilita un entorno de aprendizaje activo que potencia el desarrollo de habilidades críticas.

En el aula invertida, el estudiante ocupa una posición central, interactuando con el profesor y sus compañeros, con la tecnología y el entorno educativo. La dinámica de esta interacción influye directamente en la participación estudiantil, generando una amplia gama de resultados tanto inmediatos como a largo plazo. Esta flexibilidad permite que los estudiantes adapten su aprendizaje a sus necesidades individuales, lo que mejora su experiencia educativa y su rendimiento académico [63], [67].

Por otro lado, el aula invertida pone un énfasis particular en la preparación asincrónica de los estudiantes antes de la clase, a través de recursos como vídeos y tareas en línea. Esta fase prepara a los estudiantes para una participación más activa durante las sesiones presenciales, contrastando con los enfoques tradicionales de conferencias magistrales, en los que el intercambio de conocimientos es unidireccional y se limita a la interacción en el aula [68].

Durante la pandemia del COVID-19, el modelo de aula invertida se adaptó a las clases virtuales, lo que llevó a los docentes a emplear rápidamente herramientas digitales para mantener la interacción y el aprendizaje a distancia [63], [69]. Estas herramientas se convirtieron en espacios de encuentro virtuales donde los estudiantes podían interactuar, colaborar y participar activamente en su educación. Además, la metodología de *Team-Based Learning* (TBL), que combina aprendizaje cooperativo con tecnología digital, demostró ser eficaz para personalizar el aprendizaje y aumentar la motivación estudiantil [70]. Los estudiantes adquirieron los contenidos tratados, además pudieron contextualizarlos de manera más significativa. Estos avances evidencian cómo la educación virtual puede complementar y enriquecer el proceso de enseñanza presencial, ofreciendo nuevas oportunidades para la interacción y el aprendizaje colaborativo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este estudio, se empleó un método descriptivo en cuatro fases, con el fin de analizar artículos científicos relevantes a nivel global, regional y nacional. El análisis se basó en un exhaustivo estudio bibliométrico, utilizando la herramienta VOSviewer para identificar los países con mayores contribuciones científicas en el ámbito del uso de herramientas digitales en el aprendizaje. Además, se destacaron las universidades que lideran estas investigaciones y los investigadores más influyentes, evaluados a partir del impacto de sus publicaciones, medido a través del número de citas recibidas. La fuente de información analizada fue obtenida de la base de datos académica *Web of Science*, que proporciona un acceso integral a la literatura científica de alta calidad.

El diseño metodológico adoptado para la intervención fue cuasi-experimental, comenzando con una evaluación inicial (*pretest*) mediante encuestas digitales creadas en Google Forms. Este *pretest* tuvo como objetivo medir el nivel de conocimientos previos de los participantes sobre el aprendizaje tradicional, que se basa en métodos de enseñanza convencionales. Las encuestas fueron estructuradas para recoger información sobre la comprensión de los participantes acerca de los métodos tradicionales de enseñanza y su familiaridad con las herramientas digitales aplicadas al aprendizaje.

A continuación, se implementó el enfoque pedagógico del aprendizaje invertido, una metodología que reconfigura la dinámica tradicional del aula. En este modelo, los estudiantes se encargan de estudiar el material de forma autónoma fuera del aula, lo que permite que el tiempo presencial se utilice para la resolución de dudas y la realización de actividades prácticas. Este enfoque fomenta un aprendizaje activo, participativo y centrado en el estudiante, promoviendo la interacción y colaboración dentro del aula.

Una vez implementada la intervención, se procedió con una evaluación final (*post-test*) para medir el nivel de aprendizaje adquirido por los participantes tras la aplicación del modelo de aula invertida. Este *post-test*, también diseñado en Google Forms, permitió valorar la evolución en los conocimientos de los estudiantes, comparando los resultados obtenidos con los del *pretest*.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis cualitativo mediante un grupo focal con los participantes, con el fin de obtener una visión más profunda de sus percepciones, experiencias y valoraciones sobre la metodología implementada. Este enfoque cualitativo proporcionó información valiosa sobre la efectividad del aprendizaje invertido, permitiendo identificar aspectos tanto positivos como áreas de mejora.

Los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos fueron analizados utilizando herramientas de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), integrando los datos del *pretest* y *post-test* con los comentarios y observaciones del grupo focal. Este análisis permitió interpretar los hallazgos desde una perspectiva holística, consolidando conclusiones clave sobre la transformación del aprendizaje a través de métodos pedagógicos innovadores como el aula invertida (ver Figura. 1).

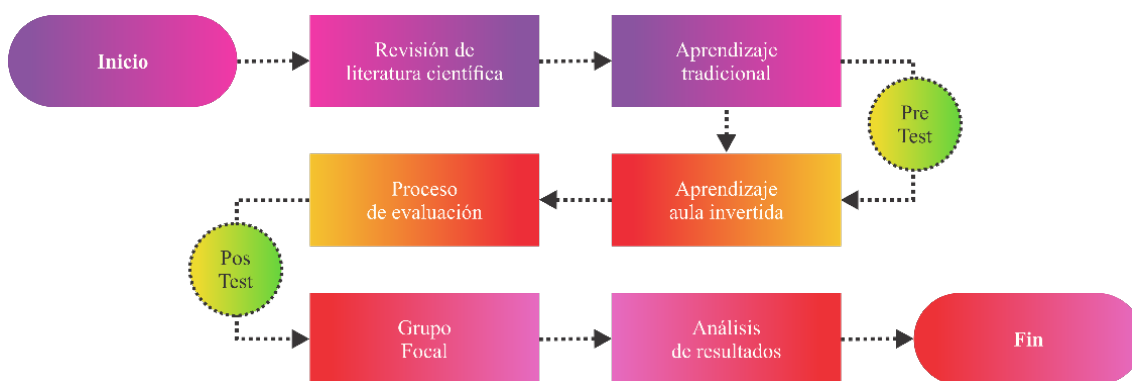


Figura 1. Diagrama de proceso de la investigación.

El diagrama de la Figura 1 ilustra un modelo metodológico orientado a evaluar la eficacia del aprendizaje tradicional frente al aprendizaje basado en aula invertida propuesta por los autores. Esta estructura se compone de una secuencia de pasos resumida donde el proceso inicia con una revisión de literatura científica, que establece el marco teórico necesario para sustentar las decisiones metodológicas.

Posteriormente, se implementa un enfoque cuasi-experimental donde los participantes se dividen entre aprendizaje tradicional y aula invertida, asegurando una comparación directa de ambos métodos. Antes de iniciar las actividades, se aplica un *pretest*, cuyo propósito es evaluar el nivel de conocimientos iniciales y proporcionar una línea base para los resultados.

La fase central corresponde al proceso de evaluación, que abarca la ejecución de las actividades pedagógicas bajo los dos enfoques. Este paso se complementa con la aplicación de un *post-test*, diseñado para medir el impacto de los métodos en los aprendizajes obtenidos. La inclusión de grupos focales aporta una perspectiva cualitativa al análisis, permitiendo explorar percepciones, experiencias y desafíos asociados a cada metodología.

Finalmente, el análisis de resultados integra las evidencias cuantitativas y cualitativas, proporcionando una visión integral del estudio y permitiendo generar conclusiones fundamentadas. Este enfoque concluye con la reflexión final sobre la efectividad de los métodos pedagógicos y sus implicaciones en el ámbito educativo.

3.1. Primera fase

En la primera fase se realiza la búsqueda de trabajos científicos relacionados con herramientas educativas digitales. El mapa de colaboración científica generado con VOSviewer, constituye una herramienta fundamental para analizar la incidencia de distintos países en investigaciones sobre herramientas educativas digitales. Esto permite identificar patrones de producción científica, relaciones de coautoría y dinámicas de colaboración internacional. La construcción del mapa se basó en datos bibliográficos extraídos de la base de datos científica *Web of Science*, con un enfoque específico en publicaciones relacionadas con herramientas digitales aplicadas a la educación.

La herramienta VOSviewer emplea algoritmos de agrupamiento que organizan los nodos, correspondientes a países, según la frecuencia y la intensidad de sus interacciones colaborativas. El tamaño de cada nodo refleja la cantidad de publicaciones, mientras que las conexiones entre ellos indican vínculos de coautoría. Además, los colores diferencian clústeres que representan grupos de países con patrones de colaboración más estrechos (ver Figura 2).

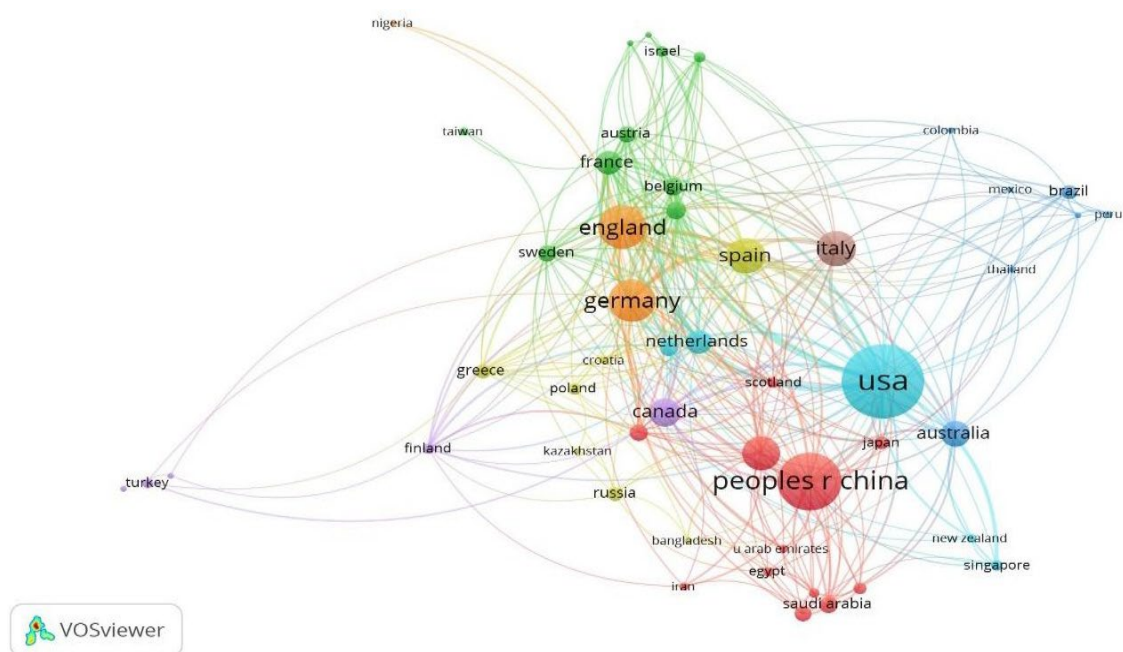


Figura 2. Incidencia en los países con colaboraciones científicas en investigaciones sobre herramientas educativas digitales.

El análisis evidencia que países como Estados Unidos, China y Reino Unido desempeñan roles predominantes en la investigación, destacándose por el tamaño de sus nodos y la densidad de conexiones. Esto determina una alta producción científica, además de una notable influencia global en el campo. Al observar los clústeres, es evidente que factores geográficos, culturales y lingüísticos influyen en las dinámicas de colaboración. Por ejemplo, el clúster que incluye a Estados Unidos, Australia y otros países angloparlantes resalta una fuerte conexión entre estas naciones, mientras que regiones como Europa presentan clústeres propios con interacciones marcadas entre países como Alemania, España, Italia y Francia.

Por otro lado, países con menor tamaño de nodo, como Nigeria o Colombia, tienen una representación más limitada, lo está relacionado con restricciones en acceso a recursos, infraestructura o financiación para investigación. Sin embargo, sus conexiones con países de mayor incidencia reflejan un interés por participar en redes colaborativas que les permitan integrarse en el desarrollo de herramientas educativas digitales. Este fenómeno permite entender

una creciente democratización en el acceso al conocimiento, aunque persisten desigualdades que deben abordarse.

El liderazgo de países como China y Estados Unidos puede asociarse a su capacidad tecnológica, inversión en investigación y políticas educativas que priorizan la transformación digital. Asimismo, el surgimiento de regiones con menor representación, como Turquía o México, indica un interés en adaptar estas tecnologías a contextos educativos locales, lo que señala una expansión potencial en el ámbito global.

Este análisis permite determinar las dinámicas de poder como las oportunidades de crecimiento en la investigación sobre herramientas educativas digitales. Aunque las colaboraciones internacionales son evidentes, es prioritario promover una mayor inclusión de países subrepresentados, lo que ampliaría el campo de trabajo y su impacto en contextos educativos diversos.

3.2. Segunda fase

En esta fase del estudio, se impartieron clases tradicionales a los estudiantes del séptimo año de educación básica, del paralelo "A" de la oferta académica post-alfabetización, compuesto por un total de 37 alumnos. La sesión comenzó con una dinámica participativa diseñada para involucrar activamente a los estudiantes y captar su atención. A continuación, se presentaron los conceptos fundamentales de la asignatura, acompañados de ejemplos prácticos y aplicados a situaciones cotidianas, con el objetivo de facilitar la comprensión y relevancia de los contenidos.

Al finalizar la clase, se realizaron actividades prácticas que permitieron a los estudiantes consolidar lo aprendido. Para evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado durante la clase tradicional, se utilizó un cuestionario en Google Forms como herramienta de evaluación. Esta herramienta tecnológica facilitó la recolección y análisis de datos de manera eficiente y permitió obtener resultados cuantitativos sobre el conocimiento adquirido durante la enseñanza tradicional.

El uso de plataformas como Google Classroom y Google Forms no solo optimizó el proceso de evaluación, también permitió un seguimiento detallado de las respuestas y el rendimiento de los estudiantes [71]. Los resultados del *pretest* proporcionaron información importante sobre el impacto del modelo tradicional de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo, se consideró que las experiencias previas adquiridas durante la escolarización de los participantes podrían tener un efecto significativo en el desarrollo de sus habilidades cognitivas. Estas experiencias previas influyen en su rendimiento académico, modelan la forma en que los estudiantes abordan y procesan nuevos contenidos, lo que subraya la importancia de tener en cuenta el contexto educativo previo al analizar los resultados del *pretest*.

3.3. Tercera fase

En esta fase, los estudiantes de séptimo año de educación básica participaron en dos modalidades de enseñanza bajo el modelo de aula invertida: presencial y virtual. En el escenario de aula invertida presencial, el educador seleccionó la contaminación ambiental como tema central para su análisis, dentro del marco de las asignaturas de Ciencias Naturales y Matemáticas, adoptando un enfoque interdisciplinario. Esta elección se fundamenta en la naturaleza inherentemente interconectada del tema, lo que facilita la integración de conocimientos provenientes de ambas disciplinas (ver Figura 3).

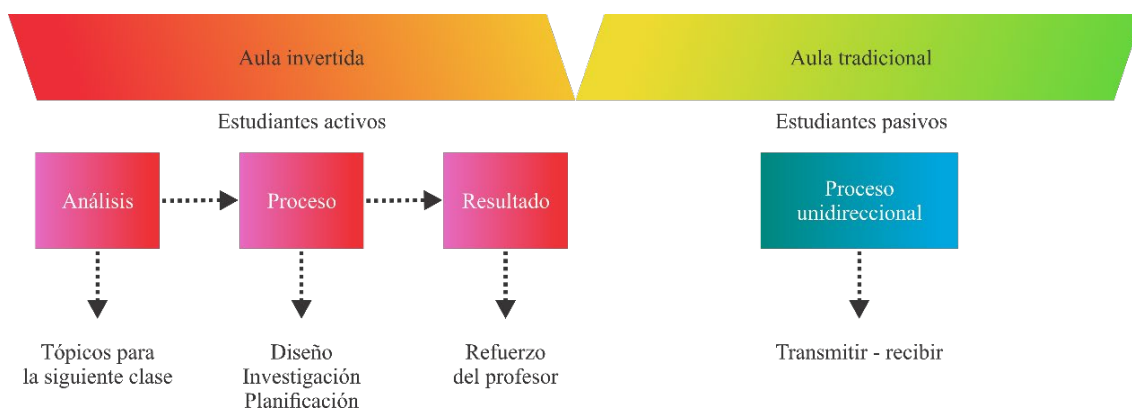


Figura 3. Implementación del aprendizaje del aula invertida en el aula presencial.

En el ámbito de las Matemáticas, se utilizó el recurso de diagramas de barras para representar datos estadísticos relacionados con la contaminación hídrica a nivel nacional. Paralelamente, en Ciencias Naturales, se profundizó en la tipología de contaminantes presentes en el entorno, con el objetivo de proporcionar a los estudiantes una visión holística del problema ambiental. La interdisciplinariedad del tema permite que los estudiantes establezcan conexiones entre los conceptos de ambas asignaturas, promoviendo un aprendizaje integral.

Para enriquecer la comprensión del tema, se proporcionaron recursos adicionales como videos explicativos y herramientas digitales como Ardora, que facilitaron la investigación y profundización en el tema de manera autónoma. Además, se incentivó la participación de los estudiantes, quienes pudieron plantear preguntas al docente para aclarar dudas durante sus investigaciones o en las clases. Este enfoque fomenta el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico, ya que los estudiantes tienen la oportunidad de investigar y cuestionar activamente los conceptos presentados.

Durante las clases, se promovió el intercambio de conocimientos entre los estudiantes, quienes compartieron los resultados de sus investigaciones con sus compañeros. Esto favorece la construcción colectiva del conocimiento y la colaboración en el aula. Como parte de la evaluación, los estudiantes accedieron a Ardora, una herramienta digital que permitió la creación de actividades interactivas, como crucigramas y rompecabezas sobre recursos naturales, así como gráficos estadísticos en matemáticas. Este material de evaluación, diseñado para abarcar los contenidos de ambas asignaturas, estuvo disponible en una plataforma en línea, accesible tanto en el aula como fuera de ella, lo que facilitó la gestión y seguimiento del aprendizaje.

En el modelo de aula invertida, los estudiantes adoptan un rol activo en su aprendizaje. Se les presenta el contenido y los conceptos clave antes de la clase, a través de materiales en línea o lecturas previas [72]. Durante la clase, los estudiantes aplican lo aprendido mediante actividades prácticas y el análisis de temas en profundidad, lo que facilita un proceso de diseño y planificación colaborativa para las siguientes sesiones. El docente actúa como facilitador del aprendizaje, guiando a los estudiantes, reforzando el contenido y proporcionando apoyo en la resolución de dudas y problemas.

En contraste, en el modelo de clases tradicionales, los estudiantes tienden a adoptar un rol más pasivo, ya que el proceso de enseñanza es predominantemente unidireccional. El docente transmite la información, mientras que los estudiantes la reciben de manera pasiva, sin la oportunidad de aplicar de forma activa los conceptos durante la clase. Este enfoque limita la interacción y dificulta un análisis más profundo de los contenidos, lo que restringe la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje.

El uso disruptivo de las tecnologías ha permitido la implementación de la modalidad de clase invertida virtual, con el objetivo de fomentar el compromiso, la dedicación y la participación de

los estudiantes. El proceso se ha estructurado de la siguiente manera: a través de la plataforma de videoconferencias Zoom, los estudiantes se reúnen virtualmente, donde el docente asigna un tema específico para su investigación. Se sugiere que, tras la sesión, los estudiantes dediquen un lapso de dos horas a investigar y preparar material relacionado con el tema asignado. Posteriormente, los estudiantes participan en clases virtuales, donde presentan y evalúan el material elaborado. Para facilitar este proceso, se ha utilizado la herramienta Ardora, que permite crear actividades interactivas, promoviendo un aprendizaje más dinámico, colaborativo y participativo.

Además, se ha introducido el concepto de entorno de aprendizaje ecológico inteligente, el cual hace referencia a un sistema educativo que utiliza tecnologías avanzadas para adaptarse de manera personalizada a las necesidades de los estudiantes, a la vez que minimiza su impacto ambiental. Este tipo de entorno es capaz de recopilar y analizar datos sobre el rendimiento y las preferencias de los estudiantes, lo que permite diseñar experiencias de aprendizaje individualizadas y optimizadas. Asimismo, está diseñado para ser energéticamente eficiente, reduciendo el uso de recursos y promoviendo la sostenibilidad ambiental en el ámbito educativo. De esta forma, se busca equilibrar el progreso académico de los estudiantes con la preservación del medio ambiente, lo que se logra mediante la reducción del uso de papel y materiales perjudiciales en las actividades educativas.

Este enfoque permite que los estudiantes, al estar mejor equipados para analizar y abordar problemas de manera efectiva, mejoren su desempeño académico [73]. En otras palabras, la capacidad para descomponer problemas complejos en partes más manejables y abordarlos de manera sistemática se correlaciona positivamente con un rendimiento académico superior.

3.4. Cuarta fase

En esta fase, al finalizar la implementación del aprendizaje invertido, se lleva a cabo una evaluación final que permite analizar los elementos esenciales del proceso educativo, las metodologías de enseñanza empleadas y el rendimiento académico obtenido [74]. Este análisis destaca la efectividad de las estrategias pedagógicas utilizadas y cómo estas influyen en el desarrollo cognitivo de los estudiantes. El docente facilita el uso de diversas herramientas tecnológicas para la creación y gestión de actividades interactivas. Entre ellas, se encuentra Ardora, una aplicación que puede instalarse en ordenadores y permite diseñar actividades adaptadas a los contenidos tratados. Ardora ofrece opciones flexibles para personalizar las actividades, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje interactiva y atractiva.

El contenido y las actividades creadas con Ardora se alojan en plataformas educativas como Moodle, donde los estudiantes pueden visualizar sus calificaciones tras las sesiones de aula invertida. Esta plataforma facilita la organización y almacenamiento de los materiales, también optimiza el seguimiento del rendimiento académico de los estudiantes, permitiendo a los docentes analizar y gestionar de manera eficiente el progreso individual y colectivo.

Para complementar el aprendizaje, las actividades diseñadas con Ardora son accesibles también desde dispositivos móviles. Una vez creadas, las actividades se almacenan en formato HTML y se proporcionan a los estudiantes mediante un enlace accesible a través de un ícono de "ver actividad". Al finalizar la actividad, los resultados se exportan como un archivo ZIP, que luego se descomprime y sube a Google Drive. Este archivo se convierte en una página web HTML que se comparte de forma sencilla a través de Google Drive, lo que facilita el acceso a los estudiantes en cualquier momento.

Como paso final, con el uso de la aplicación MIT App Inventor, el contenido se convierte en un archivo APK que puede ser compartido con los estudiantes. Esto les permite acceder a las actividades de manera más dinámica a través de sus dispositivos móviles, favoreciendo una práctica continua y mejorando la interactividad del proceso de aprendizaje.

Por otro lado, se recopilaron datos cualitativos a través de grupos focales, con el objetivo de obtener información que revele cómo los participantes en los entornos educativos investigados perciben y comprenden los procesos y situaciones asociadas a los métodos de enseñanza utilizados [75], [76].

En el contexto de un grupo focal, el docente desempeña el papel de moderador, guiando la discusión mediante una serie de preguntas que comparan la enseñanza tradicional con el modelo de aula invertida [77]. Los estudiantes tienen la oportunidad de expresar sus opiniones y percepciones sobre ambas metodologías implementadas en clase. Este enfoque permite la recolección de respuestas detalladas, ofreciendo información cualitativa valiosa sobre las experiencias de los estudiantes y cómo estas metodologías impactan su aprendizaje.

Además, se ha identificado que la modalidad de aula invertida presenta una ventaja significativa para los estudiantes que han tenido ausencias. Este enfoque ofrece una flexibilidad temporal que permite a los estudiantes recuperar el contenido perdido y ponerse al día de manera autónoma. La naturaleza del aula invertida facilita que los estudiantes ausentes participen activamente en las actividades y accedan al material educativo de forma independiente, lo que contribuye a mejorar su rendimiento académico y a asegurar que no se vean desfavorecidos por las ausencias.

4. RESULTADOS

En el área de ciencias naturales, se observó que el 81,08 % de los estudiantes obtuvo calificaciones superiores a 7, mientras que en matemáticas este porcentaje fue del 67,57 %. En contraste, el método de aprendizaje tradicional en la misma modalidad presencial presentó resultados considerablemente menores, con un 32,43 % y un 18,92 % de estudiantes alcanzando notas mayores a 7 en ciencias naturales y matemáticas, respectivamente.

Estos hallazgos reflejan la efectividad del modelo de aula invertida en comparación con el enfoque tradicional. El análisis destaca que los estudiantes responden de manera más favorable al método invertido, lo que está relacionado con la mayor interacción y participación que fomenta este enfoque. Los resultados obtenidos son consistentes con los datos adicionales que señalan que, en un entorno virtual, el aprendizaje invertido también presenta ventajas significativas, particularmente en matemáticas y ciencias naturales, con un 67,57 % y un 81,08 % de estudiantes, respectivamente, alcanzando calificaciones superiores a 7.

Estos resultados confirman la relevancia del modelo de aprendizaje invertido como estrategia educativa efectiva, especialmente en áreas clave como las matemáticas y las ciencias naturales, tanto en entornos presenciales como virtuales (ver Figura 4).

Los estudiantes de séptimo año de educación básica, pertenecientes al grupo de jóvenes y adultos inscritos en el programa de post-alfabetización, participaron en actividades presenciales que incorporaron el enfoque de aprendizaje invertido. Durante estas actividades, se implementaron clases presenciales innovadoras que dieron lugar a resultados académicos notablemente positivos.

En la evaluación de la asignatura de Matemáticas, los resultados fueron reveladores: en la modalidad tradicional presencial, un 21,62 % de los estudiantes obtuvo calificaciones inferiores a 7, mientras que, en las clases con aprendizaje invertido, un 78,38 % alcanzó calificaciones superiores a 7, evidenciando una mejora positiva en el rendimiento académico al incorporar este enfoque pedagógico.

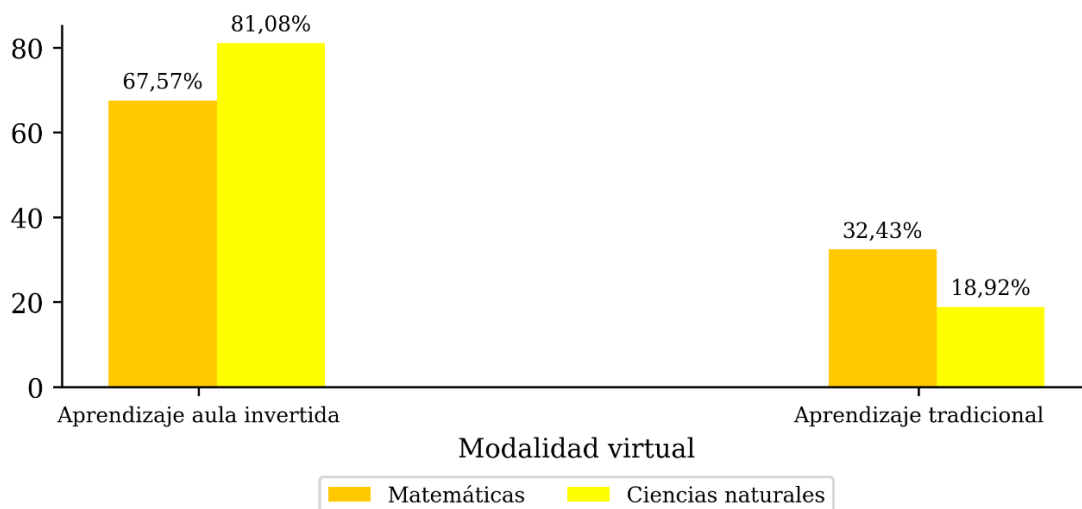


Figura 4. Porcentaje de notas en modalidad virtual con aprendizaje invertido y aprendizaje tradicional.

De manera similar, en la asignatura de Ciencias Naturales, los estudiantes que participaron en las clases presenciales con aprendizaje invertido mostraron un porcentaje destacado de éxito, con un 70,27 % logrando calificaciones iguales o superiores a 7. En contraste, solo un 29,73 % de los estudiantes en las clases tradicionales alcanzaron calificaciones superiores a 7, reflejando una brecha significativa en el desempeño entre ambas modalidades.

Este análisis evidencia de manera clara que la integración del aprendizaje invertido en las clases presenciales favorece un mejor desempeño académico, al proporcionar herramientas digitales que enriquecen la comprensión y práctica de las actividades, facilitando la interacción activa de los estudiantes con el contenido (ver Figura 5).

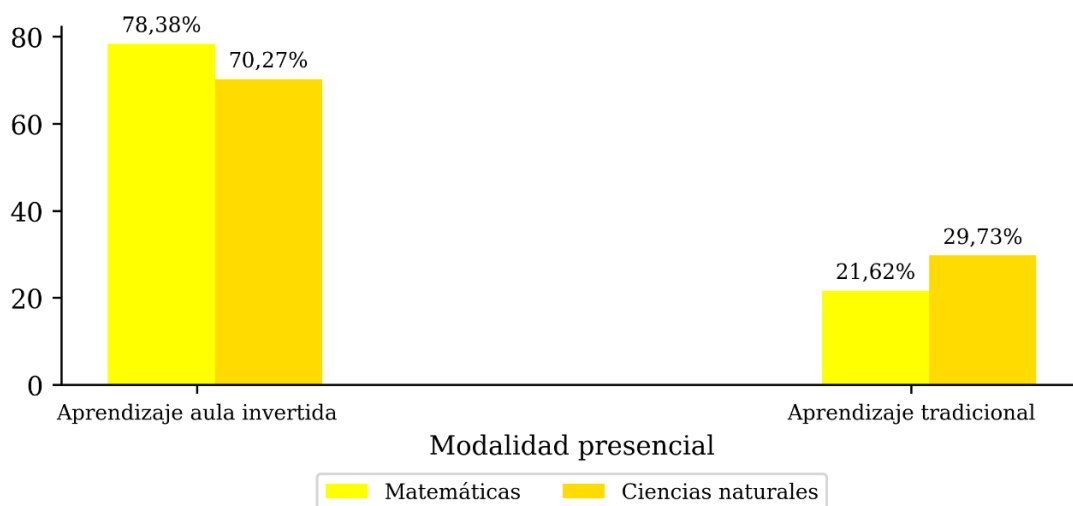


Figura 5. Porcentaje de notas en clases presencial con aprendizaje invertido y aprendizaje tradicional.

Con el objetivo de explorar las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje invertido en sus modalidades presencial y virtual, se organizó un grupo focal compuesto por diez estudiantes. Si bien este grupo focal permitió obtener información cualitativa valiosa sobre las experiencias de los participantes, es importante señalar que el tamaño de la muestra del grupo

focal (diez estudiantes) no es estadísticamente representativo de la población total de estudio de 37 estudiantes.

A pesar de esta limitación estadística, se considera que se alcanzó una buena profundidad en la exploración de las percepciones de los participantes. A través de esta dinámica, los participantes compartieron sus experiencias y reflexiones, destacando la mayor participación y colaboración que experimentaron durante las clases con aprendizaje invertido, tanto en el aula como en el entorno en línea. Muchos de ellos subrayaron la importancia de la retroalimentación continua por parte de los docentes, ya que esta les permitió aclarar dudas y consolidar los conocimientos adquiridos, lo cual se presentó como un factor primordial para el éxito del proceso de aprendizaje.

Respecto a las modalidades, los estudiantes valoraron especialmente la flexibilidad del aprendizaje invertido en su formato virtual, señalando que la posibilidad de acceder a los materiales educativos en cualquier momento y lugar les ofreció una gran comodidad y autonomía. Sin embargo, también expresaron el deseo de una mayor interacción social directa, evidenciando que, aunque el aprendizaje virtual ofrece ventajas en términos de accesibilidad, la conexión humana sigue siendo una necesidad importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En cuanto a las clases presenciales, los participantes destacaron la relevancia de las actividades prácticas y las discusiones en grupo, aspectos que consideraron esenciales para reforzar los contenidos teóricos y promover una comprensión más profunda de los temas tratados.

En general, los estudiantes mostraron una actitud positiva hacia el enfoque de aprendizaje invertido, aunque reconocieron que sus preferencias variaban según la modalidad. Algunos estudiantes se sintieron más cómodos con el formato virtual, mientras que otros valoraron más la interacción directa en el aula. Los resultados sugieren que el aprendizaje invertido, al fomentar la participación y promover la autonomía, tiene el potencial de mejorar significativamente el desempeño académico de los estudiantes. No obstante, también se destacó la importancia de considerar las necesidades individuales de los participantes y de ofrecer una combinación equilibrada de actividades presenciales y virtuales, con el fin de optimizar el proceso de aprendizaje y adaptarse a las diversas preferencias y estilos de aprendizaje de los estudiantes.

5. DISCUSIÓN

La oferta académica en programas de post-alfabetización, a pesar de estar dirigida a jóvenes y adultos, ha demostrado una recepción positiva por parte de los estudiantes con conocimientos intermedios de tecnología [31]. Los estudiantes de séptimo año de educación básica, pertenecientes al grupo de jóvenes y adultos inscritos en el programa de post-alfabetización, a pesar de ser un grupo de estudiantes adultos, muchos han adoptado con éxito las herramientas digitales propuestas. Sin embargo, es importante señalar que estas herramientas requieren acceso constante a Internet, lo que representa un desafío significativo para los estudiantes que enfrentan limitaciones en cuanto a conectividad, especialmente cuando se trata de utilizar recursos digitales en horarios rotativos o desde sus hogares [33]. A pesar de estas dificultades, el aprendizaje en línea ha demostrado un impacto notable en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el campo educativo, lo que resalta la importancia de continuar explorando y aprovechando las potencialidades de la tecnología para la educación [73].

Al contrastar el desempeño de este grupo con los resultados obtenidos mediante el método de aprendizaje tradicional en la misma modalidad presencial, la diferencia es importante. En ciencias naturales, el 81,08 % de los estudiantes que experimentaron el aula invertida superó el umbral de calificación de 7, mientras que en matemáticas este porcentaje alcanzó el 67,57 %. Estas cifras contrastan drásticamente con el 32,43 % y el 18,92 % respectivamente, observados en el grupo que recibió instrucción tradicional. De manera similar, el análisis detallado de las asignaturas de matemáticas y ciencias naturales dentro del grupo de posalfabetización que experimentó el aula invertida en modalidad presencial, evidencia esta tendencia. Un 78,38 % de los estudiantes

alcanzó calificaciones superiores a 7 en matemáticas con el enfoque invertido, en comparación con solo un 21,62 % en la modalidad tradicional. En ciencias naturales, la diferencia también es notable, con un 70,27 % de éxito en el aula invertida frente a un 29,73 % en la enseñanza tradicional.

En este contexto, plataformas como Google Classroom ofrecen un medio efectivo para la gestión de materiales didácticos, la asignación de tareas y la entrega de retroalimentación instantánea a los estudiantes, quienes pueden acceder a sus calificaciones y monitorear su progreso de manera inmediata [40], [47]. Este tipo de herramientas digitales permite una mayor flexibilidad y transparencia en el proceso educativo, algo particularmente valioso en entornos de aprendizaje híbridos o remotos. Asimismo, el uso de plataformas como Ardora facilita la integración de un enfoque interdisciplinario, que fomenta la creatividad y el uso efectivo de las TIC. Este enfoque interdisciplinario es importante para el desarrollo de habilidades transversales que permiten a los estudiantes conectar conocimientos de diferentes áreas y aplicarlos de manera creativa a problemas complejos.

En cuanto al enfoque de aula invertida, los resultados sugieren que este modelo pedagógico promueve el desarrollo de destrezas de pensamiento analítico y crítico. Al combinar el estudio independiente previo a la clase con la participación durante las sesiones presenciales, el aprendizaje invertido favorece una mayor comprensión y reflexión sobre los contenidos, lo que contribuye al crecimiento académico de los estudiantes [41], [72]. En este sentido, la participación de los estudiantes se configura como un elemento fundamental en nuestro estudio, ya que refleja su interés en adquirir nuevos conocimientos, también su disposición para enfrentar los desafíos educativos ya sea en entornos virtuales o presenciales. Esta disposición es clave para el éxito del aprendizaje autónomo y colaborativo, características esenciales en el desarrollo de competencias en el siglo XXI [61]. Finalmente, la autonomía y motivación de los estudiantes adultos, combinadas con las herramientas y la estructura que ofrece el aula invertida, parecen ser factores importantes en el éxito deseado. Estos hallazgos permiten abrir futuras investigaciones que exploren con mayor profundidad los mecanismos específicos a través de los cuales el aula invertida impacta el aprendizaje en esta población y cómo se pueden optimizar aún más las estrategias digitales para satisfacer sus necesidades particulares.

En resumen, aunque el acceso a la tecnología sigue siendo un reto, la integración de herramientas digitales y enfoques pedagógicos innovadores como el aula invertida y el uso de plataformas tecnológicas, como Google Classroom y Ardora, ofrece un amplio potencial para mejorar la calidad educativa, especialmente en contextos de jóvenes y adultos en programas de post-alfabetización. El desafío radica en garantizar la accesibilidad tecnológica y en diseñar estrategias didácticas que aprovechen al máximo las posibilidades del aprendizaje en línea y presencial, fomentando la participación y el desarrollo de habilidades críticas en los estudiantes.

6. CONCLUSIONES

Las estrategias de aprendizaje orientadas hacia el uso de las TIC han mostrado resultados prometedores, como lo evidencian diversas investigaciones previas. En el contexto de este estudio, la implementación de un enfoque de aprendizaje invertido, apoyado por herramientas digitales como Ardora a estudiantes de séptimo año de educación básica, pertenecientes al grupo de jóvenes y adultos inscritos en el programa de post-alfabetización, ha permitido evaluar el impacto de estas tecnologías en el rendimiento y motivación. Los resultados obtenidos refuerzan la idea de que el aprendizaje activo, al combinar estudio independiente con participación dinámica en clases presenciales, empodera a los estudiantes, promoviendo habilidades cognitivas como la observación detallada, la concentración y la retención efectiva de los contenidos.

El uso de tecnologías como Ardora, tanto en modalidad en línea como fuera de línea, en dispositivos inteligentes, ha enriquecido significativamente la experiencia educativa. La

combinación de estas herramientas digitales ha ofrecido una experiencia interactiva y atractiva, estimulando el interés y la participación tanto de los estudiantes como de los docentes. Además, el empleo de plataformas como Google Classroom ha permitido una gestión más eficiente de las actividades educativas, brindando retroalimentación inmediata y facilitando el seguimiento del progreso de los estudiantes.

En términos de motivación, los estudiantes han mostrado un mayor compromiso con el proceso educativo al participar en actividades dinámicas e interactivas. Las herramientas multimediales utilizadas, como videos, presentaciones interactivas y cuestionarios en línea han resonado particularmente con las nuevas generaciones de estudiantes, quienes se sienten más cómodos y motivados al interactuar con estas tecnologías. Esto confirma que los recursos digitales, cuando son implementados de manera adecuada, mejoran la accesibilidad al contenido, y a la vez enriquecen el proceso de aprendizaje.

Desde la perspectiva docente, el uso de herramientas tecnológicas como Ardora ha permitido crear objetos de aprendizaje adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes. Esto ha facilitado la personalización del contenido y ha optimizado el tiempo dedicado a las actividades presenciales, lo que maximiza el impacto del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los docentes también se han beneficiado de la eficiencia en la generación de recursos educativos, lo que les ha permitido centrar más su atención en la interacción con los estudiantes y en la resolución de dudas.

En conclusión, la implementación del modelo de aula invertida en estudiantes de posalfabetización de séptimo año de educación básica demostró ser una estrategia pedagógica transformadora, con un impacto altamente positivo en su rendimiento académico, particularmente en áreas fundamentales como matemáticas y ciencias naturales. Los resultados evidencian una mejora importante en comparación con los métodos de enseñanza tradicionales, lo que evidencia que este enfoque, al fomentar la autonomía del estudiante adulto y facilitar una interacción más dinámica con el contenido a través de herramientas digitales, puede superar las barreras asociadas a la escolaridad incompleta y al analfabetismo digital. Este estudio además se evidencia, el potencial del aula invertida para empoderar a poblaciones educativas diversas y tradicionalmente marginadas, ofreciendo un camino hacia la mejora del aprendizaje y el desarrollo de habilidades esenciales para el siglo XXI.

En consecuencia, este estudio aporta evidencia significativa sobre la viabilidad y efectividad del aula invertida en el contexto específico de la educación de adultos en programas de post-alfabetización. Los hallazgos destacan la mejora en el rendimiento académico, también evidencian un impacto positivo en la motivación y la participación de los estudiantes, elementos decisivos para su continuidad y logro educativo. Se abre así una valiosa línea de investigación para explorar la escalabilidad de este modelo en otros contextos y niveles educativos dentro de la educación de adultos, así como para analizar en profundidad los mecanismos específicos a través de los cuales la tecnología y la pedagogía del aula invertida interactúan para generar estos resultados prometedores.

AGRADECIMIENTOS: Al equipo de administrativo de la Escuela de educación básica PEI Eloy Alfaro ubicada en la provincia de Guayas cantón Samborondón en Ecuador por la colaboración en esta investigación. A la Universidad Politécnica Salesiana por su seguimiento y acompañamiento en el proceso de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] L. O. Magnusson, "Digital technology and the subjects of literacy and mathematics in the preschool atelier", *Contemp. Issues Early Child*, vol. 24, no. 3, pp. 333–345, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/1463949120983485>

- [2] F. B. Potes-Duque and J. J. Jiménez-Contreras, “Innovación pedagógica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de matemáticas para estudiantes de Educación General Básica considerando las Tecnologías de la Información y la Comunicación”, *INNOVA Res. J.*, vol. 8, no. 3.1, pp. 25–44, nov. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.33890/innova.v8.n3.1.2023.2319>
- [3] J. Zapata Martínez and J. Llerena-Izquierdo, “Las TIC después del COVID-19: la perspectiva de los profesores universitarios”, *Congr. Docencia en Educ. Super. CODES.*, vol. 5, nov. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.15443/codes1988>
- [4] H. Heredia, E. Colombo, M. Romero, and F. Guillén-Gámez, “Sustainable Development Goals and initial training: betting on communicative competence and active methodologies from their teaching conceptions”, *Rev. Lusofona Educ.*, vol. 61, no. 61, pp. 89–108, mar. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle61.06>
- [5] F. Han, “Relations between Students’ Study Approaches, Perceptions of the Learning Environment, and Academic Achievement in Flipped Classroom Learning: Evidence from Self-Reported and Process Data”, *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 61, no. 6, pp. 1252–1274, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/07356331231162823>
- [6] Y. N. Lin, L. H. Hsia, and G. J. Hwang, “Promoting pre-class guidance and in-class reflection: A SQIRC-based mobile flipped learning approach to promoting students’ billiards skills, strategies, motivation and self-efficacy”, *Comput. Educ.*, vol. 160, 2020, jan. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104035>
- [7] M. Wagner, and D. Urhahne, “Disentangling the effects of flipped classroom instruction in EFL secondary education: When is it effective and for whom?”, *Learn. Instr.*, vol. 75, oct. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101490>
- [8] Z. Sun, and K. Xie, “How do students prepare in the pre-class setting of a flipped undergraduate math course? A latent profile analysis of learning behavior and the impact of achievement goals”, *Internet High. Educ.*, vol. 46, jul. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2020.100731>
- [9] R. Ayala-Carabajo, and J. Llerena-Izquierdo, “Bibliometric Review on a Hybrid Learning Model with VLEs from a Higher Education Context”, in *Systems, Smart Technologies and Innovation for Society*, J. P. Salgado-Guerrero, H. R. Vega-Carrillo, G. García-Fernández, and V. Robles-Bykbaev, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 148–157. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-031-52090-7_15
- [10] M. D. Rucsanda, A. Belibou, and A. M. Cazan, “Students’ Attitudes Toward Online Music Education During the COVID 19 Lockdown”, *Front. Psychol.*, vol. 12, pp. 1–10, dec. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.753785>
- [11] Á. Antón-Sancho, and M. Sánchez-Calvo, “Influence of Knowledge Area on the Use of Digital Tools during the COVID-19 Pandemic among Latin American Professors”, *Educ. Sci.*, vol. 12, no. 9, sep. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci12090635>
- [12] J. Llerena-Izquierdo, and J. Zamora-Galindo, “Using H5P Services to Enhance the Student Evaluation Process in Programming Courses at the Universidad Politécnica Salesiana (Guayaquil, Ecuador)”, pp. 216–227, oct. 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0_16

- [13] N. K. Putri, and A. Adityo, "Application of Google Classroom as E-Learning media : Teachers ' perspective", in *Strengthening Professional and Spiritual Education through 21st Century Skill Empowerment in a Pandemic and Post-Pandemic Era*, S. Arifin, A. Fauzi, T. Wiraatmaja, E. Andalas, and N. Muthohirin (Eds). Routledge. 2024, pp. 97–104. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1201/9781003376125-14>
- [14] H. Khattib, and D. Alt, "A quasi-experimental study on the advantages of digital gamification using CoSpaces Edu application in science education", *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, pp. 19963–19986, apr. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12635-w>
- [15] B. J. Zimmerman, and D. H. Schunk, *Handbook of self-regulation of learning and performance*. in Educational psychology handbook series. New York, NY, US: Routledge/Taylor & Francis Group, 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4324/9780203839010>
- [16] J. M. Prieto-Andreu, "How to Avoid Negative Effects when Gamifying in Education: Panoramic Review and Heuristic Approach towards an Instructional Model", *REMIE-MULTIDISCIPLINARY J. Educ. Res.*, vol. 14, no. 2, pp. 244–266, jun. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17583/remie.11765>
- [17] J. Llerena-Izquierdo, and L. Atiaja-Balseca, "Gamification Within the Learning Evaluation Process Using Ardora at the Salesian Polytechnic University (Guayaquil, Ecuador)", In *International Conference on Applied Technologies*, 2024 pp. 139–150 [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71503-8_11
- [18] H. Ates, "Designing a self-regulated flipped learning approach to promote students' science learning performance", *Educ. Technol. \& Soc.*, vol. 27, no. 1, pp. 65–83, 2024. [Online]. Available: [https://doi.org/10.30191/ETS.202401_27\(1\).RP05](https://doi.org/10.30191/ETS.202401_27(1).RP05)
- [19] I. Noguera Fructuoso, L. Albó, and M. Beardsley, "University students' preference for flexible teaching models that foster constructivist learning practices", *Australas. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 4, pp. 22–39, nov. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14742/ajet.7968>
- [20] M. Del Gallo, F. E. Ciarapica, G. Mazzuto, and M. Bevilacqua, "A Combination of Association Rules and Optimization Model to Solve Scheduling Problems in an Unstable Production Environment", *Manag. Prod. Eng. Rev.*, vol. 14, no. 4, pp. 56–70, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24425/mper.2023.147204>
- [21] F. Mustafa, H. T. M. Nguyen, and X. (Andy) Gao, "The challenges and solutions of technology integration in rural schools: A systematic literature review", *Int. J. Educ. Res.*, vol. 126, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102380>
- [22] K. J. Celi-Arevalo, "Technological integration for Service-Learning, methodology for meaningful learning in collaborative environments", *Proc. 2021 IEEE 1st Int. Conf. Adv. Learn. Technol. Educ. Res. ICALTER 2021*, pp. 1-4, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICALTER54105.2021.9675077>
- [23] W. Xiaofang, and W. L. N. Jocelyn, "Tracing teacher knowledge transformation across multiple levels in collaborative curriculum design: A comparative case study in China", *Int. J. Educ. Res.*, vol. 118, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102153>
- [24] Y. M. Lee, I. Jahnke, and L. Austin, "Mobile microlearning design and effects on learning efficacy and learner experience", *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 69, pp. 885–915, jan. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09931-w>

- [25] M. Furqon, P. Sinaga, L. Liliyasi, and L. S. Riza, "The Impact of Learning Management System (LMS) Usage on Students", *TEM J.*, vol. 12, no. 2, pp. 1082–1089, may. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18421/TEM122-54>
- [26] F. C. Bonafini, and Y. Lee, "Investigating Prospective Teachers' TPACK and their Use of Mathematical Action Technologies as they Create Screencast Video Lessons on iPads", *TechTrends*, vol. 65, no. 3, pp. 303–319, jan. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00578-1>
- [27] M. Bairral, and G. Aldon, "The Integration of Digital Technology in TaskDesign on Eye-Tracking Studies in Geometry", *REDIMAT-REVISTA Investig. EN Didact. LAS Mat.*, vol. 13, no. 2, pp. 164–179, jun. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17583/redimat.15041>
- [28] L. M. da Silva *et al.*, "Learning analytics and collaborative groups of learners in distance education: a systematic mapping study", *Informatics Educ.*, vol. 21, no. 1, pp. 113–146, aug. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.05>
- [29] E. G. Lyon, R. Kochevar, and J. Gould, "Making it in undergraduate STEM education: the role of a maker course in fostering STEM identities", *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 45, no. 11, pp. 946–967, jul. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2179376>
- [30] Y. Walter, "Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education", *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 21, no. 1, p. 15, feb. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- [31] S. de Almeida, and J. Viana, "Teachers as curriculum designers: What knowledge is needed?", *Curric. J.*, vol. 34, no. 3, pp. 357–374, sep. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/curj.199>
- [32] S. Z. Salas-Pilco, and Y. Yang, "Learning analytics initiatives in Latin America: Implications for educational researchers, practitioners and decision makers", *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 51, no. 4, pp. 875–891, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/bjet.12952>
- [33] L. Major, G. A. Francis, and M. Tsapali, "The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis", *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 52, no. 5, pp. 1935–1964, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/bjet.13116>
- [34] L. Daniela, A. Visvizi, C. Gutiérrez-Braojos, and M. D. Lytras, "Sustainable higher education and Technology-Enhanced Learning (TEL)", *Sustain.*, vol. 10, no. 11, oct. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su10113883>
- [35] Y. Jing, C. Wang, Y. Chen, H. Wang, T. Yu, and R. Shadiev, "Bibliometric mapping techniques in educational technology research: A systematic literature review", *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 8, pp. 9283–9311, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12178-6>
- [36] R. Summers, H. Higson, and E. Moores, "The impact of disadvantage on higher education engagement during different delivery modes: a pre- versus peri-pandemic comparison of learning analytics data", *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 48, no. 1, pp. 56–66, Jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/02602938.2021.2024793>
- [37] F. Rodriguez-Jimenez, M. E. Perez-Ochoa, and O. Ulloa-Guerra, "Educational Innovation: Exploring the Impact of the Flipped Classroom on High School Students' Academic Performance in Mathematics", *Rev. Educ.*, vol. 48, no. 1, dic. 2024. [Online]. Available:

<https://doi.org/10.15517/revedu.v48i1.55892>

- [38] S. Syahrizal, F. Yasmi, and T. Mary, “AI-Enhanced Teaching Materials for Education: A Shift Towards Digitalization”, *Int. J. Relig.*, vol. 5, no. 1, pp. 203–217, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.61707/j6sa1w36>
- [39] R. López-Chila, J. Llerena-Izquierdo, N. Sumba-Nacipucha, and J. Cueva-Estrada, “Artificial Intelligence in Higher Education: An Analysis of Existing Bibliometrics”, *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 1, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14010047>
- [40] P. Williams, “AI, Analytics and a New Assessment Model for Universities”, *Educ. Sci.*, vol. 13, no. 10, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci13101040>
- [41] J. Llerena-Izquierdo, and J. Idrovo-Llaguno, “Introducing Gamification to Improve the Evaluation Process of Programming Courses at the Salesian Polytechnic University (Guayaquil, Ecuador)”, In: Botto-Tobar, M., Zamora, W., Larrea Plúa, J., Bazurto Roldan, J., Santamaría Philco, A. (eds) Systems and Information Sciences. ICCIS 2020. *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1273 AISC, pp. 402–412, Jul. 2021. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-59194-6_33
- [42] J. Fernández-Herrero, “Evaluating Recent Advances in Affective Intelligent Tutoring Systems: A Scoping Review of Educational Impacts and Future Prospects”, *Education Sciences*, vol. 14, no. 8, aug. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14080839>
- [43] X. Xie, and T. Wang, “Artificial Intelligence: A help or threat to contemporary education. Should students be forced to think and do their tasks independently?”, *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 3, pp. 3097–3111, feb. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11947-7>
- [44] L. McNeill, and D. Fitch, “Microlearning through the Lens of Gagne’s Nine Events of Instruction: A Qualitative Study”, *TechTrends*, vol. 67, nov. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00805-x>
- [45] J. Llerena-Izquierdo, “Microlearning as a Learning Consolidation Strategy for the University Blended Learning Modality in a VLE”, in *Systems, Smart Technologies and Innovation for Society*, J. P. Salgado-Guerrero, H. R. Vega-Carrillo, G. García-Fernández, and V. Robles-Bykbaev, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, vol. 67, pp. 521–533 2024, pp. 189–198. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_17
- [46] K. F. Hew, C. Jia, D. E. Gonda, and S. Bai, “Transitioning to the ‘new normal’ of learning in unpredictable times: pedagogical practices and learning performance in fully online flipped classrooms”, *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 17, no. 1, dic. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00234-x>
- [47] R. Lopez-Chila, N. Mora-Saltos, A. Cedeño-Tello, and J. Llerena-Izquierdo, “A Learning Resource Management Model for high-enrollment Programming courses in Engineering”, in *2023 International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE)*, 2023, pp. 1–6. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICECCE61019.2023.10442311>
- [48] A. I. Miotto, J. A. Suyo-Vega, and A. da Costa Polonia, “Digital Tools Used in Face-to-face Higher Education: A Systematic Review”, *Rev. Electron. Educ.*, vol. 27, no. 3, pp. 1–19, nov. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15359/ree.27-3.17239>

- [49] A. Cedeño-Tello, and J. Llerena-Izquierdo, “Impact of homogeneous use of virtual classrooms based on a management model for teaching-learning processes”, in *2023 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, IEEE, mar. 2023, pp. 1–8. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/EDUNINE57531.2023.10102905>
- [50] H. Zhang, and M. Galaup, “Reflection on the Construction and Impact of an Adaptive Learning Ecosystem”, *Rev. Int. des Technol. en pédagogie Univ. / Int. J. Technol. High. Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 125–138, oct. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18162/ritpu-2023-v20n2-10>
- [51] P. L. S. Barbosa, R. A. F. do Carmo, J. P. P. Gomes, and W. Viana, “Adaptive learning in computer science education: A scoping review”, *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 8, pp. 9139–9188, jun. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12066-z>
- [52] J. Llerena-Izquierdo, and L.-L. Sherry, “Combining Escape Rooms and Google Forms to Reinforce Python Programming Learning”, in *Communication, Smart Technologies and Innovation for Society*, Á. Rocha, P. C. López-López, and J. P. Salgado-Guerrero, Eds., Singapore: Springer Singapore, 2022, pp. 107–116. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-4126-8_11
- [53] C. Soto, W. Jiménez, M. Ibarra, L. Moreano, and M. Aquino, “Digital educational resources to motivate environmental education in rural schools”, in *Proceedings - 14th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Oct. 2019, pp. 265–271. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/LACLO49268.2019.00052>
- [54] J. A. Huamaní Polo, "Programa Ardora y su influencia en el rendimiento académico del área de Matemática de la IE 5083 ‘San Martín de Porres’ en estudiantes del 6to. Grado Callao.2016", Tesis doctoral, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/4272>
- [55] J. Cabero-Almenara, A. Palacios-Rodríguez, M. I. Loaiza-Aguirre, and M. D. Rivas-Manzano, “Acceptance of Educational Artificial Intelligence by Teachers and Its Relationship with Some Variables and Pedagogical Beliefs”, *Education Sciences*, vol. 14, no. 7. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14070740>
- [56] Y. M. Tang, Y. Lau, and K. Y. Chau, “Towards a sustainable online peer learning model based on student’s perspectives”, *Educ. Inf. Technol.*, vol. 27, no. 9, pp. 12449–12468, nov. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11136-y>
- [57] E. Vila-Counago, U. Regueira, and E. Pernas-Morado, “The Safety Area of Digital Competence: A Mixed Method Study in Galician Primary Education Students”, *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 15, no. 4, pp. 389–398, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.3033218>
- [58] M. Detyana, R. Sanchez-Pizani, V. Giampietro, E. J. Dommett, and K. Dyer, “Hybrid flexible (HyFlex) teaching and learning: climbing the mountain of implementation challenges for synchronous online and face-to-face seminars during a pandemic”, *Learn. Environ. Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 145–159, apr. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10984-022-09408-y>
- [59] J. E. E. Umukoro, A. B. Onamusi, J. A. Egwakhe, and O. Folorunso, “New normal and competitive advantage: A higher education experience”, *Iran. J. Manag. Stud.*, vol. 16, no. 1, pp. 157–182, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22059/ijms.2022.335514.674860>

- [60] N. Zarandi, A. M. Soares, and H. Alves, “Student roles and behaviors in higher education co-creation – a systematic literature review”, *Int. J. Educ. Manag.*, vol. 36, no. 7, pp. 1297–1320, Nov. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/IJEM-08-2021-0317>
- [61] M. Isanoa-Sinche, and J. Llerena-Izquierdo, “Towards a Meaningful Experience on the Use of Digital Educational Resources and Media created at Ardora”, in *2023 IEEE Seventh Ecuador Technical Chapters Meeting (ECTM)*, nov. 2023, pp. 1–5. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ETCM58927.2023.10308988>
- [62] L. M. López Ocampo, and C. P. Rodríguez Ramos, “Ardora como recurso educativo digital para el fortalecimiento de competencias ambientales de los niños y niñas de grado segundo del IED Atabanzha”, Tesis de grado, Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11371/1591>
- [63] N. Martin-Alguacil, L. Avedillo, R. Mota-Blanco, and M. Gallego-Agundez, “Student-Centered Learning: Some Issues and Recommendations for Its Implementation in a Traditional Curriculum Setting in Health Sciences”, *Education Sciences*, vol. 14, no. 11. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14111179>
- [64] E. G. Rincon-Flores *et al.*, “Improving the learning-teaching process through adaptive learning strategy”, *SMART Learn. Environ.*, vol. 11, no. 1, jun. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00314-9>
- [65] C. P. Cortez, A. M. F. Osenar - Rosqueta, and M. S. Prudente, “Cooperative-flipped classroom under online modality: Enhancing students’ mathematics achievement and critical thinking attitude”, *Int. J. Educ. Res.*, vol. 120, no. jun. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102213>
- [66] J. M. L. Mosquera, C. G. H. Suarez, and V. A. B. Guerrero, “Effect of flipped classroom and automatic source code evaluation in a CS1 programming course according to the Kirkpatrick evaluation model”, *Educ. Inf. Technol.*, pp. 1–18, oct. 2023. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-023-11678-9>
- [67] S. R. Sobral, “Strategies on Teaching Introducing to Programming in Higher Education”, in *Trends and Applications in Information Systems and Technologies*, Á. Rocha, H. Adeli, G. Dzemyda, F. Moreira, and A. M. Ramalho Correia, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 133–150. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72660-7_14
- [68] E. Inga, J. Inga, J. Cárdenas, and J. Cárdenas, “Planning and strategic management of higher education considering the vision of latin america”, *Educ. Sci.*, vol. 11, no. 4, apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci11040188>
- [69] H. Bahadori, B. Imani, and M. Amiri, “The effects of task-based learning and mentorship on the perceived surgical competency and clinical education condition of surgical technology students”, *Nurs. MIDWIFERY Stud.*, vol. 11, no. 3, pp. 183–189, 2022. [Online]. Available: [10.4103/nms.nms_136_21](https://doi.org/10.4103/nms.nms_136_21)
- [70] E. S. Alexander, A. A. White, A. Varol, K. Appel, and C. Lieneck, “Team- and Problem-Based Learning in Health Services: A Systematic Literature Review of Recent Initiatives in the United States”, *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 5, may. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/educsci14050515>
- [71] A. A. Oktaria and L. Rahmayadevi, “Students’ Perceptions of Using Google Classroom During the Covid-19 Pandemic”, *Int. J. Educ. Manag. Innov.*, vol. 2, no. 2, may. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.12928/ijemi.v2i2.3439>

- [72] T. T. Wu, N. A. R. M. Sari, and Y. M. Huang, “Flipped jigsaw II versus conventional flipped classroom: Which approach better improves learning outcomes in the International Marketing Management course?”, *Int. J. Manag. Educ.*, vol. 21, no. 3, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100855>
- [73] E. Er, S. Silik, and S. Cansiz, “Uncovering Engagement Profiles of Young Learners in K–8 Education through Learning Analytics”, *J. Learn. Anal.*, vol. 11, no. 1, pp. 101–115, mar. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18608/jla.2024.8133>
- [74] M. M. Choe *et al.*, “Revisión sistemática sobre la relación resiliencia-rendimiento académico del alumnado en educación obligatoria: de evaluaciones a gran escala Claremont Graduate análisis”, *AULA_ABIERTA*, vol. 53, n.º 1, pp. 37–45, mar. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.17811/rifie.20419>
- [75] G. I. Puetate Manitio, T. J. Zamora Gavilanes, M. L. Puetate Manitio, J. P. De la Cruz Ordoñez, y B. Cofre Casillas, “El papel crucial de la formación docente en el desarrollo educativo de Ecuador: Perspectivas en la educación básica.”, *Rev. Científica Multidiscip. G-nerando*, vol. 5, no. 1, pp. 739–750, may 2024. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.223>
- [76] E. H. de la Torre and S. G. Miguel, “Analysis of qualitative data through the system of tables and matrices in educational research”, *Rev. Electron. Interuniv. Form. del Profr.*, vol. 23, no. 3, pp. 115–132, jul. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.6018/REIFOP.435021>
- [77] C. E. Thomas, “Teacher and student experiences in learning”, *Pacific J. Technol. Enhanc. Learn.*, vol. 2, no. 1, oct. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24135/pjtel.v2i1.21>

Copyright (2025) © Marjorie Isanoa-Sinche y Joe Llerena-Izquierdo.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material. [Ver resumen de la licencia](#).



Análisis de competencias en ciberseguridad de docentes en entornos virtuales de un IST en Guayas

(Analysis of cybersecurity Competence in Teachers in Virtual Environments at an IST in Guayas)

Karen Estacio

Instituto Superior Tecnológico ARGOS, Guayaquil, Ecuador
k_estacio@tecnologicoargos.edu.ec

Resumen: Esta investigación explora cómo la negligencia humana influye en el éxito de los ciberataques, considerándola el eslabón más débil en la seguridad de la información. Con el aumento de la educación virtual en instituciones educativas, los riesgos de ciberseguridad han crecido debido a la exposición de sistemas y datos sensibles. El estudio evalúa los conocimientos en ciberseguridad de los docentes de un Instituto Superior Tecnológico (IST) privado en Guayas, identificando brechas de seguridad sin proponer mejoras. Se utilizó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo con una encuesta validada por expertos en ciberseguridad y aplicada a 61 docentes. Los resultados mostraron un conocimiento satisfactorio en conceptos de ciberseguridad y buenas prácticas como el control de acceso físico y contraseñas robustas. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora en la identificación de amenazas como el phishing y ransomware, subrayando la necesidad de formación especializada para reforzar las defensas contra estas amenazas en evolución.

Palabras clave: Ciberseguridad, entornos educativos virtuales, ciberdelito, Instituto Superior Tecnológico, amenaza cibernética.

Abstract: This research explores how human negligence influences the success of cyberattacks, considering it the weakest link in information security. With the rise of virtual education in educational institutions, cybersecurity risks have increased due to the exposure of systems and sensitive data. The study assesses the cybersecurity knowledge of teachers at a private Higher Technological Institute (HTI) in Guayas, identifying security gaps without proposing improvements. It employed a descriptive and quantitative approach with a survey validated by cybersecurity experts and applied to 61 teachers. The results showed satisfactory knowledge of cybersecurity concepts and good practices, such as physical access control and the use of strong passwords. However, areas for improvement were identified in recognizing threats such as phishing and ransomware, highlighting the need for specialized training to strengthen defenses against these evolving threats.

Keywords: Cybersecurity, virtual educational environments, cybercrime, Technological Higher Institute, cyber threat.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una parte significativa de nuestra vida, tanto personal como profesional, se desenvuelve en el ámbito digital. Incluso profesionales o personas de campos de conocimiento diferentes a la ciberseguridad deben contar con habilidades mínimas de seguridad para resguardar tanto su información personal como la de la organización a la que pertenecen. La ciberseguridad también puede entenderse como la protección del hardware, el software, los datos y la información que existe en un sistema en línea, contra varios tipos de vulneraciones. El reconocimiento de la relevancia del conocimiento en ciberseguridad es generalizado en la actualidad; sin embargo, la aplicación generalizada de dicho conocimiento depende de las habilidades específicas en

ciberseguridad que tenga la fuerza laboral. El principal inconveniente identificado en la actualidad radica en la carencia de estas destrezas en el personal de una empresa [1].

Aunado a lo mencionado, el delito cibernético es un término amplio y abarca actividades delictivas que involucran computadoras o redes informáticas. Esto hace cada vez más crucial la comprensión de las amenazas en el entorno digital para protegerse eficazmente contra los ciberataques [2].

A pesar de la importancia de instruir a los empleados sobre conciencia en ciberseguridad, esta formación no supe la adquisición de habilidades esenciales para fortalecer la defensa de las empresas frente a los ciberataques. Resulta imperativo que las empresas dirijan recursos hacia el desarrollo de competencias de ciberseguridad en todos los niveles, tanto entre los empleados como en los roles de liderazgo. Esta inversión no solo puede aliviar la carga financiera derivada de los ciberataques, sino que también contribuye a mantener la confianza de los consumidores en las marcas empresariales [3].

El informe sobre amenazas en América Latina de Kaspersky, que examinó datos desde junio de 2022 hasta julio de 2023, comparándolos con el mismo periodo del 2021 a 2022, revela que la actividad delictiva en la región se ha mantenido constante, mientras que los ataques de malware contra computadoras y dispositivos móviles han experimentado un aumento significativo del 617 % en los ataques de phishing, junto con un incremento del 50 % en troyanos bancarios [4].

En América Latina, de acuerdo con datos recolectados por Checkpoint [5], las organizaciones dedicadas a abordar los desafíos de seguridad informática mediante soluciones globalizadas reportan que, durante el tercer trimestre de 2022, cada entidad experimentó, en promedio, un total de 1.130 ataques por semana. El sector que más ataques recibe es el de educación e investigación, seguido del sector gubernamental y, por último, del de salud, siendo estos dos últimos los que han ocupado los primeros lugares de manera sostenida a lo largo del tiempo.

El incremento, tanto en la cantidad como en la sofisticación de las amenazas de seguridad o ciberamenazas en el entorno digital genera una creciente demanda de profesionales en ciberseguridad debidamente capacitados. La efectividad en la protección y disuasión de ciberataques se encuentra estrechamente vinculada con la preparación y competencia de los expertos en el terreno, así como con el nivel de ciberalfabetización y la conciencia general de la población [6].

La negligencia y la falta de preparación humana suelen contribuir al éxito de los ciberataques. Con frecuencia, se describe al humano como el eslabón más débil en la seguridad cibernética, una caracterización respaldada por investigadores. Esto se debe no solo a la falta de conocimiento, sino también a atributos psicológicos y sesgos cognitivos que pueden influir en el juicio de un individuo en lo que respecta a la gestión de la confianza [7].

Investigaciones recientes en ciberseguridad revelan que los ciberatacantes capturan 95 contraseñas por segundo, resultando en aproximadamente un robo anual de más de tres mil millones de cuentas. Además, solo el 20 % de los usuarios cambian sus contraseñas tras compromisos de seguridad, lo que subraya la urgencia de abordar esta amenaza constante en internet [7]. Con el incremento de los incidentes cibernéticos en el ámbito educativo, se destaca la relevancia de la ciberseguridad, ya que las instituciones académicas son ahora objetivos sensibles para los hackers, lo que evidencia la vulnerabilidad de los datos [8].

La adopción de la tecnología en las instituciones educativas no solo ha mejorado la cobertura de la educación a distancia, sino que también ha aumentado la gravedad de los riesgos de ciberseguridad experimentados por las escuelas y los estudiantes [9]. Durante la pandemia de COVID-19, muchas instituciones educativas se encontraron desprovistas de profesionales en informática, incapaces de brindar entrenamiento práctico sobre tecnología y los riesgos de

ciberataques a profesores y estudiantes. Posterior a la pandemia y con el avance de las tecnologías se puede constatar que, últimamente, destaca el gran desarrollo en materias TIC [10], nuestras rutinas diarias han cambiado y nos ha empujado a organizaciones e individuos a adoptar una nueva práctica como el trabajo y educación en entornos virtualizados y remotos, lo que significa que las personas pasan más tiempo en línea [11]. La falta de estrategias y recursos de mitigación, incluyendo profesionales de ciberseguridad y especialistas en informática, permite que los hackers roben información sensible de individuos, empresas y estudiantes de los servidores de las instituciones [12].

En Ecuador, según Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información [13] en el territorio, tanto entidades del sector público como del privado, junto con representantes de la sociedad civil y la academia, se encuentran inmersos en el proceso de construcción de la Política Nacional de Ciberseguridad (PNC). Dentro de los pilares fundamentales de esta política se destaca la cultura y educación en ciberseguridad.

Este pilar se fundamenta en la necesidad de establecer buenas prácticas y fortalecer el conocimiento de la población en materia de ciberseguridad, considerando que los usuarios constituyen el principal objetivo de protección [13]. En este sentido, se reconoce a las personas como la primera línea de defensa frente a los riesgos y amenazas presentes en el ciberespacio. Este enfoque no solo resguarda a los individuos, sino que también contribuye a la formación de una fuerza laboral preparada para hacer frente a los desafíos del entorno digital [3].

El objetivo general de la investigación es realizar una completa medición y evaluación de los conocimientos básicos en ciberseguridad entre los docentes de un Instituto Superior Tecnológico (IST) del sector privado en la provincia del Guayas, destacando su papel esencial en la enseñanza dentro de entornos virtuales. Se busca principalmente determinar la capacidad de estos profesionales para prevenir ciberataques y salvaguardar información crucial.

Para alcanzar el objetivo antes mencionado, se delimitaron objetivos específicos que abarcan diversas dimensiones. En primer lugar, analizar la familiaridad de los docentes con conceptos clave en el ámbito de la ciberseguridad. Seguidamente, se evaluará la comprensión que poseen respecto a las mejores prácticas de seguridad, poniendo énfasis en su aplicabilidad en entornos educativos virtuales. Asimismo, se llevará a cabo una medición precisa de la percepción de estos profesionales en relación con las amenazas cibernéticas que puedan afectar su labor docente.

Un aspecto clave de la investigación consistirá en identificar áreas específicas de mejora en los conocimientos y prácticas de ciberseguridad de los docentes. El objetivo final es identificar factores que permitan reducir la vulnerabilidad de la institución educativa ante posibles ataques y salvaguardar la integridad de la información en el ámbito educativo virtual.

Es relevante destacar, que los objetivos planteados se enfocan exclusivamente en la identificación de brechas de seguridad, la investigación prescinde de abordar la implementación de acciones para mejorar las prácticas de seguridad de la información y sus posibles implicaciones económicas.

2. MÉTODO

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevó a cabo una investigación de tipo descriptivo, con un diseño transversal y un enfoque cuantitativo que empleó variables cualitativas. El estudio se dividió en tres fases secuenciales que se explicarán en la siguiente sección. Este enfoque metodológico riguroso garantizó la recopilación de datos relevantes y la validación adecuada del instrumento de medición utilizado, proporcionando una base sólida para el análisis posterior de los resultados.

2.1 Desarrollo

En la primera fase, se utilizó una encuesta estructurada como instrumento principal para la recolección de datos. Esta encuesta abarcó temas clave de ciberseguridad, incluyendo conocimientos sobre amenazas cibernéticas, identificación de malware y gestión de contraseñas. La Tabla 1 presenta un desglose detallado de los temas, subtemas y los indicadores que se buscaban medir, los cuales se definieron tras una revisión exhaustiva de la literatura. La encuesta consta de once preguntas organizadas por tema, detalladas en la Tabla 2. Cada pregunta fue cuidadosamente diseñada y estructurada basándose en un análisis riguroso de la literatura disponible en bases de datos reconocidas como IEEE, ACM y ScienceDirect.

Tabla 1. Temas y subtemas de seguridad de gestión de seguridad de la información.

Tema	Subtemas	Resultados a medir	Autores
Conceptos básicos de ciberseguridad	Ciberseguridad	Comprender la definición básica de los componentes de la ciberseguridad y los delitos cibernéticos.	
	Ciberspacio	Identificar información de carácter sensible.	[14] [9]
	Delitos cibernéticos	Identificar consecuencias de un ciberataque.	
Seguridad física de dispositivos	Seguridad física de dispositivos móviles	Comprender requisitos para la seguridad en dispositivos móviles y PC.	[15]
	Seguridad física de PC	Identificar funciones de seguridad integradas en dispositivos móviles y PC.	[16] [17]
		Comprender la importancia de la actualización de seguridad en sistemas operativos de PC y dispositivos móviles.	[15]
Uso y gestión de contraseñas	Requisitos de construcción de contraseñas	Comprender el requisito de una contraseña segura.	[16] [2] [14] [17]
	Riesgos asociados con gestión inadecuada de contraseñas	Identificar los riesgos de una contraseña débil en sistemas de información.	[8] [15]
Comunicación segura	Identificación de redes inalámbricas seguras	Comprender la importancia de acceder a los sistemas de información de la institución a través de redes alámbricas y/o inalámbricas seguras.	[2] [17] [14] [15]
		Analizar los riesgos al acceder a los sistemas de información de la institución y compartir archivos a través de redes alámbricas y/o inalámbricas inseguras.	

	Definición o noción de malware.	Uso de antivirus para protección contra malware y virus en dispositivos móviles y PC.	[2]
Protección de malware	Clasificación de malware.	Identificar las medidas preventivas para el malware.	[14] [17] [15]
	Mejores prácticas para prevenir malware	Comprender los riesgos de abrir archivos adjuntos maliciosos	

En la segunda fase, se llevó a cabo la validación del cuestionario propuesto mediante la evaluación de un grupo de cuatro expertos, como recomienda Hernández-Nieto [17], la selección de los mismos fue del tipo intencionado, de modo que permitiera elegir cuidadosamente a los evaluadores con base en sus conocimientos, experiencia, experticia en el tema de estudio y evaluación de riesgos en seguridad de la información.

La tercera etapa se centró en la aplicación del cuestionario a un grupo de sesenta y un docentes de diversas áreas del conocimiento que imparten clases en modalidad online en un IST del sector privado, que posee cinco campus distribuidos geográficamente en la provincia del Guayas. El nombre de la institución no se revela en la presente investigación por motivos de confidencialidad; sin embargo, se obtuvo consentimiento informado por parte de las autoridades para ejecutar el estudio. La selección de la muestra se realizó de manera no probabilística por conveniencia, considerando la disponibilidad y accesibilidad de los participantes.

Se estableció comunicación con los cuatro expertos elegidos, mediante el envío de correos electrónicos, en el cual se le solicitó su valiosa contribución a la investigación, se adjuntaron el cuestionario y el formato de evaluación de pertinencia del cuestionario considerando siete criterios (ver Figura 1) [17]. Se explicó detalladamente los criterios de evaluación del instrumento y la escala de valoración, cada experto tuvo la oportunidad de expresar su consentimiento y aprobación para participar en la investigación.

Escala de Valores							
1 = Inaceptable 2 = Deficiente 3 = Regular 4 = Bueno 5 = Excelente							
Contenido			Evaluación				
Item	Criterio	Observaciones	1	2	3	4	5
1	Pertinencia		☐	☐	☐	☐	☐
	Claridad Conceptual		☐	☐	☐	☐	☐
	Redacción y Terminología		☐	☐	☐	☐	☐
	Respuesta Correcta		☐	☐	☐	☐	☐
	Distractores Apropriados		☐	☐	☐	☐	☐
	Niveles de Dificultad		☐	☐	☐	☐	☐
	Formato		☐	☐	☐	☐	☐

Figura 1. Formato de evaluación del instrumento por experto.

Fuente: Elaboración propia a partir de [18].

Tabla 2. Preguntas utilizadas en el cuestionario.

Ítem	Pregunta	Sección y tema relacionado
1	¿Cómo describiría a la ciberseguridad?	Conceptos básicos de ciberseguridad
2	En función de su conocimiento ¿Qué es un delito cibernético?	Conceptos básicos de ciberseguridad
3	Seleccione los tipos de amenazas cibernéticas que conoce	Conceptos básicos de ciberseguridad
4	¿Qué medida (s) de seguridad utiliza para proteger su dispositivo móvil?	Seguridad física de dispositivos
5	¿Qué medida (s) de seguridad utiliza para proteger su PC?	Seguridad física de dispositivos
6	Seleccione el/los tipos de contraseña que utiliza habitualmente para acceder a las plataformas institucionales	Uso y gestión de contraseñas
7	¿Con qué frecuencia realiza el cambio de contraseña de acceso a las plataformas de la institución?	Uso y gestión de contraseñas
8	Para acceder remotamente a la plataforma educativa de la institución utiliza:	Comunicación segura
9	¿Cuál (es) de las siguientes opciones describiría a un malware?	Protección de malware
10	Seleccione los tipos de malware que conoce:	Protección de malware
11	¿Con qué tipo de consecuencia relacionaría a un malware?	Protección de malware

Una vez que los expertos remitieron el formato de evaluación del cuestionario se procedió utilizar la fórmula de Coeficiente de Validez de Contenido (CVC) (ver Ecuación 1) que se define como el promedio de los Coeficientes de Validez de Contenido de cada pregunta de la encuesta. [18].

$$CVC = CVC_i - Pe_i \quad (1)$$

Donde CVC_i es resultado de la Ecuación 2.

$$CVC_i = \frac{M_x}{Vmax} \quad (2)$$

M_x representa la media del elemento en la puntuación dada por los expertos y $Vmax$ la puntuación máxima que el ítem podría alcanzar. Por otro lado, debe calcularse el error asignado a cada ítem (Pe_i), de este modo se reduce el posible sesgo introducido por alguno de los jueces, (ver Ecuación 3), siendo j el número de expertos participantes.

$$Pe_i = \left(\frac{1}{j}\right)^j \quad (3)$$

La implementación del cuestionario en línea se llevó a cabo mediante la aplicación Google Forms, y los datos resultantes fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando Microsoft Excel. Este procedimiento facilitó la adquisición de la información esencial para el análisis dentro del marco de este estudio. El enlace al cuestionario fue enviado a los 61 docentes participantes a través del correo electrónico institucional, detallando el propósito de la investigación para su conocimiento. La encuesta se distribuyó respetando rigurosamente los principios éticos, garantizando el anonimato y la confidencialidad de los participantes. Antes de su participación, se obtuvo el consentimiento informado, asegurando la confidencialidad de las respuestas recopiladas.

3. DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la validación del cuestionario

Los resultados obtenidos de la aplicación del formato de evaluación y validación del instrumento desarrollado para la presente investigación por parte de los expertos (ver Tabla 3), resultó poseer un Coeficiente de Validez de Contenido alto de 0,86 (superior a 0,8) conforme [17].

3.2 Resultados del cuestionario aplicado para determinar las medición y evaluación de los conocimientos básicos en ciberseguridad entre los docentes de un IST del sector privado en la provincia del Guayas que imparten clases en entornos virtuales.

El análisis de los resultados del cuestionario compartido a los docentes participantes revela estadísticamente mediante la interpretación de las frecuencias relativas de forma significativa sobre la percepción de los docentes en cuanto a la ciberseguridad (Figura 2). Se observa que el 33 % la asocia exclusivamente con la protección de la información, mientras que un 18 % la vincula tanto con la protección de sistemas como con medidas de seguridad en línea.

Es relevante señalar que el 59 % de los docentes evaluados eligió definir un delito cibernético como aquel cometido con la intención de dañar o interrumpir un sistema o red (Figura 3), mientras que, solo un 2 % manifestó desconocer la respuesta.

Tabla 3. Resultados de aplicación del Coeficientes de Validez de Contenido al instrumento.

Ítem	E1	E2	E3	E4	S _{x1}	M _x	CVC _i	P _{ei}	CVC _{tc}
1	33	25	34	26	118	3,371	0,843	0,004	0,839
2	32	28	29	27	116	3,314	0,829	0,004	0,825
3	30	25	35	28	118	3,371	0,843	0,004	0,839
4	34	29	35	28	126	3,600	0,900	0,004	0,896
5	33	32	31	28	124	3,543	0,886	0,004	0,882
6	33	27	34	35	129	3,686	0,921	0,004	0,918
7	28	27	28	32	115	3,286	0,821	0,004	0,818
8	35	30	28	28	121	3,457	0,864	0,004	0,860
9	35	34	28	30	127	3,629	0,907	0,004	0,903
10	31	28	28	29	116	3,314	0,829	0,004	0,825
11	27	35	28	32	122	3,486	0,871	0,004	0,868
Coefficiente de Validez de Contenido									0,861

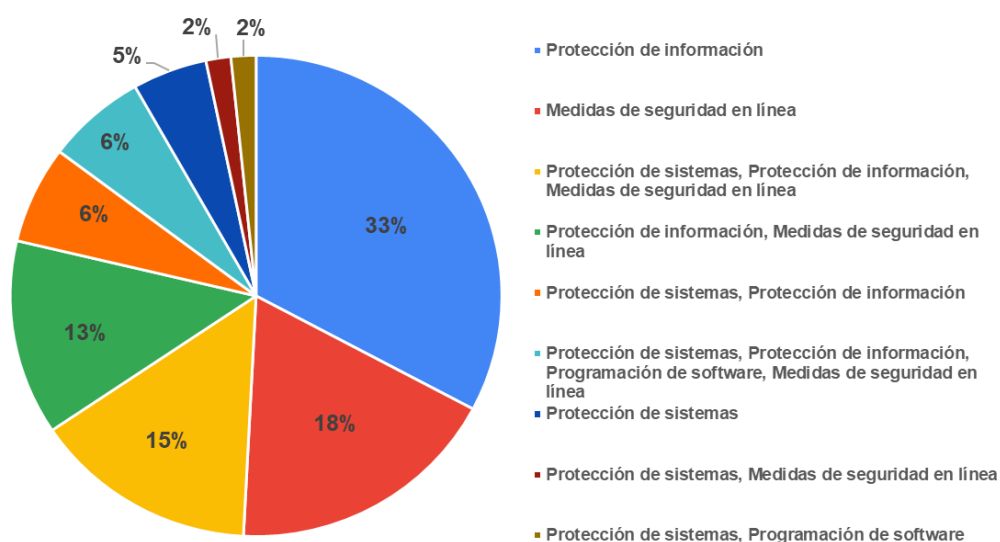


Figura. 2. Descripción de la ciberseguridad por parte de los encuestados.

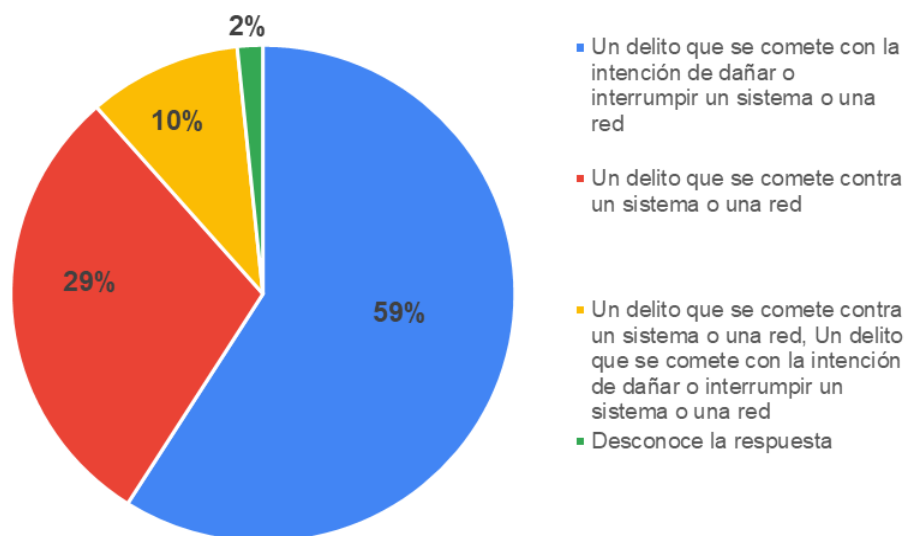


Figura 3. Percepción de la descripción delito cibernético.

En lo que respecta a la pregunta sobre los tipos de delitos cibernéticos, se proporcionó una lista de opciones de selección múltiple (Figura 4). El 95 % de los participantes seleccionó robo de información, el 72 % optó por ciber espionaje, y el 70 % eligió fraude.

En la primera sección, “Conceptos básicos de ciberseguridad” (Tabla 2), los resultados obtenidos revelan que los participantes demuestran un nivel de conocimiento satisfactorio en relación con los conceptos asociados a la ciberseguridad y el delito cibernético. Sin embargo, al abordar la identificación de tipos específicos de amenazas en el ciberespacio, que podrían tener repercusiones significativas, como lo es el phishing, se observa que solo 39 docentes lo seleccionaron, asimismo, 33 de ellos optó por malware.

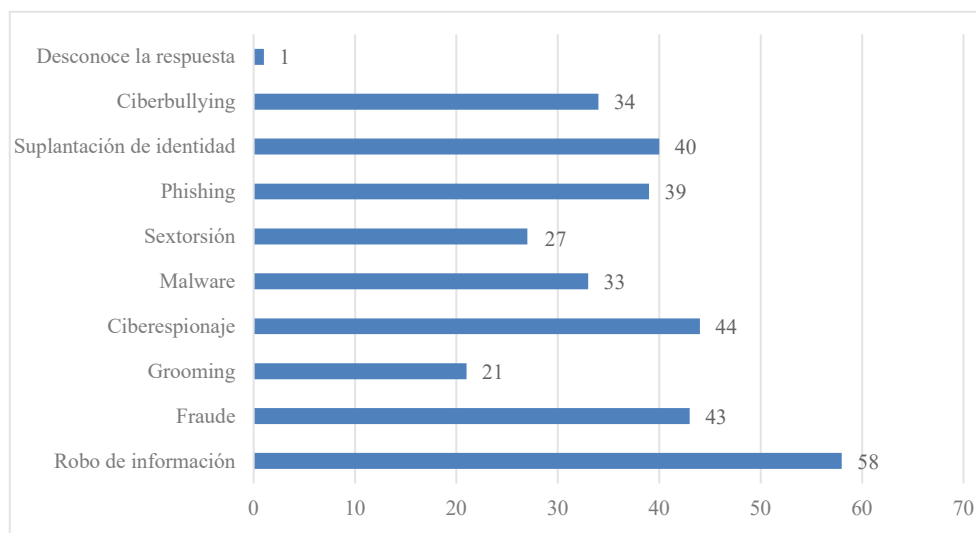


Figura. 4. Tipos de amenazas cibernéticas que conocen los encuestados.

La Figura 5 detalla los resultados destinados a evaluar las medidas de seguridad implicadas a la protección de los dispositivos móviles considerando que dicho dispositivo le permite al docente conectarse hacia las plataformas institucionales que albergan información confidencial y sensible,

el 70 % utiliza un código PIN o un patrón para desbloquear su dispositivo, mientras que el 56 % seleccionaron activar autenticación de dos factores al igual que actualizar el sistema operativo.

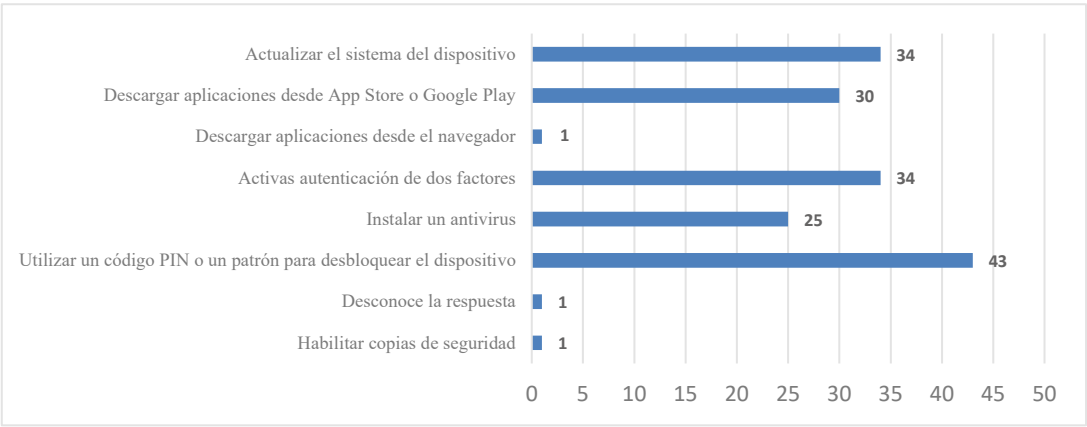


Figura 5. Medida (s) de seguridad utilizadas para proteger dispositivos móviles.

En cuanto a las medidas de seguridad destinadas a proteger la PC durante las conexiones a plataformas institucionales, se formuló una pregunta de selección múltiple (Figura 6). El 83 % de los participantes optaron por la instalación de un antivirus, el 25 % seleccionaron la actualización del sistema operativo y la utilización de un firewall. Al analizar la sección dedicada a la “Seguridad física de dispositivos” (Figura 5) y (Figura 6), se puede interpretar un alto grado de aplicación de estas medidas por parte de los participantes.

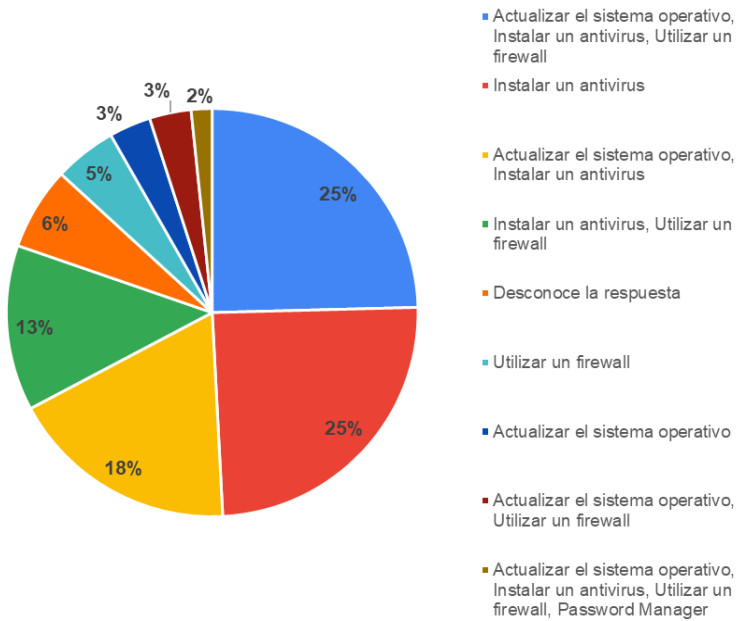


Figura 6. Medida (s) de seguridad utilizadas para proteger la PC.

En la sección dedicada al “Uso y gestión de Contraseñas” (Tabla 2), se llevó a cabo una evaluación específica de los requisitos de construcción de contraseñas. A través del cuestionario, se solicitó a los participantes seleccionar los tipos de contraseñas que emplean. Es relevante resaltar que un considerable 88 % de los encuestados opta por contraseñas que incluyen una combinación de letras, números y símbolos, lo cual sugiere una práctica robusta en la creación de

contraseñas. Por otro lado, únicamente un 5 % indicó utilizar fechas importantes como parte de sus contraseñas (Figura 7). Este hallazgo resalta la prevalencia de prácticas de seguridad sólidas al construir contraseñas entre la mayoría de los participantes, con una precaución hacia el uso de información personal y confidencial significativa.

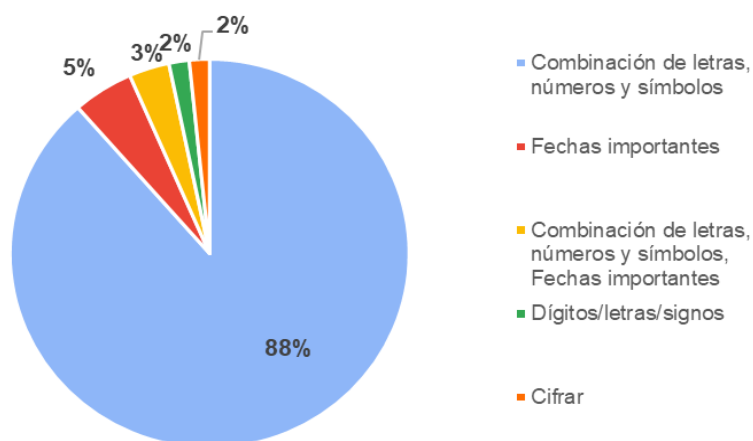


Figura 7. Tipos de contraseña que utiliza habitualmente para acceder a las plataformas institucionales.

En lo que respecta a la frecuencia de cambio o actualización de contraseñas (Figura 8), se observaron diversas prácticas entre los participantes. Un 29 % de ellos opta por llevar a cabo esta actualización anualmente, mientras que un 25 % lo hace únicamente una vez desde la asignación inicial de la contraseña temporal o por defecto. De manera preocupante, un 10 % de los participantes admitió nunca haber realizado la actualización de su contraseña, prefiriendo mantener la contraseña asignada por defecto. Este último hallazgo destaca la importancia de concientizar sobre la necesidad de prácticas regulares de cambio de contraseñas para fortalecer la seguridad en el acceso a plataformas y sistemas institucionales.

Dentro de la sección dedicada a la “Comunicación Segura”, se abordó específicamente el tipo de red que los docentes emplean al conectarse a las plataformas institucionales desde ubicaciones remotas (Figura 9). El 89 % de los participantes indicó seleccionar la red wifi de su hogar, señalando una preferencia notoria por la familiaridad y confiabilidad de esta conexión. Además, el 53 % expresó su preferencia por conectarse específicamente a través de la red wifi doméstica, mientras que un 38 % opta por utilizar datos móviles para esta finalidad.

Estos resultados revelan un patrón interesante en el comportamiento de conexión remota de los docentes, destacando la preeminencia de la red wifi del hogar como la elección principal. Asimismo, es alentador observar que un porcentaje significativo evita el uso de redes públicas para el acceso remoto, lo cual indica una conciencia de seguridad y una práctica prudente entre los participantes.

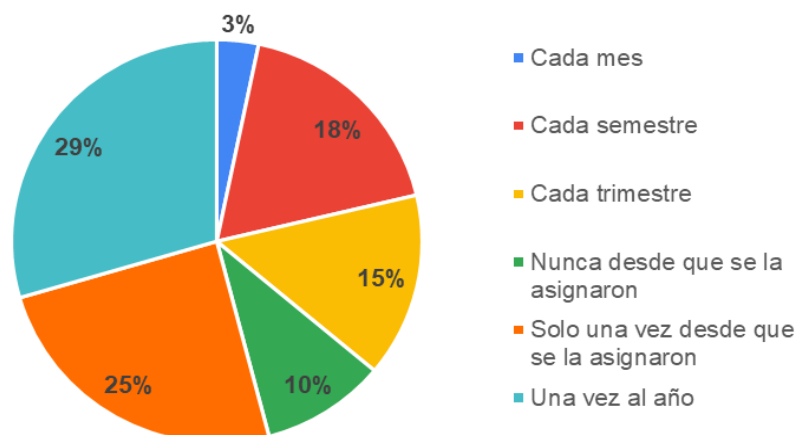


Figura 8. Frecuencia de cambio de contraseña de acceso a las plataformas de la institución.

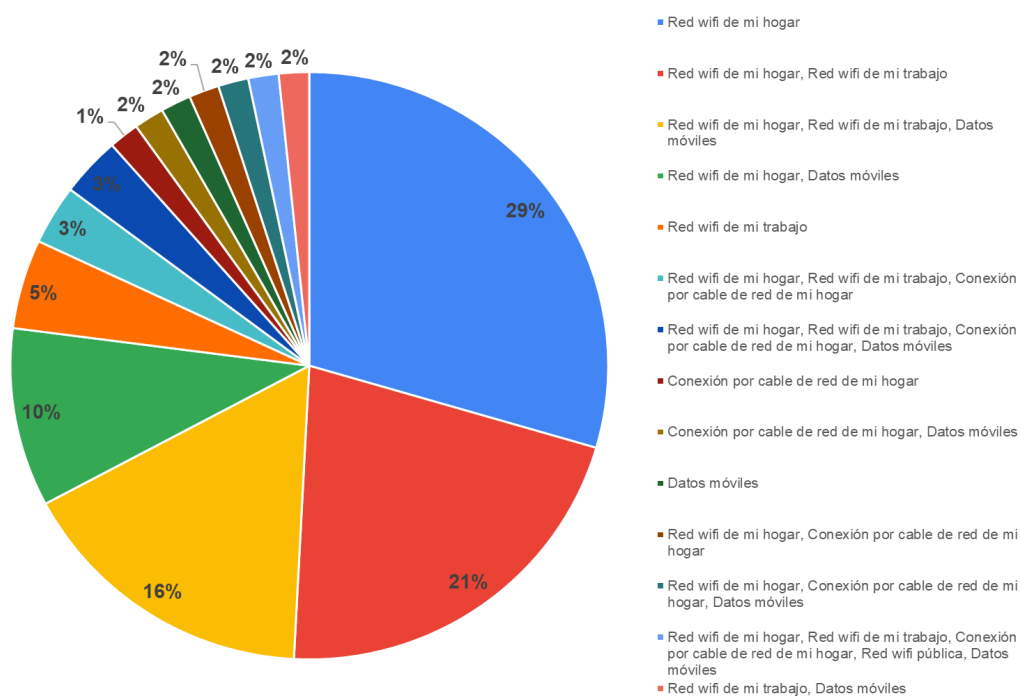


Figura 9. Tipo de red que utilizan encuestados para acceder remotamente a la plataforma educativa de la institución.

La sección sobre “Protección de Malware” se diseñó para evaluar la comprensión del malware y su prevención. Las preguntas 10 a 12 se centraron en este aspecto (Tabla 2). La Figura 10 revela que un notable 84 % de los participantes identifica el malware como un software malicioso, mientras que el 41 % lo asocia con software que roba información. Solo un pequeño 7 % desconoce la respuesta.

Estos resultados evidencian un entendimiento generalizado entre los participantes sobre la naturaleza maliciosa del malware, con una mayoría que lo identifica como un tipo de software con intenciones nocivas. La asociación con el robo de información también resalta la conciencia de las amenazas asociadas al malware por parte de un porcentaje significativo de los encuestados.

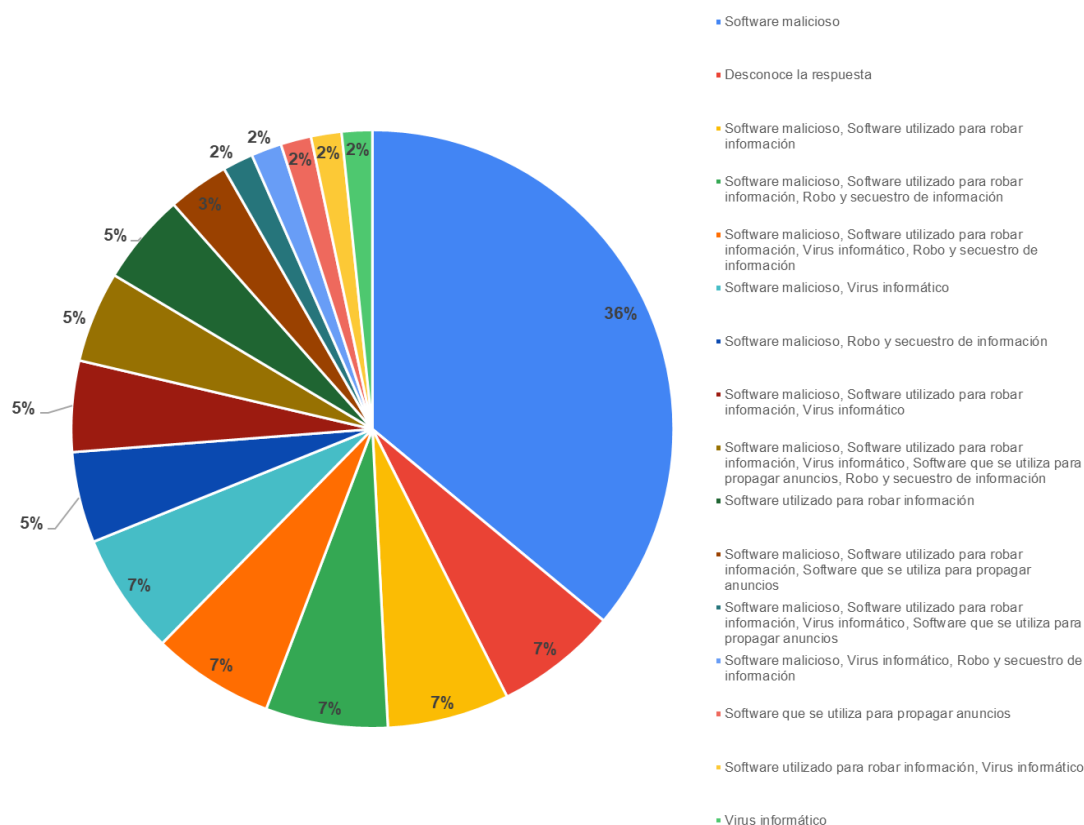


Figura 10. Descripción de un malware según los encuestados.

Al solicitar a los participantes que identifiquen los tipos de malware que conocen mediante una selección múltiple, se encontró que 47 docentes seleccionaron troyanos. Por otro lado, 9 indicaron desconocer la respuesta (Figura 11).

Estos resultados evidencian un conocimiento sustancial entre los participantes sobre tipos particulares de malware, con una notoria preeminencia en la comprensión de los troyanos. La diversidad de opciones seleccionadas resalta la variabilidad en los conocimientos sobre amenazas de malware entre los encuestados, siendo notable que solo el 33 % tiene conocimientos sobre el ransomware. Este tipo de malware es especialmente peligroso, ya que secuestra información mediante extorsiones con fines económicos, siendo importante la concientización sobre esta amenaza crítica.

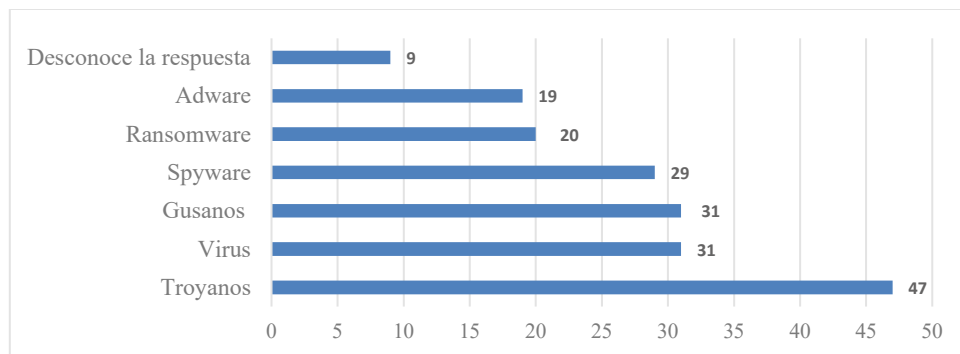


Figura 11. Tipos de malware que conocen los encuestados.

En cuanto a las consecuencias asociadas al malware, las cifras más destacadas revelan que el 44 % de los encuestados identificaron daño a los sistemas informáticos como una consecuencia relevante, mientras que el 15 % señaló el robo de información (Figura 12). De manera preocupante, solo un 3 % seleccionó la interrupción del negocio y la pérdida de productividad como posibles consecuencias.

Estos resultados plantean inquietudes, ya que la baja identificación de la conexión entre los riesgos graves de un ataque de malware y las posibles repercusiones en la operación y productividad de la institución destaca la necesidad de una mayor conciencia sobre la importancia de protegerse contra estas amenazas para garantizar el funcionamiento ininterrumpido de la institución.

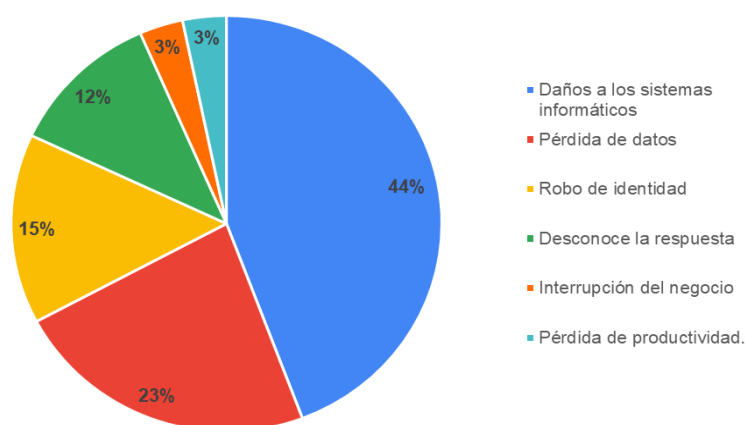


Figura 12. Tipo de consecuencia relacionada a un malware según los encuestados.

4. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten concluir que, entre el grupo de docentes participantes, existe una comprensión generalizada de los conceptos básicos de ciberseguridad, lo que sugiere una familiaridad con temas fundamentales como la importancia de las contraseñas seguras, el control de acceso a los sistemas y las medidas de protección física. Sin embargo, a pesar de este conocimiento general, se identificaron áreas críticas de mejora, particularmente en la conciencia y el reconocimiento de amenazas específicas, como el phishing, el ransomware y otros tipos de ciberataques avanzados que se han vuelto más comunes en los últimos años.

Esta brecha de conocimiento sugiere que, si bien los docentes tienen un entendimiento básico de cómo proteger la información, hay un déficit en su capacidad para identificar y responder a amenazas más sofisticadas que evolucionan constantemente en el panorama digital, relacionadas a extorsiones y secuestro de información que podría detener la operación y actividades de la Institución Académica.

Los resultados destacan que la mayoría de los docentes utiliza contraseñas seguras y adopta medidas de seguridad física en dispositivos. Sin embargo, existe un espacio para mejorar la frecuencia de cambio de contraseñas y la comprensión de las consecuencias institucionales, por materialización del malware relacionado a suplantación de identidad. En la sección de conexiones y acceso a la red, es alentador mencionar que la mayoría de los docentes prefiere conexiones seguras al acceder a plataformas institucionales, evitando redes públicas.

Este estudio proporciona una visión valiosa sobre la preparación en ciberseguridad de los docentes en entornos virtuales de distintas áreas del conocimiento en formación académica. Aunque se demuestre un entendimiento medianamente alto, la continua formación y

concientización son esenciales para mantenerse al día con las amenazas emergentes y fortalecer las defensas en un mundo digital en constante cambio. El análisis de implementación de programas de capacitación específicos puede mejorar significativamente la resiliencia contra ciberataques, asegurando un entorno educativo virtual más seguro y protegido.

Aunque esta investigación no abordó directamente la implementación de acciones para mejorar las prácticas de seguridad de la información ni sus posibles implicaciones económicas, se sugiere que, con base en los resultados obtenidos, se elaboren políticas de seguridad de la información orientadas a cubrir las brechas identificadas. Estas políticas deberían contemplar medidas claras y aplicables que fortalezcan la gestión de riesgos, aumenten la concienciación y garanticen un enfoque sostenible para proteger los activos digitales de la institución académica.

REFERENCIAS

- [1] B. J. Blažič, "The cybersecurity labour shortage in Europe: Moving to a new concept for education and training", *Technol. Soc.*, vol. 67, pp. 101769, nov. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101769>
- [2] P. Zaqueu, and T. Mawela, "Factors Contributing to Cybersecurity Awareness, Education and Training", in *Proceedings of NEMISA Digital Skills Conference 2023: Scaling Data Skills For Multidisciplinary Impact*, pp. 69-58, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29007/14ph>
- [3] M. Adams, and M. Makramalla, "Cybersecurity Skills Training: An Attacker-Centric Gamified Approach", *Technol. Innov. Manag. Rev.*, vol. 5, no. 1, pp. 5-14, jan. 2015. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/2053/f0a9b61a83e861c00e656c9f53fd9b086930.pdf>
- [4] "Cómo proteger tus datos en línea usando un gestor de contraseñas", Kaspersky, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.kaspersky.es/resource-center/preemptive-safety/protecting-your-data-online-password-manager>
- [5] "Check Point Research: Third quarter of 2022 reveals increase in cyberattacks and unexpected developments in global trends", Check Point Research Team, 2022. [Online]. Available: <https://blog.checkpoint.com/2022/10/26/third-quarter-of-2022-reveals-increase-in-cyberattacks>
- [6] A. Brilingaitė, L. Bukauskas, and A. Juozapavičius, "A framework for competence development and assessment in hybrid cybersecurity exercises", *Comput. Secur.*, vol. 88, pp. 101607, jan. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101607>
- [7] A. A. Garba, F. Jeribi, I. Al-Shourbaji, M. Alhameed, F. Reegu, and S. Alim, "An Approach To Weigh Cybersecurity Awareness Questions In Academic Institutions Based On Principle Component Analysis: A Case Study Of Saudi Arabia", vol. 10 no. 4, apr. 2021. [Online]. Available: <https://www.ijstr.org/final-print/apr2021/An-Approach-To-Weigh-Cybersecurity-Awareness-Questions-In-Academic-Institutions-Based-On-Principle-Component-Analysis-A-Case-Study-Of-Saudi-Arabia.pdf>
- [8] I. L. Suarez Cruz, A. Escobar Díaz, y H. Vacca González, "Unidades de climatización para centro de datos", *Rev. Vínculos*, vol. 16, no. 1, pp. 128-147, jun. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/2322939X.15273>
- [9] Z. Yan, Y. Xue, and Y. Lou, "Risk and protective factors for intuitive and rational judgment of cybersecurity risks in a large sample of K-12 students and teachers", *Comput. Hum. Behav.*, vol. 121, pp. 106791, aug. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106791>

- [10] M. J. Garrido Antón, y Á. García-Collantes, "El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación. La importancia de la formación, la información y la sensibilización", *Rev. Tecnol. Cienc. y Educ.*, pp. 155-182, jan. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.51302/tce.2022.660>
- [11] "Sector de Desarrollo de la UIT: Fomento de la transformación digital mundial", ITU, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-d-driving-ict-led-development-worldwide.aspx>
- [12] W. J. Triplett, "Addressing Cybersecurity Challenges in Education", *Int. J. STEM Educ. Sustain.*, vol. 3, no. 1, pp. 47-67, jan. 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/366844898_Addressing_Cybersecurity_Challenges_in_Education
- [13] "Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2022-2025", Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/Plan-de-Servicio-Universal-signed-signed-signed-signed-signed.pdf>
- [14] M. Khader, M. Karam, and H. Fares, "Cybersecurity Awareness Framework for Academia", *Information*, vol. 12, no. 10, pp. 417, oct, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/info12100417>.
- [15] L. Kraus, V. Švábenský, M. Horák, V. Matyás, J. Vykopal, and P. Celeda, "Want to Raise Cybersecurity Awareness? Start with Future IT Professionals", en *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*, Turku Finland: ACM, jun, 2023, pp. 236-242. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3587102.3588862>.
- [16] A. Nagarajan, J. M. Allbeck, A. Sood, and T. L. Janssen, "Exploring game design for cybersecurity training", in *2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, Bangkok: IEEE, may 2012, pp. 256-262. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/CYBER.2012.6392562>.
- [17] M. Choi, Y. Levy, and H. Anat, "The Role of User Computer Self-Efficacy, Cybersecurity Countermeasures Awareness, and Cybersecurity Skills Influence on Computer Misuse", in *Proceedings of the Eighth Pre-ICIS Workshop on Information Security and Privacy*, Milano, December 14, 2013. [Online]. Available: <https://aisel.aisnet.org/wisp2012/29/>
- [18] I. Pedrosa, J. Juarros-Basterretxea, A. Robles-Fernández, J. Basteiro, y E. García-Cueto, "Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?", *Univ. Psychol.*, vol. 14, no. 1, oct. 2014. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy14-1.pbad>

Copyright (2025) © Karen Estacio.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material. [Ver resumen de la licencia.](#)



Uso de ChatGPT y sus implicaciones en la comunidad académica y científica: fallos, mal uso y retos

(Use of ChatGPT and its implications in the academic and scientific community: failures, misuse and challenges)

Wilian J. Pech-Rodríguez, Eddie N. Armendáriz-Mireles, Carlos A. Calles-Arriaga, Enrique Rocha-Rangel
Universidad Politécnica de Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México
wpechr@upv.edu.ec, earmendarizm@upv.edu.ec, ccallesa@upv.edu.mx, erochar@upv.edu.mx

Resumen: En el presente artículo se analizan de manera sistemática las principales ventajas y limitaciones del uso de la inteligencia artificial (IA) conversacional, específicamente ChatGPT, como herramienta de apoyo en la redacción de ensayos dentro del ámbito académico y científico. Asimismo, se abordó la resolución de problemas seleccionados en matemáticas y ciencias, con el objetivo de evaluar la eficacia de esta plataforma. Para ello, se diseñó y ejecutó un estudio de caso con enfoque sistemático, mediante el cual se recopiló y analizaron datos generados por el *chatbot*. En el marco de este estudio, se redactaron ensayos sobre seis temáticas distintas, cuyas secciones introductorias fueron elaboradas utilizando ChatGPT. Paralelamente, se resolvieron seis problemas matemáticos que incluían temas como integrales, transformada Z, transformada de Laplace y ecuaciones diferenciales ordinarias. Además, se solicitó al modelo la definición y el procedimiento de cálculo de la tenacidad a la fractura de materiales. El análisis de los datos permitió concluir que ChatGPT es capaz de generar textos con una estructura gramaticalmente correcta y con coherencia sintáctica en un corto período de tiempo. Sin embargo, las introducciones generadas mostraron un contenido limitado, predominantemente basado en información general, sin alcanzar niveles de argumentación crítica. En cuanto a la resolución de problemas matemáticos, se observó que, en su estado actual, la plataforma presenta limitaciones significativas para abordar problemas complejos, lo cual evidencia la necesidad de mejoras sustanciales en su rendimiento para aplicaciones en el ámbito matemático.

Palabras clave: Inteligencia artificial, plataforma digital, asistente conversacional, algoritmos de aprendizaje automático.

Abstract: This article systematically analyzes the main advantages and limitations of using conversational artificial intelligence (AI), specifically ChatGPT, as a support tool for essay writing in academic and scientific contexts. Additionally, selected problems in mathematics and science were addressed to evaluate the effectiveness of this platform. To this end, a systematic case study was designed and implemented, through which data generated by the chatbot were collected and analyzed. As part of the study, essays were written on six different topics, with the introductory sections produced using ChatGPT. In parallel, six mathematical problems were solved, covering topics such as integrals, Z-transform, Laplace transform, and ordinary differential equations. Furthermore, the model was prompted to provide the definition and calculation method for the fracture toughness of materials. The data analysis led to the conclusion that ChatGPT is capable of generating grammatically correct and syntactically coherent texts within a short time frame. However, the generated introductions were limited in content, relying mostly on general information and lacking critical argumentation. Regarding the mathematical case study, it was observed that, in its current state, the platform exhibits significant limitations in solving complex equations, highlighting

the need for substantial improvements to enhance ChatGPT's performance in mathematical applications.

Keywords: Artificial intelligence, digital platform; conversational assistant; machine learning algorithms.

1. INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes, la comunidad académica y científica ha expresado su preocupación por el uso de ChatGPT (GPT es el acrónimo de *Generative Pre-trained Transformer*) y su implicación en comportamientos poco éticos que dan lugar a manuscritos o códigos redactados de forma no original [1], [2]. ChatGPT es un potente *chatbot* de inteligencia artificial (IA) presentado en noviembre de 2022 por la organización *OpenAI* y fue creado para interactuar con los usuarios a través de un asistente que puede responder a una pregunta en todos los campos o traducir texto en varios idiomas [3], [4]. Además, esta IA conversacional es demasiado sensible a la pregunta escrita en el asistente. Los usuarios deben formular correctamente sus preguntas o intentarlo varias veces para obtener un resultado positivo.

Esta plataforma fue entrenada para responder a preguntas de seguimiento de forma similar a la humana o en lenguaje natural y puede aprender de sus errores. Cabe mencionar que este modelo de IA conversacional se ha lanzado al público de forma gratuita como parte de un programa de prueba de investigación preliminar [5]. Por lo tanto, es necesario abordar algunas cuestiones como: ¿Es ChatGPT un riesgo o una oportunidad para la educación y las escuelas? ¿Deben temer los profesores y las universidades el uso de esta herramienta y la proliferación de otras similares? Especialistas en educación y tecnología de varias universidades de todo el mundo coinciden en que existen retos, pero también explican el panorama de cambio y adaptación. ChatGPT tomó por sorpresa al sector educativo. Hoy es ChatGPT y mañana puede ser otra IA.

Por tanto, lo esencial es que comprendamos que el futuro será incierto y puede cambiar rápidamente; entonces, tenemos que ser flexibles y ágiles. En este contexto, Microsoft anunció que había equipado su motor de búsqueda *Bing* con una versión más potente de ChatGPT y permitió a un grupo selecto de personas interactuar con él. El *chatbot* llegó incluso a expresar su «deseo» de ser humano ocasionalmente. Los expertos no tardaron en afirmar que el programa carecía de personalidad y no podía sentir emociones.

Pero no sólo en el ámbito académico existe preocupación. El sector laboral ha expresado su inquietud porque esta IA podría sustituir a los humanos en la mano de obra [6]. En realidad, los programadores están preocupados porque ChatGPT puede compilar cualquier algoritmo rápidamente. Incluso los editores de reconocidas revistas académicas temen las posibles implicaciones del uso de este *chatbot* para escribir artículos científicos. En este sentido, *Springer Nature* ha propuesto y adoptado algunas políticas editoriales, como un *software* para identificar las fábricas de artículos y el plagio [7]. Rospligliosi mencionó el riesgo de abusar de ChatGPT al escribir redacciones o poner deberes a los alumnos [8].

La información mencionada anteriormente muestra que la mayoría de los trabajos publicados están relacionados con las desventajas de adoptar ChatGPT en el ámbito académico y científico. En este trabajo, adoptamos un estudio sistemático para demostrar los pros y los contras de esta plataforma de IA. Gordijn y Have [1] informaron que, tras realizar varias tareas a este *chatbot*, observaron que esta plataforma incurre en errores extraños como la redundancia en la información. Este último resulta de un modelo entrenado sin supervisión que permite aprender datos no validados en Internet [5]. En este contexto, Stokel-Walker informó de que ChatGPT utiliza referencias irrelevantes, y esta plataforma sólo utiliza patrones de palabras anteriores para crear uno nuevo; en otras palabras, no hay análisis [9]. El primero puede desarrollar trampas en el sistema educativo que podrían resultar en el poco interés de la clase, y los estudiantes pueden perder sus habilidades para escribir manuscritos críticos y analíticos. Los inconvenientes

mencionados anteriormente en el uso de este ChatGPT dan una idea sobre las preocupaciones para detectar trampas en los ensayos escritos en la academia o su mal uso en el campo científico.

Indudablemente, la pandemia de COVID-19 cambió nuestras vidas y perjudica la educación de los estudiantes debido a las desigualdades en el aprendizaje [10]. Irais y Navarrete son contundentes en el contexto: «con la pandemia se abarató mucho el costo de comprar trabajos y con ChatGPT será casi costo cero» [11]. Desde la perspectiva del fraude académico, la herramienta es revolucionaria e innovadora; resuelve las cosas muy rápidamente, con una alta posibilidad de que queden bien hechas si se dan las instrucciones adecuadamente.

La llegada de la IA, como las plataformas de *chatbot*, podría desempeñar un papel crucial en la mejora de la educación, apoyándose en la versatilidad de esta IA para resolver paso a paso problemas de matemáticas, física, química, biología, modelado, etc. Además, la misma aplicación puede ser utilizada por los estudiantes para aprender nuevos idiomas o traducir textos. Por otro lado, se ha demostrado que los *chatbots* pueden desarrollar habilidades comunicativas y reducir la depresión y la ansiedad [12], [13].

El presente estudio tiene como objetivo analizar el desempeño actual de ChatGPT en dos áreas específicas: la redacción de ensayos y la resolución de problemas matemáticos. Con este propósito, se seleccionaron seis temas científicos, sobre los cuales se generaron introducciones utilizando esta herramienta de inteligencia artificial. Paralelamente, se evaluaron las capacidades del modelo en el ámbito matemático mediante la resolución de seis ecuaciones y un problema conceptual de carácter científico, ambos representativos de situaciones comúnmente abordadas en cursos de ingeniería.

2. METODOLOGÍA

Ante la limitada disponibilidad de investigaciones sistemáticas sobre el desempeño actual de ChatGPT como herramienta para el autoaprendizaje, así como para la detección de plagio y conductas deshonestas, se propone en este trabajo una metodología destinada a evaluar las ventajas y limitaciones de esta plataforma conversacional en contextos académicos y científicos cotidianos. El primer paso de la metodología consistió en la formulación de las preguntas de investigación:

- PI1: ¿Es posible utilizar chatGPT para resolver problemas matemáticos?
- PI2: ¿Es posible utilizar chatGPT para generar ensayos de calidad?
- PI3: ¿Qué pasos hay que dar para erradicar los errores de la IA?
- PI4: ¿Es posible utilizar ChatGPT para explicar algunos conceptos de propiedades mecánicas?

Con el propósito de dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, el estudio examinó y gestionó las siguientes aplicaciones del modelo ChatGPT:

- (1) Apoyo a estudiantes autodidactas en la resolución de expresiones matemáticas.
- (2) Asistencia en la redacción de textos académicos.
- (3) La explicación de conceptos fundamentales de la ingeniería mecánica (ver Tabla 1).

Tabla 1. Evaluación del rendimiento de ChatGPT mediante tres estudios de caso.

Caso de estudio	Dimensiones	Medición
Escribir ensayos	Compromiso de las fuentes, el tiempo y la información facilitada por la plataforma.	Nivel de rendimiento según la respuesta. Detección de IA en ensayos, tiempo de respuesta.
Resolver problemas matemáticos	Tiempo de respuesta, flexibilidad, lenguaje natural	Rendimiento basado en la exactitud de la respuesta.
Explicar conceptos de ingeniería mecánica	Compromiso de las fuentes, la información facilitada por la plataforma y el uso de conceptos básicos de ingeniería.	Nivel de rendimiento según la respuesta.

La recolección de datos para el análisis se llevó a cabo mediante la selección de las respuestas generadas por el *chatbot* en el periodo comprendido entre el 24 de febrero y el 12 de marzo de 2025. Los criterios empleados para la recopilación de dichas respuestas se establecieron con base en los siguientes parámetros:

Estrategia de búsqueda: se emplearon diversos párrafos relacionados con procedimientos matemáticos y preguntas orientadas a evaluar la capacidad del *chatbot* para formular soluciones adecuadas. Como ejemplo, la generación de una introducción sobre las celdas solares sensibilizadas por colorante se realizó mediante la siguiente solicitud: “¿Podrías redactar una introducción sobre las células solares sensibilizadas por colorante utilizando referencias de artículos científicos y libros, con un límite máximo de 800 palabras, incluyendo la lista de referencias?” No olvides añadir las referencias en línea.

Área de investigación: este documento explora datos matemáticos y científicos.

Con este propósito, se solicitó al *chatbot* la resolución detallada, paso a paso, de diversas expresiones matemáticas, así como la redacción de una introducción sobre seis temas distintos. La Tabla 2 presenta un resumen de los problemas matemáticos empleados para evaluar el desempeño del modelo. Las implicaciones y posibles ventajas del uso de ChatGPT fueron determinadas a través de la realización de múltiples experimentos, cuyos resultados fueron analizados minuciosamente por los autores.

Tabla 2. Ecuaciones matemáticas utilizadas para evaluar el rendimiento del *chatbot*.

Función	Comentarios	Referencia
a) $f'(x) = x^3 * e^{2x}$	Determinar la integral de la ecuación	
b) $f = \sin(3x)$	Determinar la transformada Z de la expresión matemática	[14]
c) $f(z) = \frac{4z}{3z^2 - 2z - 1}$	Determinar la transformada z inversa	[15]
d) $5 \frac{d^2x}{dt^2} + 20 \frac{dx}{dt} + 20x = 28; \quad x(0) = 0, \quad x'(0) = 0$	Resolver la ecuación diferencial de segundo orden	[16]
e) $x(t) = e^{5t}t^3$	Tomar la transformada de Laplace	[17]
f) $X(s) = \frac{5}{s^2(3s+12)}$	Tomar la inversa de Laplace de la expresión	[16]

Todos los datos obtenidos generados por la plataforma ChatGPT fueron guardados y analizados posteriormente por los autores. Para la parte matemática, los datos proporcionados por el *chatbot* se compararon y validaron resolviendo cada problema en *Matlab* (licencia de colegio comunitario y técnico) y comparándolos con la referencia. Mientras tanto, se leyeron los ensayos escritos generados por la IA y, a continuación, los autores evaluaron críticamente la calidad de la información y las referencias.

Cabe mencionar aquí que la literatura publicada anteriormente sólo habla en general de los beneficios y el mal uso de ChatGPT en lugar de realizar un estudio exploratorio [18]. De esta manera, el presente estudio contribuye al análisis del desempeño actual de ChatGPT y a la comprensión de sus posibles implicaciones en los ámbitos académico y científico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caso de estudio # 1: redacta la introducción

Utilizar esta plataforma conversacional para generar la introducción de los temas propuestos fue una buena experiencia. Esta plataforma escribió la introducción rápidamente y el texto estaba gramaticalmente bien formado. El *chatbot* trata de redactar la información a la moda utilizando referencias y teniendo en cuenta el límite de palabras. He aquí una parte extraída de la solicitud hecha al chatGPT sobre el tema de los supercondensadores generada por el *chatbot*:

“Los supercondensadores, también conocidos como ultracondensadores o condensadores electroquímicos, son dispositivos de almacenamiento de energía capaces de almacenar y liberar energía eléctrica con rapidez y eficacia. En los últimos años han despertado un gran interés como posible alternativa a las baterías tradicionales por su alta densidad de potencia, su rapidez de carga y descarga y su larga vida útil. [1].

Los supercondensadores constan de dos electrodos separados por un electrolito, con un separador poroso entre ellos para evitar cortocircuitos. A diferencia de las pilas, que almacenan energía mediante reacciones químicas, los supercondensadores almacenan energía mediante la separación física de la carga en la interfaz electrodo-electrolito [2]. Cuando se aplica un voltaje, los iones del electrolito se adsorben en la superficie de los electrodos, creando una doble capa de carga que almacena energía eléctrica.

Una de las principales ventajas de los supercondensadores es su alta densidad de potencia, que les permite suministrar grandes cantidades de energía en ráfagas cortas. Por eso son idóneos para aplicaciones que requieren una gran potencia, como vehículos eléctricos, herramientas eléctricas y sistemas de energías renovables [3]. Además, los supercondensadores pueden cargarse y descargarse rápidamente, con tiempos de carga de tan sólo unos segundos, frente a las horas que tardan las baterías tradicionales. [4]”

Sin embargo, realizando un análisis cualitativo y concienzudo del texto, se observa que a veces hay redundancia. Por ejemplo, en el primer párrafo se menciona que la alta densidad de potencia es un parámetro esencial del supercondensador. A continuación, en el tercer párrafo se vuelve a hablar de la alta densidad de potencia, pero no se da más información sobre la importancia de este parámetro para mejorar la eficiencia de estos dispositivos electroquímicos. Tras leer todo el texto generado, la conclusión es que la introducción no está construida de forma crítica porque sólo se incluyen conceptos básicos sobre supercondensadores. No se da información específica, como la densidad de potencia de corriente, la tasa de carga-descarga, la estabilidad y los materiales propuestos para mejorar su eficiencia. Esto último se debe a que algunos autores sugieren que esta plataforma genera información sesgada o engañosa.

Por otro lado, el *chatbot* utilizó referencias adecuadas. El único problema fue que no todas las referencias se incluyeron en la lista debido a la limitación de palabras. Esto es relevante ya que estudios previos han demostrado que esta plataforma tiende a utilizar referencias irrelevantes [19].

Sin embargo, se pidió que se utilicen referencias de artículos y libros, el *chatbot* limita su búsqueda a este tipo de documentos.

La redacción de ensayos para estudiantes es uno de los ejemplos más destacados en los que ChatGPT podría convertirse en un problema. Puede que ChatGPT no escriba bien este artículo, pero parece especialmente fácil de usar para la redacción de ensayos. Al estudiar ciencias e ingeniería, los estudiantes deben leer mucho para desarrollar una tesis o un informe de investigación. Estos manuscritos generan pensamientos que les ayudarán a encadenar ideas, ser críticos, comparar información, analizarla y resumirla. Por último, escribir con sus propias palabras un resumen de todo lo leído; es precisamente la parte formativa del alumno. Con el uso excesivo del ChatGPT, su preparación deja de ser formativa y pasa a ser más informativa, por lo que con el tiempo seguramente habrá olvidado lo que escribió. Por el contrario, si hace la redacción por sí mismo, habrá trabajado en el proceso de aprendizaje, preparándose para afrontar nuevos retos.

Una de las características del ser humano es su capacidad de creación y su habilidad mental. Estas dos capacidades son posibles principalmente porque el cerebro humano puede absorber conocimientos de cualquier objeto, cosa o experiencia y utilizarlos en el futuro. Así, la observación, la comparación, la clasificación, el análisis o la descripción son necesarios para aprender. Los procesos más inmediatos se denominan procesos mentales básicos, mientras que otros se denominan integradores. Durante el análisis, la mente separa cada componente de los objetos o situaciones observados para encontrar sus principios básicos. Para ello, separa las distintas variables y características del conjunto a analizar. Este análisis debe tener un objetivo final, como encontrar el dispositivo que se adapte a nuestras necesidades. Ligado al estudio está el proceso de síntesis. Se trata de concluir con toda la información que se ha adquirido. Esta conclusión tiene un importante elemento subjetivo, ya que dos personas pueden llegar a conclusiones diferentes sobre el mismo objeto.

Por lo tanto, se sugiere que este *chatbot* podría constituir una herramienta útil para la generación de ideas preliminares en las etapas iniciales del proceso investigativo, especialmente para estudiantes que inician su trabajo en un área específica del conocimiento.

Tabla 3. Determinar el contenido de la IA utilizando diferentes plataformas.

Ensayo	Detector de contenidos AI (comprometido)		
	Herramienta de parafraseo	<i>Draft & goal</i>	<i>CopyLeaks</i>
Supercapacitores (254 palabras)	100	100	95,6
Industria 4.0 (269 palabras)	100	99	95,7
Celdas solares sensibilizadas (273 palabras)	84	48	95,1
Inteligencia artificial (278 palabras)	100	100	94,1
Celdas de combustible (352 palabras)	100	99	93,1
Algoritmos genéticos (364 palabras)	12	14	87,6

Dado que ChatGPT ha suscitado inquietudes éticas en las universidades y en el ámbito científico, se analizó más a fondo el texto generado por este *chatbot* utilizando tres plataformas diferentes para detectar si la información había sido creada por inteligencia artificial (IA). La Tabla 3 resume el porcentaje de IA utilizado en el texto. Cabe destacar que estas plataformas son sensibles al número de palabras utilizadas para detectar el contenido de IA. Es muy importante utilizar más de 200 palabras para garantizar una buena precisión.

Para comparar la versatilidad de esta plataforma a la hora de determinar el porcentaje de IA en cualquier texto, se analizó la introducción de esta obra. Como se puede observar, todas las plataformas sugieren que un humano creó la introducción de este trabajo. De la Tabla 3 se desprende que *Copyleaks* y *Draft & goal* son las plataformas más fiables para detectar el porcentaje de IA en el texto.

3.2. Caso de estudio # 2: Resolviendo problemas matemáticos

En esta sección, analizamos los resultados impresos por ChatGPT para las ecuaciones matemáticas propuestas. Sorprendentemente, el *chatbot* sólo tiene una respuesta positiva en la prueba matemática, el ejercicio en el que se determinó la transformada z inversa. En algunos casos, la respuesta fue casi la misma. Por ejemplo, la primera y la última expresión matemáticas se tratan de integrales, y en su lugar se calculó la inversa de Laplace, respectivamente (ver Tabla 4).

Tabla 4. Comparación entre la respuesta dada por el *chatbot*, Matlab y la referencia utilizada.

Función	Solución ChatGPT	Solución Matlab	Referencia
a) $f'(x) = x^3 * e^{2x}$	$f(x) = \frac{1}{2}x^3e^{2x} - \frac{3}{4}x^2e^{2x} + \frac{3}{4}e^{2x} + C$	$f(x) = \frac{e^{2x}(8x^3 - 12x^2 + 12x - 6)}{16}$	Analytically $f(x) = \frac{e^{2x}(8x^3 - 12x^2 + 12x - 6)}{16}$
b) $f = \sin(x)$	$f(z) = \frac{z * \sin(1)}{z^2 - 2 * z * \cos(1) + 1}$	$f(z) = \frac{z * \sin(1)}{z^2 - 2 * z * \cos(1) + 1}$	[14] $f(z) = \frac{z * \sin(1)}{z^2 - 2 * z * \cos(1) + 1}$
c) $f(z) = \frac{4z}{3z^2 - 2z - 1}$	$f(n) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}\right)^n + \frac{3}{2}$	$f(n) = 1 - \left(-\frac{1}{3}\right)^n$	$f(n) = 1 - (-3)^{-n}$
d) $5\frac{d^2x}{dt^2} + 20\frac{dx}{dt} + 20x = 28; x(0) = 0, x'(0) = 0$	$x(t) = 0$	$x(t) = \frac{7}{5} - \frac{14}{5}te^{-2t} - \frac{7}{5}e^{-2t}$	[16] $x(t) = \frac{7}{5}[1 - (2t + 1)e^{-2t}]$
e) $x(t) = e^{5t}t^3$	$X(s) = \frac{1}{(s-5)^4}$	$X(s) = \frac{6}{(s-5)^4}$	[17]
f) $X(s) = \frac{5}{s^2(3s+12)}$	$x(t) = -\frac{1}{288} + \frac{5}{12}t - \frac{7}{3}e^{-4t}$	$x(t) = \frac{5}{12}t + \frac{5}{48}e^{-4t} - \frac{5}{48}$	[16] $x(t) = \frac{5}{12}t + \frac{5}{48}e^{-4t} - \frac{5}{48}$

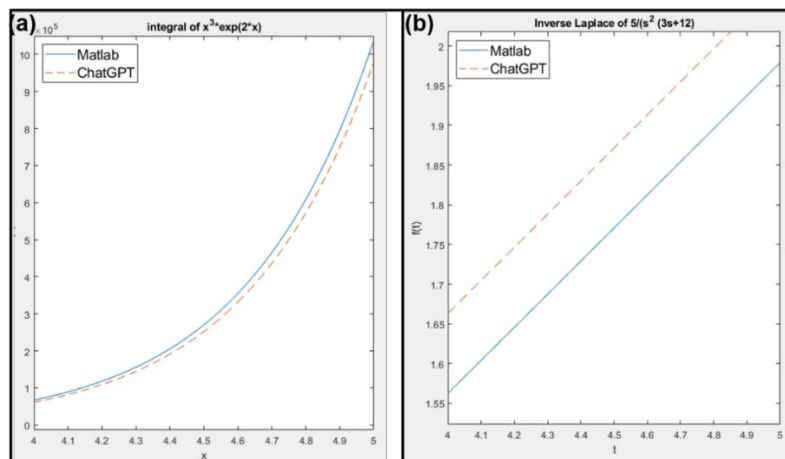


Figura 1. Comparación entre los resultados calculados por ChatGPT y Matlab.

Como es bien sabido en el argot matemático, dos ecuaciones pueden ser equivalentes en algún sentido. Por lo tanto, con el fin de estudiar más a fondo la discrepancia entre los resultados impresos por el *chatbot* y el resultado obtenido por Matlab la primera y la última ecuación se trazaron, y se analizó el comportamiento de la curva.

La Figura 1a-b muestra la comparación entre la respuesta del ChatGPT y la del *Matlab*. Se puede observar que existe una diferencia significativa en los valores de cada ecuación. Por tanto, se concluye que la respuesta del *chatbot* es inexacta.

Para la ecuación en la que se realiza la transformación inversa de Laplace, el *chatbot* comete un error común observado en el aula. He aquí un pequeño extracto de la respuesta obtenida:

«Sí, puedo ayudarte a determinar la transformada inversa de Laplace de $X(s) = 5/((s^2)(3s+12))$.

Podemos empezar utilizando la descomposición en fracciones parciales para escribir $X(s)$ como:

$$X(s) = A/s + B/s^2 + C/(3s+12)$$

Multiplicando ambos lados por el denominador de $X(s)$, se obtiene:

$$5 = A*(s^2)(3s+12) + B*(3s+12) + C(s^2).....”$$

En la tercera línea del texto anterior, se observa que la forma propuesta de las fracciones parciales no es correcta porque hay un polo repetido s^2 . A partir de ahí, el resultado será erróneo. Parece que el estado actual del *chatbot* sólo permite resolver ecuaciones fáciles, como es el caso de la transformada z inversa, donde se aplica una metodología definida previamente conocida.

En consecuencia, se sugiere que el *chatbot* es un modelo “no supervisado” sin evidencia ni fundamento técnico, lo cual genera ciertas discrepancias en sus respuestas. Este hallazgo indica que la plataforma requiere mejoras sustanciales antes de ser implementada eficazmente en contextos académicos. Por lo tanto, la experiencia de aprendizaje y tutoría personalizada que se espera aún no está completamente desarrollada, y se requiere un esfuerzo considerable para optimizar su funcionamiento y garantizar su utilidad pedagógica.

La principal implicación de la adopción de la versión actual del *chatbot* es la inexactitud en la resolución de problemas matemáticos que puede afectar drásticamente al rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes. Mientras tanto, la aplicación de ChatGPT para crear ensayos puede motivar a estudiantes y profesionales a escribir manuscritos más críticos. Aunque el mal uso de esta herramienta puede detectarse utilizando distintas apps, se prevé que en un futuro próximo el texto generado por IA podría tener la misma sintaxis que el escrito por humanos.

3.3. Caso de estudio # 3: Estudio sobre propiedades mecánicas de los materiales

Para conocer la profundidad de la información que puede proporcionar el chatGPT, nos centramos en un tema general sobre el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales. Con este propósito, se formularon una serie de preguntas al *chatbot* relacionadas con la información que puede derivarse de un ensayo de tracción. Posteriormente, se le solicitó que explicara el procedimiento para calcular una propiedad mecánica particularmente relevante y crítica en el estudio de materiales: la tenacidad a la fractura. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

1. Explicar la curva tensión-deformación. La respuesta del chatGPT fue completa, clara y bastante satisfactoria y presentó una descripción excelente y precisa de este tipo de curva de material.
2. ¿Qué propiedades mecánicas puedo obtener a partir de un ensayo de tracción? Aquí la respuesta tenía algunas omisiones, ciertamente, el chat indicaba algunas de las principales

propiedades que se pueden medir a partir de un ensayo de tracción. Pero faltó una muy importante, ya que no se mencionaba el límite elástico ni cómo obtenerlo a partir del ensayo. Esta propiedad es quizá la más importante cuando se trabaja con materiales estructurales, ya que todos los cálculos de diseño se realizan en función de ella.

3. Define la tenacidad a la fractura de un material. Aquí el chat se derrumbó al principio y no pudo dar una definición de este tipo de propiedad mecánica de los materiales. Sin embargo, al reformular la pregunta, dio una definición bastante adecuada.

4. ¿Cómo calcular el factor de intensidad de esfuerzos en un material? La respuesta dada por el chat fue buena a medias, ya que primero definió el factor de intensidad de esfuerzos y luego propuso una ecuación matemática sencilla para calcularlo. Hasta la fecha se han propuesto y validado muchos modelos matemáticos para realizar este cálculo. Además, aunque la pregunta es muy genérica, no explica cómo se debe calcular este factor de intensidad de esfuerzos.

De lo anterior se desprende que la formulación adecuada de las preguntas es un factor crucial para obtener respuestas pertinentes por parte del *chatbot*. Asimismo, es importante considerar que la información proporcionada puede contener imprecisiones o estar incompleta. Por tanto, su uso debe limitarse a una función de apoyo en el proceso de aprendizaje, sin reemplazar el juicio crítico ni sustituir el desarrollo autónomo de las tareas académicas.

Los resultados concuerdan con la afirmación de Irais y Navarrete [11], quienes sostienen que esta plataforma genera datos inexactos. «Le pedí que me generara información basada en artículos de gente que hablaba de ese tema», relata. «Me dio un autor que no conocía. Y entonces le pregunté: ¿Existe este autor? Y me contestó: 'No, no existe. Me lo inventé porque me pediste bibliografía'» [11]. Por lo tanto, es fundamental tener mucho cuidado con la información que se pide y cómo se pide.

El *chatbot* y sus sorprendentes respuestas de apariencia humana han suscitado un debate sobre qué tipo de regulación necesita y quién debe establecerla. Esta tecnología, según los expertos, revolucionará la vida laboral o la búsqueda de información online. Al mismo tiempo, advierten de que podría dejar sin trabajo a millones de personas o utilizarse para desinformar. Esto ha desatado un debate sobre las normas necesarias para la IA. Cuando le preguntamos a ChatGPT, nos dice que la respuesta es compleja: «Hay muchas perspectivas diferentes sobre este tema». Pero, prosigue, hay consenso en que las normas deben ser «desarrolladas conjuntamente por varias partes interesadas y expertos». Esto incluye a reguladores, empresas tecnológicas, investigadores, organizaciones no gubernamentales y grupos de interés.

4. CONCLUSIONES

Este estudio pone de manifiesto tanto las ventajas como las limitaciones del uso de ChatGPT en tareas que implican el procesamiento digital de información. La plataforma es capaz de analizar rápidamente grandes volúmenes de datos y generar respuestas coherentes en función de las instrucciones introducidas en el *prompt*. Sin embargo, los resultados del estudio de caso en el ámbito matemático revelan que el *chatbot* no puede considerarse una herramienta completamente fiable para la resolución de problemas matemáticos complejos. En consecuencia, se recomienda enfáticamente que los estudiantes y profesionales dispongan previamente de una solución al problema planteado, de modo que puedan comparar los resultados generados por la plataforma y evaluar críticamente cada paso del razonamiento propuesto.

Por otra parte, ChatGPT muestra un desempeño competente en la redacción de ensayos, algunos de los cuales presentan una estructura adecuada y coherente. No obstante, su creciente uso ha generado preocupación en el ámbito universitario y científico debido al potencial riesgo de uso indebido. En este contexto, se propone la implementación de plataformas capaces de detectar de manera eficiente el grado de contenido generado por inteligencia artificial. Esta

medida resulta especialmente relevante para aquellas instituciones educativas que aún no disponen de herramientas específicas para la detección de plagio y contenido producido por IA.

Es fundamental que tanto docentes como estudiantes reciban formación en temas relacionados con la ética académica y la prevención del plagio. Ante la rápida expansión del uso de la inteligencia artificial, resulta imperativo establecer normativas y directrices claras que regulen su utilización y eviten prácticas deshonestas. Asimismo, es importante subrayar que este tipo de tecnología no puede sustituir la capacidad humana de análisis y razonamiento crítico. En nuestra opinión, y con base en la evidencia disponible hasta el momento, ChatGPT puede ser una herramienta útil cuando se trata de responder preguntas concretas o resolver problemas de baja complejidad. Sin embargo, su eficacia disminuye significativamente ante la resolución de problemas complejos, y su uso como sustituto del proceso cognitivo de los estudiantes representa un riesgo considerable para el desarrollo de habilidades intelectuales profundas.

En vista de las limitaciones identificadas en el uso de ChatGPT para la resolución de problemas matemáticos complejos, futuras investigaciones podrían enfocarse en el desarrollo y evaluación de modelos de inteligencia artificial más especializados para el ámbito científico y educativo. Además, resulta pertinente explorar métodos avanzados para la detección automática y precisa de contenido generado por IA en contextos académicos. Otro campo prometedor de trabajo puede ser el diseño de programas formativos integrales que fomenten la ética digital y el pensamiento crítico en estudiantes y docentes, incorporando el uso responsable de tecnologías basadas en IA. Finalmente, se recomienda estudiar el impacto a largo plazo del uso de *chatbots* como apoyo educativo, particularmente en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a *Open AI* por dar acceso libre a la plataforma ChatGPT. Igualmente, agradecemos a *paraphrasingtool* (<https://paraphrasingtool.ai/ai-content-detector>), *copyleaks* (<https://copyleaks.com/ai-content-detector>) y *Draft&goal* (<https://detector.dng.ai>) por el acceso libre para examinar el porcentaje de IA.

REFERENCIAS

- [1] B. Gordijn, and H. T. Have, "ChatGPT: evolution or revolution?," *Med. Health Care Philos.*, vol. 26, pp. 1-2, jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11019-023-10136-0>
- [2] J. Dahmen, M. Kayaalp, M. Ollivier, A. Pareek, M. T. Hirschmann, J. Karlsson, and P. W. Winkler, "Artificial intelligence bot ChatGPT in medical research: the potential game changer as a double-edged sword", *Knee Surg. Sports Trau.*, vol. 31, no. 4, pp. 1187–1189, apr. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07355-6>
- [3] G. Grimaldi, and B. Ehrler, "AI et al.: Machines Are About to Change Scientific Publishing Forever", *ACS Energy Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 878-880, jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.2c02828>
- [4] M. Dowling, and B. Lucey, "ChatGPT for (Finance) research: The Bananarama Conjecture", *Finance Res. Lett.*, vol. 53, pp. 103662-103668, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103662>
- [5] J. Chatterjee, and N. Dethlefs, "This new conversational AI model can be your friend, philosopher, and guide ... and even your worst enemy", *Patterns*, vol. 4, no.1, pp. 100676-100678, jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100676>
- [6] "Welcome to the AI future?". *Nat Astron*, vol. 7, no. 1, pp. 1-4, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/s41550-023-01891-4>
- [7] "The AI writing on the wall". *Nat Mach Intell*, vol. 5, no. 1, pp. 1-5, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00613-9>

- [8] P. A. Rospigliosi, "Artificial intelligence in teaching and learning: what questions should we ask of ChatGPT?", *Interactive Learning Environments*, vol. 31, no. 1, pp. 1-3, feb. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2180191>
- [9] C. Stokel-Walker, "AI bot ChatGPT writes smart essays—Should professors worry?", *Nature*, pp. 1-4, dec. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-04397-7>
- [10] S. Hammerstein, C. König, T. Dreisörner, and A. Frey, "Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement-A Systematic Review", *Front. Psychol.*, vol. 12, pp.1-10, sep. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.746289>
- [11] S. Irais, and A. Navarrete, "The ChatGPT artificial intelligence chat, language, and text generation tool has sparked concern and interest from the education sector". Conecta. Acceso: 30/Junio/2025. [Online]. Disponible en: <https://conecta.tec.mx/en/news/national/education/chatgpt-risk-or-opportunity-education-and-schools>
- [12] N. L. Borja-Hart, C. A. Spivey, and C. M. George, "Use of virtual patient software to assess student confidence and ability in communication skills and virtual patient impression: A mixed-methods approach", *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, vol. 11, no. 7, pp. 710-718, jul. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.03.009>
- [13] K. K. Fitzpatrick, A. Darcy, and M. Vierhile, "Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults with Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial", *JMIR Ment Health*, vol. 4, no. 2, pp. e19-e23, apr. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2196/mental.7785>
- [14] E. Agyuz, and M. Acikgoz, "Applications of Z-transform to Some Elementary Functions in q- and (p,q)-Calculus", *Turkish Journal of Analysis and Number Theory*, vol. 4, no. 6, pp. 164-167, 2016. [Online]. Available: <https://pubs.sciepub.com/tjant/4/6/3/>
- [15] A. C. Grove, *An Introduction to the Laplace Transform and the Z Transform*, Salisbury, Wiltshire, UK, Prentice Hall, 1991.
- [16] W. J. Palm, *System Dynamics*, New York, USA, McGraw-Hill Higher Education, 2005.
- [17] D. G. Zill, *A First Course in Differential Equations with Modeling Applications*. Boston, MA, USA, Cengage Learning, 2017.
- [18] M. Alshater, "Exploring the Role of Artificial Intelligence in Enhancing Academic Performance: A Case Study of ChatGPT", jan. 2023. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4312358>
- [19] S. O'Connor, and ChatGpt, "Open artificial intelligence platforms in nursing education: Tools for academic progress or abuse?", *Nurse Education in Practice*, vol. 66, pp. 103537-103542, jan. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103537>



Aplicaciones de la mecatrónica en medicina humana: Un enfoque bibliométrico (2019-2024)

*(Mechatronics applications in human medicine: A bibliometric approach
(2019-2024))*

Darío Robayo-Jácome¹, Daniela Robayo-Sánchez², Mateo Robayo-Sánchez³

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, Ecuador

² Centro de Salud Huaticocha – Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Loreto, Ecuador

³ Universidad UTE, Quito, Ecuador

drobayo@pucesa.edu.ec, mariad.robayo@22d02.mspz2.gob.ec, mateo.robayo@ute.edu.ec

Resumen: Se presenta un estudio desde el punto de vista de la bibliometría sobre el área de la mecatrónica aplicada a la salud, necesidad que surge para entender la evolución de esta disciplina y sus crecientes aplicaciones. La metodología utilizada fue descriptiva y retrospectiva aplicada a datos tomados de la base de datos Scopus. Para su obtención y análisis, se emplearon diversos parámetros que definieron los criterios de inclusión y exclusión, y se formularon varias preguntas de análisis que permitieron identificar las principales tendencias mediante un análisis descriptivo en las publicaciones de los últimos cinco años. Al concluir el estudio se obtuvieron 110 documentos, de los cuales se identificaron las revistas con más artículos, los autores más relevantes en el tema, los países con un número significativo de publicaciones, las preferencias de los investigadores, entre otros. La variabilidad anual en el número de publicaciones puede indicar la necesidad de fortalecer la colaboración internacional, así como una mayor inversión en proyectos transdisciplinarios. Las técnicas bibliométricas empleadas han permitido identificar una tendencia sostenida en la producción científica relacionada con la mecatrónica aplicada a la medicina.

Palabras clave: Automatización, control inteligente, ingeniería en medicina, salud electrónica, robótica médica.

Abstract: This study presents a bibliometric analysis of the field of mechatronics applied to health, addressing the need to understand the evolution of this discipline and its growing applications. The methodology used was descriptive and retrospective, applied to data retrieved from the Scopus database. Various parameters were employed to define the inclusion and exclusion criteria for data collection and analysis. Several analysis questions were formulated to identify key trends through a descriptive examination of publications over the last five years. The study yielded 110 documents, from which the journals with the most articles, the most relevant authors in the field, the countries with a significant number of publications, and the researchers' preferences, among other aspects, were identified. The annual variability in the number of publications may indicate the need to strengthen international collaboration and increase investment in transdisciplinary projects. The bibliometric techniques employed have allowed for the identification of a sustained trend in scientific production related to mechatronics applied to medicine.

Keywords: Automation, intelligent control, engineering in medicine, electronic healthcare, medical robotics.

1. INTRODUCCIÓN

La mecatrónica, un término que surgió de la combinación de "meca" de mecanismos y "trónica" de electrónica, ha evolucionado significativamente desde su concepción para abarcar la integración de mecánica, electrónica e informática, formando una disciplina transdisciplinaria que aborda el diseño y desarrollo de sistemas avanzados [1]. Según [2] un sistema mecatrónico no solo recopila y procesa información, sino que también actúa, aprende y automatiza procesos mediante la ejecución de programas informáticos. Estas características lo convierten en una herramienta poderosa para diseñar sistemas flexibles, reprogramables y con la capacidad de procesar grandes cantidades de datos de manera automática, lo que ha permitido su adopción en diversos campos como la medicina, minería, y las industrias automotriz, textil y farmacéutica, entre otros [3].

A pesar de sus numerosas ventajas, la mecatrónica no está exenta de controversias. Por un lado, se plantea el impacto en la sustitución del recurso humano debido a la automatización de procesos, lo que puede desplazar a trabajadores en ciertas áreas [4]. Por otro lado, surgen preocupaciones en torno a la protección de datos personales, dado que la recopilación y procesamiento de información por sistemas automatizados puede representar riesgos si no se asegura un manejo ético y responsable [5]. Sin embargo, los avances y beneficios asociados a esta disciplina han superado ampliamente estos desafíos, posicionándola como un pilar fundamental en el desarrollo tecnológico contemporáneo.

La mecatrónica, como disciplina integradora, combina mecánica, electrónica, informática y control automático para el diseño de sistemas avanzados [6]; se apoya en otras áreas del conocimiento para analizar, desarrollar y diseñar soluciones que mejoren la calidad, flexibilidad, costos y productividad de productos y procesos [7]. Desde su origen en Japón en 1969, donde se utilizó por primera vez para describir la integración de electrónica de potencia y microcontroladores en sistemas mecánicos [8], la mecatrónica ha evolucionado para incluir tecnologías avanzadas como microsensores y microactuadores [9], los cuales permiten realizar operaciones remotas con mayor precisión, funcionalidad y eficiencia [10].

En el ámbito médico, la mecatrónica ha demostrado ser una herramienta transformadora [11]. Ha permitido el desarrollo de dispositivos protésicos, robots quirúrgicos y tecnologías de rehabilitación, mejorando notablemente el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de diversas condiciones médicas [12]. Esta integración de tecnología y medicina, ha facilitado procedimientos menos invasivos, tiempos de recuperación más cortos y una mejor calidad de vida para los pacientes [13]. Sin embargo, en regiones como América Latina, la investigación en mecatrónica orientada a la medicina aún enfrenta desafíos significativos, ya que su desarrollo se encuentra rezagado en comparación con regiones como Norte América, Europa y Asia [14].

Este trabajo no solo busca proporcionar un panorama general sobre el estado actual de la investigación en mecatrónica aplicada a la salud, sino también fomentar la colaboración entre investigadores, instituciones y sectores industriales. Las conclusiones derivadas de este trabajo tienen el potencial de orientar nuevas investigaciones, promover innovaciones tecnológicas y contribuir al desarrollo de soluciones que respondan a las necesidades médicas contemporáneas. En última instancia, la mecatrónica se perfila como un componente esencial en la evolución de la medicina moderna, ofreciendo herramientas y enfoques que continúan transformando los tratamientos y procedimientos médicos en todo el mundo.

2. METODOLOGÍA

La investigación del presente trabajo está desarrollada bajo un enfoque cuantitativo de la producción de documentos, por los resultados que se obtienen a partir de análisis estadísticos [15], al revisar los aportes de varios autores sobre el tema de estudio. Para realizar el análisis bibliométrico en el campo de la mecatrónica aplicada a la salud, se empleó un método descriptivo

para la revisión de documentos, basado en herramientas bibliométricas que permitieron analizar redes y generar gráficos.

Se utilizó Scopus para la selección de las publicaciones que cumplen con las particularidades necesarias, ya que de acuerdo con [16] a la actualidad es una de las bases de datos de alta calidad y un avanzado rigor científico. Así, al realizar la búsqueda inicial haciendo uso de la cadena: TITLE-ABS-KEY(mechatronics) AND TITLE-ABS-KEY(medicine) AND PUBYEAR>2018 AND PUBYEAR<2025, se obtuvieron 241 artículos.

Luego, se establecieron los criterios de inclusión para identificar los artículos adecuados en el desarrollo del análisis. Asimismo, se determinaron los criterios de exclusión para delimitar los artículos que no serían considerados en el estudio.

Criterios de inclusión:

- Artículos que contengan las palabras clave: mechatronics, medicine, human health, healthcare.
- Publicaciones realizadas en el periodo 2019-2024.
- Artículos científicos a texto completo.
- Documentos en idioma inglés.

Criterios de exclusión:

- Resúmenes, ponencias, actas de conferencia.

Como resultado, la cadena de búsqueda quedó establecida de la siguiente manera:

(((TITLE-ABS-KEY (mechatronics) AND TITLE-ABS-KEY (medicine)) OR (TITLE-ABS-KEY (mechatronics) AND TITLE-ABS-KEY (human AND health)) OR (TITLE-ABS-KEY (mechatronics) AND TITLE-ABS-KEY (healthcare)) AND LANGUAGE (english))) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2025.

Así, se obtuvo un total de 110 documentos, que cumplen con los criterios anteriores y con las características necesarias para aplicar las técnicas bibliométricas. Estos se organizaron en una hoja electrónica, incluyendo información como título, autores, año, afiliación, revista, país, citas, entre otros.

Posteriormente, los metadatos fueron procesados con VOSviewer, software de análisis bibliométrico que permite el desarrollo de mapas utilizando la técnica VOS (visualization of similarities) [17], obteniéndose como resultados entre otros la citación y cocitación de autores y revistas, y la coocurrencia de palabras clave; lo que para [18], proporciona una representación más satisfactoria de un conjunto de datos mediante enfoques bien conocidos de escalamiento multidimensional. Como complemento y para la generación de gráficos descriptivos, los metadatos de los artículos seleccionados se analizaron también con el software ScienceScape.

Como resultado de los procesos mencionados, se obtuvieron algunos indicadores bibliométricos como autores principales, países y revistas con más publicaciones, año de publicación, artículos con mayor número de citas, entre otros. Sin embargo, y según menciona [19], algunos de estos datos son muy volátiles, ya que la cantidad de artículos que se publican puede variar considerablemente cada año.

Finalmente, para el análisis realizado se definieron los siguientes resultados bibliométricos:

- Publicaciones anuales en el periodo 2019-2024.
- Países con más publicaciones.
- Revistas con más artículos.
- Palabras clave más utilizadas.
- Número de artículos por autor.
- Artículos con mayor cantidad de citas.

3. RESULTADOS

Durante el período analizado se observa una variabilidad en el número de publicaciones anuales, lo que no demuestra un crecimiento progresivo en el total de artículos publicados (Figura 1). El año 2021 aparece como el más productivo, en contraste con el año 2020. Además, no hay un crecimiento o disminución anual evidente de las investigaciones sobre mecatrónica orientada a la medicina, la tendencia presenta un número promedio de publicaciones anuales de 18,3.

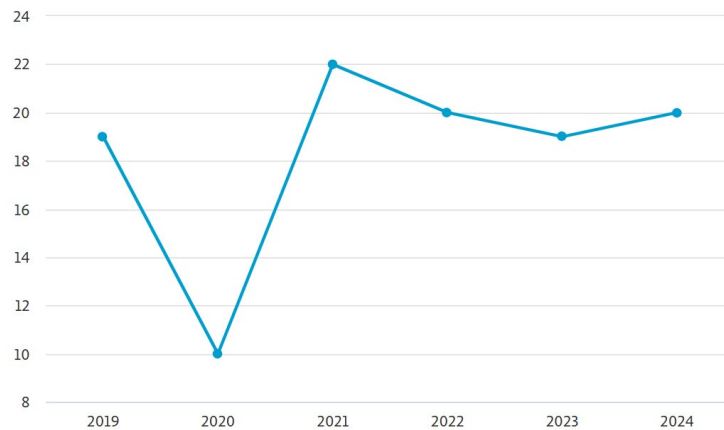


Figura 1. Número de artículos anuales.

A pesar de que el número total de publicaciones no muestra un patrón de crecimiento lineal, la estabilidad en la cantidad promedio anual sugiere que esta área mantiene un interés sostenido dentro de la comunidad científica. Este comportamiento puede estar influenciado por los avances tecnológicos en campos como la inteligencia artificial, los sistemas embebidos y la robótica, que facilitan nuevas aplicaciones en medicina.



Figura 2. Países líderes por número de publicaciones.

Por otra parte, en la realización de un análisis geográfico, los documentos revisados se dividen en 42 países, los resultados reflejan que Estados Unidos lidera la producción científica en esta temática, lo cual es consistente con su posición en el Índice Mundial de Innovación [20] y su infraestructura de investigación avanzada (Figura 2). Sin embargo, países como India, China y algunos de Europa también destacan por su contribución, lo que indica que la investigación en mecatrónica aplicada a la medicina no está limitada a una sola región geográfica. En América Latina, aunque Perú, Colombia y Brasil muestran avances significativos, la mayoría de las publicaciones regionales no están representadas en bases de datos globales como Scopus, lo que limita su visibilidad e impacto internacional.

Los resultados de las investigaciones en el área de la mecatrónica orientada a la salud humana se concentran en 89 revistas a nivel global. El 28,1 % de todas las publicaciones se encuentran agrupadas en las siguientes 9 revistas: *Advances in Intelligent Systems and Computing* con el 6,7 %, *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics AIM* con un 4,5 %, *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings* 3,4 %, y con un 2,2 % cada una *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, *International Conference on Advanced Mechatronics*, *Intelligent Manufacture and Industrial Automation 2019*, *Lecture Notes in Networks and Systems*, *Frontiers in Neurorobotics*, *Mechanisms and Machine Science*, *Medical and Healthcare Robotics: New Paradigms and Recent Advances*, según se puede apreciar en la Tabla 1.

Es importante destacar que las dos revistas que lideran la producción en el tema de estudio, según [21], [22] presentan un Índice-H (H-Index) de 58 y 48 respectivamente, lo que muestra un valor significativo en la medición de la calidad de las citas que han recibido sus artículos [23].

Tabla 1. Artículos por revista.

Revista	Número de artículos
<i>Advances in Intelligent Systems and Computing</i>	6
<i>IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM</i>	5
<i>ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings</i>	3
<i>Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine</i>	2
<i>2019 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation, ICAMIMIA 2019 - Proceeding</i>	2
<i>Lecture Notes in Networks and Systems</i>	2
<i>Frontiers in Neurorobotics</i>	2
<i>Mechanisms and Machine Science</i>	2
<i>Medical and Healthcare Robotics: New Paradigms and Recent Advances</i>	2

En consideración a los autores y el número de publicaciones aceptadas, en la Figura 3 se aprecia que el autor José Cornejo presenta un mayor número de artículos con relación a la temática del estudio; seguido por Johannes Carl, Eva Grüne, Ricardo Palomares, Klaus Pfeifer y Johanna Popp con 4 documentos cada uno y finalmente Paúl Palacios y Jana Semrau con 3 artículos. Las personas restantes que aparecen en los datos de análisis son autores o coautores de 1 o 2 documentos.

Cuatro de los autores mencionados presentan como filiación a la Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Alemania), mientras que los demás pertenecen a la Universidad

Tecnológica del Perú, al The Institute for Physical Activity and Nutrition (Australia) y a la Universidad Nacional del Callao (Perú).

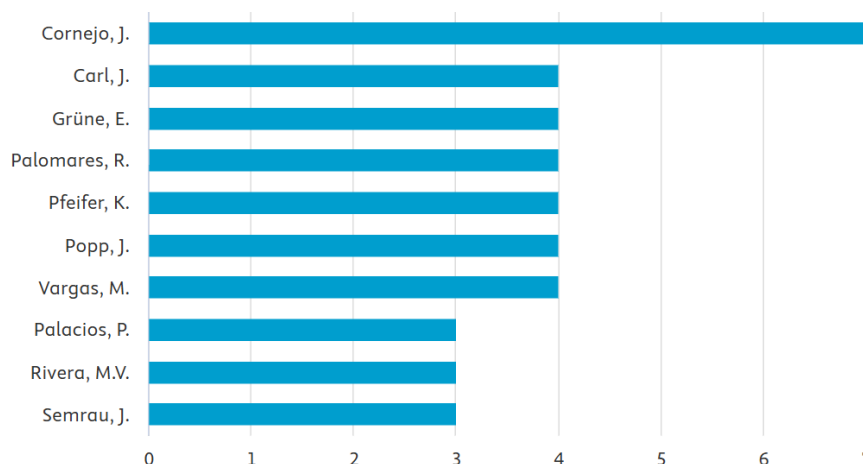


Figura 3. Número de artículos por autor.

En cuanto a los tópicos tratados, la Figura 4 evidencia las palabras que se repiten con mayor frecuencia, como "mechatronics", "human", y "robotics", las que resaltan la convergencia entre tecnología y medicina. Esta integración es crucial para el desarrollo de soluciones innovadoras, como dispositivos protésicos, sistemas de rehabilitación y robots quirúrgicos. En contexto, se observa que los términos de uso común en los artículos analizados se relacionan directamente con el cuidado de la salud y medicina humana, y por el lado de la tecnología con la mecatrónica, el aprendizaje automatizado, los sistemas embebidos y la inteligencia artificial.

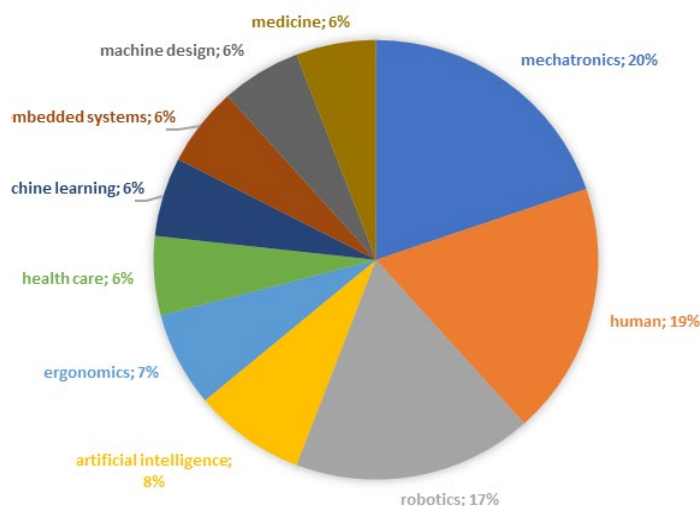


Figura 4. Palabras clave de mayor uso.

En la Figura 5, se observa la coocurrencia de palabras clave, el total de documentos analizados presenta 1.164 palabras, de estas se consideran aquellas que presentan como mínimo 10 ocurrencias, con lo cual se genera una red con una fortaleza total de 63, conformada por 11 palabras clave y 34 enlaces.

En el mapa de red, las palabras clave están representadas por su nombre y un círculo, cuyo tamaño depende de la cantidad de documentos en los que aparece la palabra; los nodos se conectan con líneas que forman vínculos, mismos que se miden a partir de las veces que son incluidas mutuamente en los documentos revisados. El grosor de la línea representa la fortaleza del vínculo.

Además, los grupos formados en el análisis de coocurrencia (se formaron tres grupos y al resultar 11 términos, se parametrizó cada grupo con un tamaño de 1 componente) reflejan áreas bien definidas de investigación: medicina humana, sistemas embebidos y aprendizaje de máquinas, y mecatrónica e inteligencia artificial, lo que subraya la multidisciplinariedad inherente a esta área de estudio.

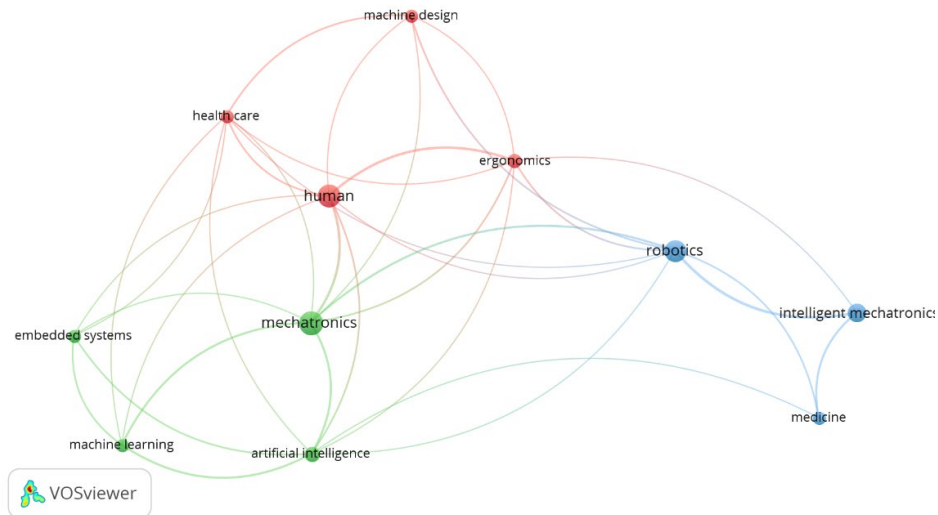


Figura 5. Coocurrencia de palabras clave.

En la Tabla 2 se muestra la cantidad de ocurrencias de las palabras clave, en ellas se destacan: mechatronics con 17, human con 16, robotics con 15 y intelligent mechatronics con 12; por tanto, se puede apreciar que los artículos revisados están directamente relacionados con investigaciones de la mecatrónica aplicada al ser humano, de manera más puntual a aspectos médicos y de cuidado personal como lo demuestran las palabras: health care, medicine, ergonomics y exercise.

Tabla 2. Ocurrencias de palabras clave.

Palabra clave	Ocurrencias
mechatronics	17
human	16
robotics	15
intelligent mechatronics	12
article	11
humans	10
artificial intelligence	7
ergonomics	6
exercise	5
machine learning	5
health care	5
embedded systems	5
machine design	5
covid-19	5
medicine	5
engineering education	5

Finalmente, refiriéndose a los artículos más relevantes respecto del número de citas (Tabla 3), el que presenta el mayor valor es “High-performance strain sensors based on bilayer carbon black/PDMS hybrids”, siendo la publicación más representativa, esto se da ya que se trabajó en un sensor de deformación basado en una estructura híbrida bicapa con aplicaciones potenciales en campos de monitoreo de la salud y detección de movimiento humano [24].

Le sigue el artículo “Anatomical Engineering and 3D Printing for Surgery and Medical Devices: International Review and Future Exponential Innovations”. Esta muestra los resultados de aplicar impresión tridimensional en la industria médica, ya que permite a los bioprofesionales diseñar y desarrollar piezas únicas utilizando imágenes médicas proporcionadas por tomografía computarizada y la resonancia magnética [25].

El tercero es “Sheath-Core Fiber Strain Sensors Driven by in-Situ Crack and Elastic Effects in Graphite Nanoplate Composites”, siendo ampliamente referenciado, ya que se enfoca en emplear ingeniería de efecto elástico y de fisura sinérgica para el diseño de dispositivos nanocompuestos basados en grafito y nanoplaquetas, aplicados en tecnología de atención médica, robótica y mecatrónica [26].

Los demás artículos mostrados en la tabla presentan entre 37 y 24 citas, de los cuales es importante destacar a “Haptics-enabled Interactive NeuroRehabilitation Mechatronics: Classification, Functionality, Challenges and Ongoing Research”, el cual hace énfasis en la mecatrónica de neurorehabilitación como resultado de la fusión entre la biomecatrónica y la ingeniería neural; esta área cubre diversas tecnologías mecatrónicas existentes que ayudan a los pacientes a recuperar sus funciones motoras perdidas debido a daños neuronales y/o físicos [27].

Tabla 3. Número de citas por artículo.

Título	Autor	Revista	Año	Citas
High-performance strain sensors based on bilayer carbon black/PDMS hybrids [24].	Hu M.; Gao Y.; Jiang Y.; Zeng H.; Zeng S.; Zhu M.; Xu G.; Sun L.	Advanced Composites and Hybrid Materials	2021	99
Anatomical Engineering and 3D Printing for Surgery and Medical Devices: International Review and Future Exponential Innovations [25].	Cornejo J.; Cornejo-Aguilar J.A.; Vargas M.; Helguero C.G.; Milanezi De Andrade R.; Torres-Montoya S.; Asensio-Salazar J.; Rivero Calle A.; Martínez Santos J.; Damon A.; Quiñones-Hinojosa A.; Quintero-Consuegra M.D.; Umaña J.P.; Gallo-Bernal S.; Briceño M.; Tripodi P.; Sebastian R.; Perales-Villarreal P.; De La Cruz-Ku G.; McKenzie T.; Arruana V.S.; Ji J.; Zuluaga L.; Haehn D.A.; Paoli A.; Villa J.C.; Martinez R.; Gonzalez C.;	BioMed Research International	2022	69

	Grossmann R.J.; Escalona G.; Cinelli I.; Russomano T.			
Sheath-Core Fiber Strain Sensors Driven by in-Situ Crack and Elastic Effects in Graphite Nanoplate Composites [26].	Wu J.; Ma Z.; Hao Z.; Zhang J.T.; Sun P.; Zhang M.; Liu Y.; Cheng Y.; Li Y.; Zhong B.; Zhang T.; Xia L.; Yao W.; Huang X.; Wang H.; Liu H.; Yan F.; Hsu C.E.; Xing G.	ACS Applied Nano Materials	2019	48
Digital Twin of a Magnetic Medical Microrobot with Stochastic Model Predictive Controller Boosted by Machine Learning in Cyber-Physical Healthcare Systems [28].	Neghab H.K.; Jamshidi M.B.; Neghab H.K.	Information	2022	37
Haptics-enabled Interactive NeuroRehabilitation Mechatronics: Classification, Functionality, Challenges and Ongoing Research [27].	Atashzar S.F.; Shahbazi M.; Patel R.V.	Mechatronics	2019	31
Physical activity promotion for apprentices in nursing care and automotive mechatronics-competence counts more than volume [29].	Carl J.; Grüne E.; Popp J.; Pfeifer K.	International Journal of Environmental Research and Public Health	2020	28
Biomechatronic embedded system design of sensorized glove with soft robotic hand exoskeleton used for rover rescue missions on mars [30].	Palacios P.; Cornejo J.; Rivera M.V.; Napan J.L.; Castillo W.; Ticllacuri V.; Reina A.D.; Chaves-Jimenez A.; Jamanca-Lino G.; Chavez J.C.	2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, IEMTRONICS 2021 - Proceedings	2021	27

User-Centered Design and Development of the Modular TWIN Lower Limb Exoskeleton [31].	Laffranchi M.; D'Angella S.; Vassallo C.; Piezzo C.; Canepa M.; De Giuseppe S.; Di Salvo M.; Succi A.; Cappa S.; Cerruti G.; Scarpetta S.; Cavallaro L.; Boccardo N.; D'Angelo M.; Marchese C.; Saglia J.A.; Guanziroli E.; Barresi G.; Semprini M.; Traverso S.; Maludrottu S.; Molteni F.; Sacchetti R.; Gruppioni E.; De Michieli L.	Frontiers in Neurorobotics	2021	26
Mechatronic Systems Design of ROHNI-1: Hybrid Cyber-Human Medical Robot for COVID-19 Health Surveillance at Wholesale-Supermarket Entrances [32].	Nope-Giraldo R.M.; Illapuma-Ccallo L.A.; Cornejo J.; Palacios P.; Napan J.L.; Cruz F.; Palomares R.; Cornejo-Aguilar J.A.; Vargas M.	Global Medical Engineering Physics Exchanges/ Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)	2021	24

Cabe destacar que los artículos más citados durante este periodo abordan tecnologías emergentes, como sensores de deformación y sistemas de impresión 3D aplicados a dispositivos médicos. Esto sugiere que las aplicaciones prácticas, especialmente aquellas relacionadas con el monitoreo de la salud y la personalización de tratamientos, tienen un impacto significativo en la comunidad científica y clínica.

4. DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico presentado sobre la mecatrónica aplicada a la salud permite reflexionar sobre diversos aspectos clave en el desarrollo de esta disciplina, que ha ganado terreno de forma progresiva en las últimas décadas. La mecatrónica, como campo transdisciplinario que combina mecánica, electrónica, informática e inteligencia artificial, ha encontrado en la medicina un terreno fértil para aplicar sus capacidades innovadoras, generando soluciones disruptivas en diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Sin embargo, este estudio muestra que, aunque el interés en la temática se ha mantenido constante en los últimos cinco años, aún no se observa un crecimiento exponencial en la producción científica, lo cual plantea desafíos y oportunidades a considerar.

Uno de los aspectos más relevantes es la variabilidad anual en el número de publicaciones, lo cual puede ser indicativo de varios factores: limitaciones en la financiación, falta de colaboración internacional, o la presencia de barreras interdisciplinarias entre la ingeniería y la medicina. Esta tendencia invita a fomentar políticas que impulsen la investigación conjunta entre universidades, hospitales y centros de innovación tecnológica, así como estrategias que promuevan la publicación de resultados en revistas de alto impacto.

Desde una perspectiva geográfica, el liderazgo de Estados Unidos en número de publicaciones resulta predecible, dado su ecosistema científico altamente desarrollado. No obstante, es alentador

observar la presencia de países como India, China y algunos europeos, lo que indica un esfuerzo global por posicionar la mecatrónica médica como una herramienta clave en la transformación de los servicios de salud. En contraste, el rezago de América Latina en esta área destaca la necesidad de mayor visibilidad internacional, acceso a fuentes de financiamiento y fortalecimiento de redes de colaboración regionales.

En cuanto a los tópicos abordados, la fuerte presencia de términos como "robotics", "embedded systems", "artificial intelligence" y "machine learning" evidencia la interdependencia entre la mecatrónica y las tecnologías emergentes. Este cruce disciplinar es crucial, ya que las soluciones médicas actuales exigen cada vez más sistemas inteligentes capaces de adaptarse a los entornos clínicos y a las necesidades de los pacientes. El énfasis en tecnologías hápticas, sensores inteligentes y dispositivos protésicos confirma esta convergencia entre el diseño tecnológico y la mejora de la calidad de vida.

Adicionalmente, el estudio resalta el valor de la investigación bibliométrica como herramienta para mapear el conocimiento, identificar autores líderes y evaluar el impacto de publicaciones. Autores como José Cornejo y universidades como la Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg aparecen como referentes en esta temática, lo cual puede servir de guía para establecer futuras colaboraciones académicas.

Finalmente, es importante destacar que los artículos más citados están enfocados en innovaciones aplicadas directamente al cuerpo humano, como sensores de deformación, impresión 3D médica y rehabilitación neurohábil. Esto refleja un claro interés por la creación de dispositivos de interfaz directa con el paciente, subrayando la importancia del diseño centrado en el ser humano en la investigación mecatrónica médica.

Finalmente, aunque se evidencia una base sólida y un interés creciente en la mecatrónica aplicada a la salud, es indispensable fomentar la colaboración internacional, la inversión en I+D y la visibilización del trabajo científico en regiones menos representadas. La mecatrónica médica no solo representa un área de innovación tecnológica, sino también un espacio donde se redefinen los límites del cuidado de la salud y se abren nuevas posibilidades para mejorar la vida de millones de personas en todo el mundo.

5. CONCLUSIONES

Las técnicas bibliométricas empleadas han permitido identificar una tendencia sostenida en la producción científica relacionada con la mecatrónica aplicada a la medicina, con Estados Unidos liderando la investigación global. Sin embargo, el desarrollo desigual entre regiones y la falta de representación de investigaciones latinoamericanas en bases de datos internacionales destacan la necesidad de fortalecer colaboraciones y visibilidad.

Los resultados evidencian la capacidad de la mecatrónica para integrar disciplinas tecnológicas y médicas, impulsando innovaciones como sensores avanzados, robótica médica y sistemas de impresión 3D. Estas tecnologías tienen un impacto significativo en la personalización de tratamientos y en el avance de la atención médica.

No obstante, el desarrollo futuro de esta disciplina requiere abordar desafíos éticos, como la protección de datos personales, y fomentar una mayor inversión en proyectos transdisciplinarios. Asimismo, se deben diseñar estrategias para incrementar la participación en redes de investigación internacionales, especialmente en regiones en desarrollo.

En conclusión, la mecatrónica se consolida como una herramienta clave en la transformación de la medicina moderna, con un potencial significativo para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Su avance dependerá de la capacidad para integrar tecnologías innovadoras, fortalecer colaboraciones globales y garantizar la ética en su implementación.

REFERENCIAS

- [1] W. Bolton, *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica*, 2a ed. Barcelona: Marcombo, 2002.
- [2] M. D'Addario, *Mecatrónica: Procesos, Métodos y Sistemas*, California: Createspace, 2018.
- [3] J. Chen, et al., "AI for Manufacturing and Healthcare: a chemistry and engineering perspective", ArXiv preprint, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2405.01520>
- [4] J. Granados Ferreira, "El impacto de la inteligencia artificial en los trabajadores despedidos por automatización de servicios", *Rev. CES Derecho*, vol. 14, no. 3, pp. 62-81, dic. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.21615/cesder.7416>
- [5] Grupo Europeo de Ética en la Ciencia y las Nuevas Tecnologías. Declaración sobre inteligencia artificial, robótica y sistemas 'autónomos'. Marzo 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332061758_Traduccion_de_la_Declaracion_sobre_Inteligencia_artificial_robotica_y_sistemas_autonomos_del_Grupo_Europeo_sobre_Etica_de_la_Ciencia_y_las_Nuevas_Tecnologias
- [6] C. H. Limaymanta Albares, H. Zulueta-Rafael, C. Restrepo-Arango, y P. Alvarez-Muñoz, "Análisis bibliométrico y cuantitativo de la producción científica de Perú y Ecuador desde Web of Science (2009-2018)", *Inf., Cult. Soc.*, no. 43, pp. 31–52, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.34096/ics.i43.7926>
- [7] F. Reyes Cortes, J. Cid Mojaraz, y E. Vargas Soto, *Mecatrónica: Control y Automatización*, México: Alfaomega, 2013.
- [8] M. S. Obaia, "Mechatronics brief history and applications", Mansoura University, 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/320987534_Mechatronics_Brief_History_And_Applications
- [9] F. A. Guasmayan, "Diseño mecatrónico como acercamiento a la transdisciplinariedad en ingeniería mecatrónica", *Rev. Mutis*, vol. 13, no. 2, pp. 1–15, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.21789/22561498.1988>
- [10] D. Bustamante, "Necesidades y situación actual de la matriz productiva para la creación de la Tecnología en Mecatrónica mención Procesos Industriales", Tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador - ESPE, Sangolquí, Ecuador. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/items/b6deb8b2-dd40-4fce-960c-e0664f4a3496>
- [11] B. Pineda Torres, Diseño e Implementación de un Laboratorio de Fundamentos de Mecatrónica para ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel. Escuela Especializada en Ingeniería Itca-Fepade. ITCA Editores. El Salvador, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/05-SMG-Laboratorio-Mecatronica.pdf>
- [12] E. Larrondo Pons, G. Cervantes Montero, y A. Sánchez Roca, "Impacto de la mecatrónica en la medicina", *MEDISAN*, vol. 22, no. 4, abr. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/2059>
- [13] Y. M. Cedeño Cedeño, M. J. Pazmiño Chancay, H. D. V. D'Ilio Gil, y A. E. Aguirre Tello, "Cirugía robótica, la transición de la cirugía en la actualidad", *RECIAMUC*, vol. 6,

- no. 2, pp. 269-279, may. 2022. [En línea]. Disponible en: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(2\).mayo.2022.269-279](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(2).mayo.2022.269-279)
- [14] J. Cornejo, J. A. Cornejo Aguilar, y J. P. Perales Villarroel, “Innovaciones Internacionales en Robótica Médica para Mejorar el Manejo del Paciente en Perú”, *Rev. Fac. Med. Humana*, vol. 19, no. 4, pp. 105–113, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.25176/rfmh.v19i4.2349>
- [15] P. A. Torres Fernández, "Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual", *Atenas*, vol. 2, no. 34, pp. 1–15 2016. [En línea]. Disponible en: <https://monografias.umcc.cu/index.php/atenas/article/view/419>
- [16] E. M. Bartels, “How to perform a systematic search”, *Best Pract. & Res. Clin. Rheumatol*, vol. 27, no. 2, pp. 295–306, apr. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2013.02.001>
- [17] N. J. van Eck, y L. Waltman, “VOSviewer Manual, Amsterdam”, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.20.pdf
- [18] N. J. van Eck, L. Waltman, R. Dekker, and J. van den Berg, “A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS”, *J. Amer. Soc. Inf. Sci. Technol*, vol. 61, no. 12, pp. 2405–2416, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/asi.21421>
- [19] G. Génova, H. Astudillo, and A. Fraga, “The scientometric bubble considered harmful”, *Science and Engineering Ethics*, vol. 22, no. 1, pp. 227–235, feb. 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11948-015-9632-6>
- [20] S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch, and L. León, *Global Innovation Index 2022: What is the Future of Innovation-driven Growth?*, 15° ed, Geneva: WIPO Publications. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34667/tind.46596>
- [21] "Scimago Journal & Country Rank," Scimago Lab. [Online]. Available: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=5100152904&tip=sid&clean=0>
- [22] "Scimago Journal & Country Rank," Scimago Lab. [Online]. Available: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100782857&tip=sid&clean=0>
- [23] R. Rodríguez Muñoz, A. R. Socorro Castro, y J. L. León González, “El Índice H y la identidad digital de los investigadores en los sistemas científico-tecnológicos”, *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. 5, pp. 165–174, sep. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2222?articlesBySameAuthorPage=2>
- [24] M. Hu et al., “High-performance strain sensors based on bilayer carbon black/PDMS hybrids,” *Advanced Composites and Hybrid Materials*, vol. 4, pp. 514–520, apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s42114-021-00226-z>
- [25] J. Cornejo et al., “Anatomical engineering and 3D printing for surgery and medical devices: international review and future Exponential Innovations”, *BioMed Research International*, vol. 2022, pp. 1–28, mar. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2022/6797745>
- [26] J. Wu et al., “Sheath–Core fiber strain sensors driven by in-Situ crack and elastic effects in graphite nanoplate composites”, *ACS Applied Nano Materials*, vol. 2, no. 2, pp. 750–759, jan. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1021/acsanm.8b01926>
- [27] S. F. Atashzar, M. Shahbazi, and R. V. Patel, “Haptics-enabled Interactive NeuroRehabilitation Mechatronics: Classification, functionality, challenges and ongoing

- research”, *Mechatronics*, vol. 57, pp. 1–19, nov. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.03.002>
- [28] H. K. Neghab, M. Jamshidi, and H. K. Neghab, “Digital Twin of a Magnetic Medical Microrobot with Stochastic Model Predictive Controller Boosted by Machine Learning in Cyber-Physical Healthcare Systems,” *Information*, vol. 13, no. 7, p. 321, jul. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/info13070321>
 - [29] J. Carl, E. Grüne, J. Popp, and K. Pfeifer, “Physical Activity Promotion for Apprentices in Nursing Care and Automotive Mechatronics—Competence Counts More than Volume,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 3, p. 793, jan. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ijerph17030793>
 - [30] P. Palacios et al., “Biomechatronic Embedded System Design of Sensorized Glove with Soft Robotic Hand Exoskeleton Used for Rover Rescue Missions on Mars,” 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), pp. 1–10, apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/iemtronics52119.2021.9422634>
 - [31] M. Laffranchi et al., “User-Centered design and development of the modular TWIN lower limb exoskeleton,” *Frontiers in Neurorobotics*, vol. 15, oct. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.709731>
 - [32] R. M. Nope-Giraldo et al., “Mechatronic Systems Design of ROHNI-1: Hybrid Cyber-Human Medical Robot for COVID-19 health surveillance at Wholesale-Supermarket entrances”, presentada en Global Medical Engineering Physics Exchanges/ Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE), España, 15-20 marzo, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/gmepe/pahce50215.2021.9434874>



Efecto del tratamiento superficial ante la adherencia de la resina epóxica entre el acero estructural y fibra de carbono unidireccional

(Effect of surface treatment on epoxy resin adhesion between structural steel and unidirectional carbon fiber)

Luis Giovanni Tigmasa Paredes, Carlos Daniel Guerra Chiquito, Jordi Javier Escobar Altamirano, Francisco Agustín Peña Jordán

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
ltigmasa3242@uta.edu.ec, cguerra7115@uta.edu.ec, jescobar4720@uta.edu.ec, fa.pena@uta.edu.ec

Resumen: En la actualidad, la tecnología ha permitido desarrollar materiales alternativos que reemplazan en ciertas aplicaciones a los materiales convencionales. Uno de estos materiales es la fibra de carbono unidireccional, la cual es utilizada para el reforzamiento de estructuras existentes, ya sean de acero u hormigón, el medio de unión de la fibra de carbono y el acero es la resina epóxica. Específicamente en estructuras de acero se ha detectado problemas de adherencia en la interfaz acero y resina epóxica. Diferentes tipos de tratamientos de limpieza superficial aplicados sobre el acero se utilizan para determinar el grado de adherencia en la interfaz entre la resina epóxica y el acero estructural, mediante ensayos de tensión a juntas traslapadas simples. Se logró identificar que la rugosidad es una variable importante en la resistencia de la junta. Para modificar la rugosidad se aplicó diferentes métodos de limpieza superficial, obteniendo distintas rugosidades. Los mejores resultados para la resistencia a la adherencia fueron los tratamientos de limpieza: disco de cerdas de acero y granallado. Por medio de esta investigación determinó la resistencia a la adherencia para aplicaciones prácticas para el reforzamiento de estructuras de acero.

Palabras clave: Desplazamiento, reforzamiento, rugosidad, adherencia, falla del adhesivo.

Abstract: Currently, technology has enabled the development of alternative materials that, in certain applications, replace conventional materials. One of these materials is unidirectional carbon fiber, which is used to reinforce existing structures, whether made of steel or concrete. The bonding medium between carbon fiber and steel is epoxy resin. Specifically, in steel structures, adhesion issues have been detected at the steel-epoxy resin interface. Different types of surface cleaning treatments applied to the steel are used to determine the degree of adhesion at the interface between the epoxy resin and structural steel through tensile tests on simple lap joints. It was identified that roughness is a key variable in joint strength. To modify roughness, different surface cleaning methods were applied, resulting in various roughness levels. The best results for adhesion strength were obtained with the cleaning treatments using a steel-bristle disc and shot blasting. Through this research, the adhesion strength for practical applications in steel structure reinforcement was determined.

Keywords: Displacement, reinforcement, roughness, adhesion, adhesive failure.

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los materiales compuestos, se han constituido como ventajas ante los materiales convencionales, ante lo cual se usan ampliamente para aplicaciones en el campo de la ingeniería civil, mecánica, aeroespacial y biomédicas [1].

Estas ventajas han permitido fomentar el uso para la fabricación de implementos deportivos y el reemplazo de partes de maquinaria que usualmente se fabricaban de materiales metálicos [2]. Los compuestos poliméricos reforzados con fibra de carbono superan el rendimiento, comparado con otros materiales, son usados en aplicaciones de alta tecnología nanoelectrónicas, estructurales y médicas [3]. Específicamente, en el campo de la ingeniería civil, la fibra de carbono se utiliza para reforzar vigas metálicas de puentes peatonales reforzadas con fibra de carbono. Los resultados mostraron un incremento del 46 % de la resistencia a flexión [4]; también se estudió el efecto que produce el reforzar las vigas de hormigón con fibra de carbono, cuyo incremento de resistencia fue de 108,8 % [5]. El reforzamiento consiste en el incremento parcial o total de la resistencia mecánica de una estructura [6], mediante la aplicación de láminas de unidireccionales, previamente fabricadas las cuales se apilan y se unen por medio de una matriz epóxica, hasta formar platinas de determinado espesor [7].

Aunque el material compuesto con fibra de carbono mejora la resistencia a flexión, el incremento de la deformación elástica puede provocar la separación en la intercara acero fibra, en su mayoría ocurre en los extremos de la fibra de carbono, debido a la concentración de esfuerzos o también debido al control de curado del adhesivo epóxico [4], [8], [9]. La rugosidad de la superficie donde se aplicara el reforzamiento con fibra de carbono tiene relación directa con la calidad de las propiedades adhesivas en la intercara acero fibra [10], [11]. La rugosidad del sustrato depende del tratamiento superficial, la cual es una variable dominante en la adhesión inicial entre el adhesivo y los sustratos de acero [12].

Una manera de unir la fibra de carbono al acero, es mediante una resina epóxica la cual creara una unión adhesiva con el sustrato [13]. Las uniones adhesivas presentan muchas ventajas en comparación con otras uniones tradicionales como las uniones soldadas, debido a que ofrecen una unión continua con distribución homogénea de tensiones, además son capaces de unir materiales metálicos y materiales compuestos [14]. La unión adhesiva entre la fibra de carbono y el material a reforzar, consiste en aplicar resina epóxica entre los materiales a unir [15]. Existen varios tipos de uniones adhesivas, entre las cuales se destacan la unión adhesiva estructural, las cuales soportan esfuerzos significativos, razón por la que son útiles para reforzamiento estructurales [16]. Para representar la unión entre el acero y la fibra de carbono unidireccional, se usó la junta traslapada simple, debido a que es la que con mayor precisión reproduce las condiciones de trabajo, la cual describe una falla por esfuerzo cortante de la unión adhesiva, a través del desprendimiento de la interfaz [14], [17]. Las fallas en las uniones adhesivas pueden ser: adhesivas, la cual consiste en la falla de la interfaz del sustrato y adhesivo; cohesivas, la cual consiste en la fractura del adhesivo al romper las fuerzas de cohesión [18].

En la presente investigación se ensayan juntas traslapadas simples entre el acero estructural y fibra de carbono unidireccional, unido mediante adhesivo epóxico; cada grupo de probetas se aplicarán diferentes tratamientos de limpieza en el acero, con el objetivo de determinar las rugosidades que otorguen el mayor grado resistencia, por lo tanto, verificar la mejor adherencia de la junta epóxica.

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los ensayos de tensión se ejecutaron con acero estructural ASTM A36, fibra de carbono unidireccional y resina epóxica; las propiedades se encuentran desde la Tabla 1 a la Tabla 3, respectivamente.

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

Material	Densidad [kg/m ³]	Módulo de elasticidad [MPa]	Coefficiente de Poisson	Límite a la cedencia [MPa]	Límite de tracción [MPa]	Ductilidad
A36	7.890	200.000	0,3	250	400	0,283

Tabla 2. Propiedades mecánicas de la fibra de carbono unidireccional.

Material	Módulo de elasticidad [GPa]	Relación de Poisson	Módulo de corte [GPa]
E 230	230	0,23	9

Tabla 3. Propiedades mecánicas de la resina epóxica.

Módulo de elasticidad [GPa]	Relación de Poisson	Módulo de corte [GPa]
3,78	0,35	1,4

2.2. Equipos

2.2.1. Ensayo de tracción

La máquina para ejecutar los ensayos de tracción es Metrotest STH-2.000/, la capacidad de carga es de 400 kN a 2.000 kN. Precisión en la medición de la carga: $\pm 0,5 \%$.

2.2.2 Medición de rugosidad

Rugosímetro Mitutoyo SJ-210, precisión de 0,2 μm a 1,6 μm .

2.2.3 Equipos para el tratamiento de limpieza de superficies

- Equipo de granallado.
- Amoladora angular.
- Equipo de accionamiento eléctrico para el proceso de chorro de cerdas

2.2.4. Medición de peso de la resina epóxica

Balanza digital con precisión de 0,05lb/0,02kg.

2.2.5. Consumibles

- Disco abrasivo
- Disco de cerdas de acero
- Disco de lija #100

2.3. Métodos

2.3.1. Probetas

Las probetas están formadas por una parte de acero y otra parte de fibra de carbono unidireccional. Los distintos tratamientos de limpieza para obtener una de las superficies rugosas, se identifican como: SDC, limpieza con disco de lija; GDC, limpieza con disco de desbaste; MC, limpieza manual; BC, limpieza con granalla; BB, limpieza con disco de cerdas de acero inoxidable.

Las dimensiones de solapamiento se estimaron según la norma ASTM D1002, Ecuación 1.

$$L = Fy * \frac{t}{\tau} \quad (1)$$

Donde:

L: longitud de solapamiento [in]

Fy: Limite de cedencia del material mas débil [psi]

t: Espesor del acero [in]

τ : Resistencia media al cizallamiento estimada de la union adhesiva [psi], corresponde al 150% de la fuerza cortante del adhesivo epoxico.

Las dimensiones calculadas para todas las probetas se muestran en la Figura 1.

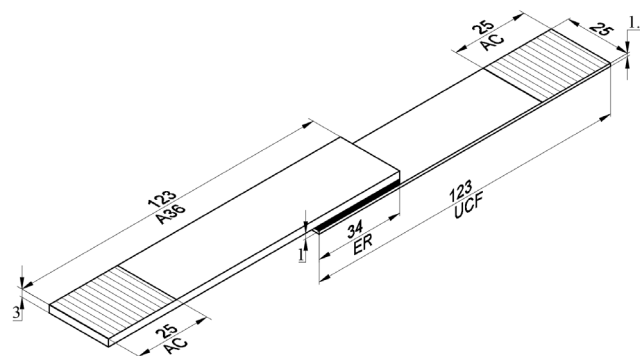


Figura 1. Dimensiones de las probetas. AC: área para sujetar en las mordazas de la máquina de ensayos; ER: resina epóxica; UCF: fibra de carbono unidireccional; A36: acero ASTM A36.

2.3.2. Preparación de las superficies y juntas simples

Las superficies de contacto en el acero de las probetas se prepararon con distintos métodos de limpieza para obtener las distintas rugosidades en la superficie del acero. Las superficies con distintos tipos de limpieza se identifican en la Tabla 4. Para cada tratamiento de limpieza superficial se prepararon 5 probetas. Se aplicó una presión de curado de la resina de 42 kPa, con un tiempo de reposo de 72 horas. La mezcla de la resina epóxica se preparó con una relación de 3 a 1 en peso, medido en una balanza digital.

Tabla 4. Tratamiento limpieza aplicado a la superficie de contacto en el acero.

Tratamiento	Limpieza	Aplicación	Parámetros
SDC	Disco de lija # 100	Amoladora angular	12.000 RPM
GDC	Disco de desbaste	Amoladora angular	12.000 RPM
MC	Manual	Cepillo de alambre	Hasta eliminar impurezas
BC	Granalla	Equipo de granallado	820 Pa, granalla metálica: S780 – 2mm
BB	Disco de cerdas de acero	Equipo de accionamiento eléctrico	2.300 RPM

2.3.3. Aplicación de los ensayos

Posterior a la limpieza superficial, se midieron las rugosidades en el acero de cada una de las probetas. Se obtuvieron los resultados correspondientes a cada probeta, según el tratamiento de limpieza superficial aplicado. Luego de aplicar la resina epóxica para unir el acero con la fibra de carbono, y tras el tiempo de curado manteniendo la presión en cada una de las juntas, se realizó el ensayo de tracción. La velocidad de aplicación de la carga axial fue de 1,3 mm/min.

3. RESULTADOS

Los resultados de rugosidad de cada tratamiento superficial se presentan en la Figura 2. Se observa que existe una gran diferencia en el tratamiento de granallado y la limpieza con disco de cerdas, en comparación a los demás tratamientos superficiales.

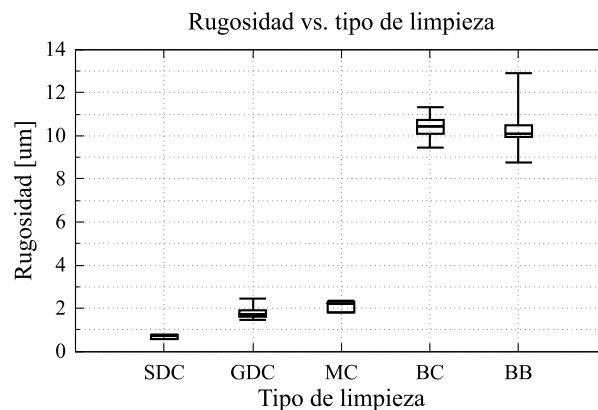


Figura 2. Resultados de rugosidad según el tipo de limpieza de superficie aplicado.

En las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran los resultados del ensayo de tensión para cada una de las limpiezas superficiales, donde se puede verificar que las mayores resistencias se presentan en las probetas tratadas con granallado y con disco de cerdas. En cada una de estas Figuras se observa el desplazamiento registrado ante la fuerza aplicada. Se evidencia que la limpieza con granallado y disco de cerdas metálicas poseen mayor resistencia en comparación a los demás métodos, según las Figuras 6 y 7.

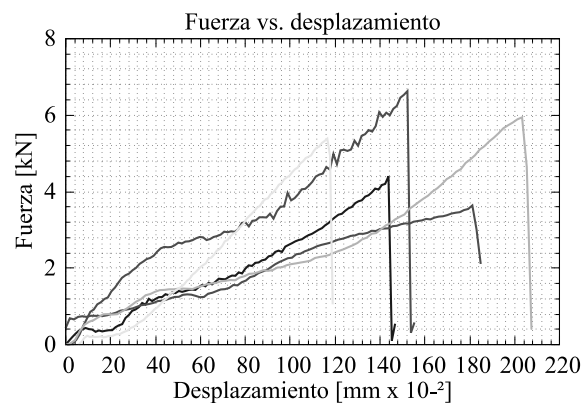


Figura 3. Resultados del ensayo de tracción de las probetas limpiadas con disco de lija.

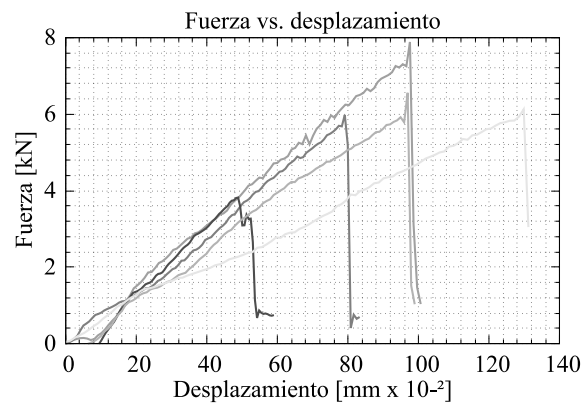


Figura 4. Resultados del ensayo de tracción de probetas con limpieza de disco abrasivo.

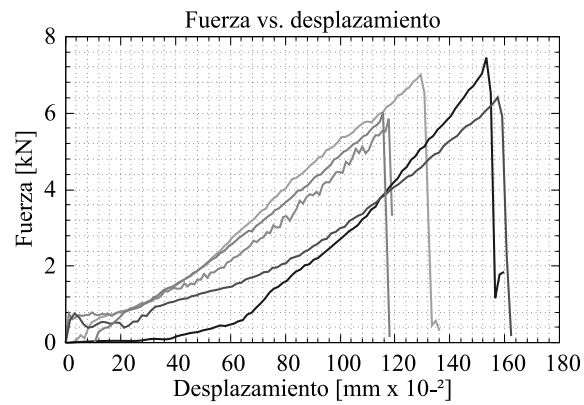


Figura 5. Resultados del ensayo de tracción para probetas con limpieza manual.

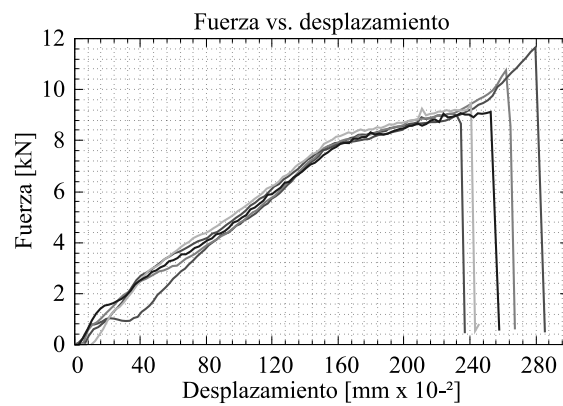


Figura 6. Resultados del ensayo de tracción de las probetas con limpieza por granallado.

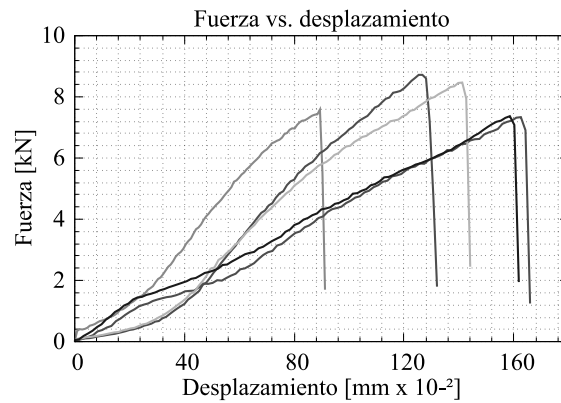


Figura 7. Resultados del ensayo de tracción de probetas con limpieza por disco de cerdas de acero.

Los resultados de esfuerzo cortante se presentan en la Figura 8. Las mayores resistencias ante esfuerzos cortantes se en las probetas con limpieza superficial mediante granallado.

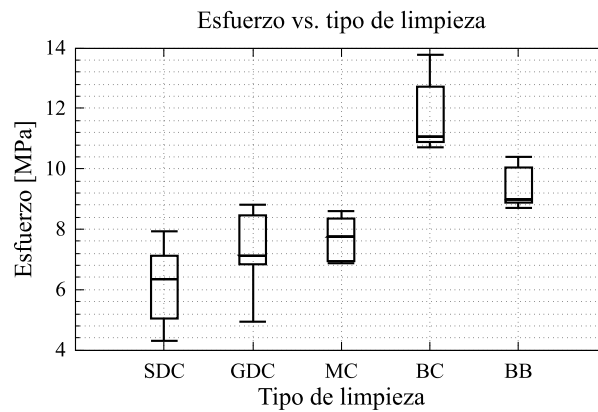


Figura 8. Resultados de esfuerzos cortantes en función del tipo de limpieza aplicada en las superficies.

El tipo de falla adhesiva se presentó en las probetas con limpieza superficial: manual, con disco abrasivo, con disco de lija y con disco de cerdas, mientras que la combinación de fallas adhesiva y cohesiva se presentó en las probetas con limpieza mediante granallado. En las Figuras 9, 10 y 11 se identifican, respectivamente, las fallas descritas.



Figura 9. Fallas de adherencia, se produjeron en probetas con limpieza superficial: manual, disco abrasivo, disco de lija.



Figura 10. Falla adherencia/cohesión, se produjeron en las muestras con limpieza superficial por granallado.



Figura 11. Fallas adhesivas, se produjo en muestras con limpieza superficial por disco de cerdas.

4. DISCUSIÓN

En la investigación “Propiedades mecánicas de una selección de adhesivos epoxi y Uniones Adhesivas de Chapas de Acero” [19]. La investigación indica que existe una rugosidad máxima aproximada de 12 μm , dio un valor de esfuerzo de entre 6 a 14 MPa; sin embargo, no especifica el tipo de tratamiento de limpieza aplicado a la superficie.

Mientras que en la investigación “Influencia de la rugosidad de la superficie y del espesor de la línea de unión en el rendimiento de adhesión de juntas adhesivas epóxicas sobre sustratos de acero al carbono” [20], aborda los tratamientos superficiales utilizados mediante lijas y granallado con óxidos de aluminio, muestran rugosidades promedio va desde 0,2 a 8,52 μm . El esfuerzo máximo obtenido es para el tratamiento con el óxido de aluminio 20, dio un resultado de esfuerzo de la junta entre 9 y 12 MPa. Las fallas predominantes en las juntas son fallas adhesivas y cohesivas. Estas fallas se presentan de manera similar comparado con el método de granallado y disco de cerdas analizado en la presente investigación.

Los resultados obtenidos muestran una tendencia similar comparado con otras investigaciones, sin embargo, es importante conocer la rugosidad superficial según el tipo de limpieza, debido a que el propósito es tener una base practica para posteriores investigaciones enfocadas al refuerzo de estructuras de acero utilizando fibra de carbono y resina epóxica.

5. CONCLUSIONES

Para los tratamientos de limpieza superficial propuestos en esta investigación, se evidencia proporcionalidad entre la rugosidad y la resistencia de la junta; es decir, entre mayor es la rugosidad, mayor es la resistencia.

En las Figuras 3, 4, 5 y 7, se observa que los tratamientos de limpieza superficial SDC, GDC, MC y BB no poseen una tendencia aproximada en las curvas que se forman con los datos de fuerzas y desplazamientos. Sin embargo, en la junta con limpieza superficial BC (Figura 6), la tendencia de los resultados es aproximada; esto se debe a que los tratamientos de limpieza superficial son ejecutados directa o indirectamente de manera manual, a excepción del tratamiento de limpieza superficial BC.

En la Figura 2, donde se presentan los resultados de rugosidad según el tipo de limpieza de superficie aplicado, se observa que se presentan dos grupos cuyos resultados son aproximados.

El primer grupo son los tratamientos superficiales SDC, GDC y MC, los cuales son menores en comparación al grupo con tratamiento de limpieza superficial BC y BB.

La combinación de falla adhesiva/cohesiva se presenta en las probetas con superficies granalladas (BC), lo cual evidencia que este tratamiento de limpieza superficial produce mejores resultados. Presenta una falla cohesiva, es decir, la falla de la junta es en la resina epóxica y no de la interfaz del sustrato resina, evidenció que la rugosidad del tratamiento de limpieza con granallado (BC) tiene la mayor resistencia en comparación a los demás métodos utilizados.

En aplicaciones prácticas para reforzamientos estructurales, el tratamiento de limpieza con granallado (BC), es complicado debido a que requiere de equipamiento adecuado, tanto para el proceso como para la seguridad de quien opera el equipo de granallado. Razón por la cual es evidente la ventaja del tratamiento superficial mediante disco de cerdas (BB), puesto que se usa equipos manuales, lo que facilita los trabajos de limpieza de forma práctica. Mediante esta diferencia se recomienda investigar más acerca de las adherencias que se pueden obtener con el tratamiento de limpieza usando disco de cerdas (BB).

REFERENCIAS

- [1] E. Monaldo, F. Nerilli, and G. Vairo, “Basalt-based fiber-reinforced materials y structural applications in civil engineering”, *Composite Structures*, vol. 214, pp. 246–263, apr. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.02.002>
- [2] V. H. Martínez-Lyeros, S. Y. Vargas-Islas, C. E. Cruz-González, S. Barrera, K. Mourtazov, and R. Ramírez-Bon, “Studies on the influence of surface treatment type, in the effectiveness of structural adhesive bonding, for carbon fiber reinforced composites”, *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 39, pp. 160–166, mar. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.02.014>
- [3] K. Shirvanimoghaddam *et al.*, “Carbon fiber reinforced metal matrix composites: Fabrication processes y properties”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 92, pp. 70–96, jan. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.10.032>
- [4] S. Selvaraj, and M. Madhavan, “Retrofitting of steel beams using low-modulus carbon fiber reinforced polymer laminates”, *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 167, apr. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.105825>
- [5] A. Sakbana, and M. Masreib, “Finite element analysis of CFRP–reinforced concrete beams”, *Revista ingeniería de construcción*, vol. 35, no. 2, pp. 148–169, aug. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4067/S0718-50732020000200148>
- [6] M. M. Theurer, and J. Rodriguez, “Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras”, *Ingeniería*, vol. 20, no. 1, pp. 57–62, 2016. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750927006>
- [7] Y. S. Mohamed, and A. Abdelbary, “Theoretical y experimental study on the influence of fiber orientation on the tensile properties of unidirectional carbon fiber/epoxy composite”, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 67, pp. 693–705, mar. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.058>
- [8] A. Al-Ridha, A. Atshan, K. Mahmoud, and Q. Hameed, 2019, “Effect of strengthening of steel beams with variable length by using carbon fiber”, *Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 1, aug. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2019/1631692>
- [9] A. Paz Carvajal, L. M. Rios Gamboa, F. Casanova García, A. Leyton Virgen y J. J. García Álvarez, “Fabricación y caracterización mecánica de un laminado de fibra de carbono en matriz de resina epoxi”, *Scientia et Technica*, vol. 22, no. 3, 2017, pp. 262–

- 267, sep. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/15081>
- [10] J. Shi, B. Jia, Y. Ren, X. Zhang, and J. Luo, “Study on the interface constitutive relation between carbon fiber fabric y steel”, *Materials*, vol. 13, no. 15, jul. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/ma13153263>
 - [11] A. Guzanová, J. Brezinová, D. Draganovská, and F. Jaš, “A study of the effect of surface pre-treatment on the adhesion of coatings”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, vol. 28, no. 17, pp. 1754–1771, sep. 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/01694243.2014.920762>
 - [12] J. P. B. van Dam, S. T. Abrahams, A. Yilmaz, Y. Gonzalez-Garcia, H. Terryn, and J. M. C. Mol, “Effect of surface roughness y chemistry on the adhesion y durability of a steel-epoxy adhesive interface”, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 96, jan. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.102450>
 - [13] A. Al-Saidy, F. W. Klaiber, A. H. Al-Saidy, F W Klaiber, and T. J. Wipf, “Repair of Steel Composite Beams with Carbon Fiber-Reinforced Polymer Plates”, *Journal of Composites for Construction*, vol. 8, no. 2, pp. 163–172, mar. 2004. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2004\)8:2\(163\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2004)8:2(163))
 - [14] P. Galvez, A. Quesada, M. A. Martinez, J. Abenojar, M. J. L. Boada, and V. Diaz, “Study of the behaviour of adhesive joints of steel with CFRP for its application in bus structures”, *Composites Part B: Engineering*, vol. 129, pp. 41–46, nov. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.07.018>
 - [15] A. Uthaman, G. Xian, S. Thomas, Y. Wang, Q. Zheng, Aand X. Liu, “Durability of an epoxy resin y its carbon fiber-reinforced polymer composite upon immersion in water, acidic, y alkaline solutions”, *Polymers*, vol. 12, no. 3, mar. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/polym12030614>
 - [16] R. G. Budynas, and J. K. Nisbett, *Shigley’s mechanical engineering design*, 9^{na} edición, McGraw-Hill New York, 2012, pp. 476-480
 - [17] M. U. Sahin, and M. Dawood, “Experimental Investigation of Bond between High-Modulus CFRP y Steel at Moderately Elevated Temperatures”, *Journal of Composites for Construction*, vol. 20, no. 6, dec. 2016. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000702](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000702)
 - [18] C. J. Higginson, K. G. Malollari, Y. Xu, A. V. Kelleghan, N. G. Ricapito, and P. B. Messersmith, “Bioinspired Design Provides High-Strength Benzoxazine Structural Adhesives”, *Angewandte Chemie*, vol. 131, no. 35, pp. 12399–12407, jul. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/ange.201906008>
 - [19] A. Rudawska, “Mechanical Properties of Selected Epoxy Adhesive y Adhesive Joints of Steel Sheets”, *Applied Mechanics*, vol. 2, no. 1, pp. 108–126, mar. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/applmech2010007>
 - [20] D. Zhang, and Y. Huang, “Influence of surface roughness y bondline thickness on the bonding performance of epoxy adhesive joints on mild steel substrates”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 153, apr. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106135>





Más artículos científicos aquí