TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales
ISSN 1317-0570 / ISSN (e) 2343-5763
Vol. 27(1). Enero-Abril 2025

SOLIDARIDAD DIGITAL Y TECNOLOGÍA SOLIDARIA EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL: CENTRO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL - IA.CENTER, CHIHUAHUA

Carmen Patricia Jiménez Terrazas*
https://orcid.org/0000-0001-8242-5421
Eduardo Castillo Luna**
https://orcid.org/0000-0002-3481-5510
Joam Rincón Zuluaga***
https://orcid.org/0000-0002-8462-0260
José Mireles Jr.****
https://orcid.org/0000-0003-0723-2544

RECIBIDO: 01/08/2024 / **ACEPTADO**: 15/10/2024 / **PUBLICADO**: 15/01/2025

Cómo citar: Jiménez Terrazas, C., Castillo Luna, E., Rincón Zuluaga, J., Mireles Jr., J. (2025). Solidaridad digital y tecnología solidaria en la transformación digital: Centro de Inteligencia Artificial - IA.Center, Chihuahua. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 27*(1), 192-209. www.doi.org/10.36390/telos271.16

RESUMEN

La transformación digital basada en inteligencia artificial apoya el desarrollo de comunidades, organizaciones y naciones que apuestan económicamente por la tecnología que la habilita, sin embargo, son muchos los espacios que quedan vacíos si solo se apuesta por una transformación digital no incluyente, por lo que este estudio tiene como objetivo explicar la relación entre las tecnologías solidarias y la solidaridad digital para favorecer la transformación digital basada en inteligencia artificial, basados en la teoría de la justicia, solidaridad e innovación. La investigación es cuantitativa, no experimental, transeccional, explicativa, caso de estudio del Centro de Inteligencia Artificial – IA.Center Estado de Chihuahua donde se aplicaron 180 cuestionarios, analizados por modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), utilizando el software SmartPLS 4. Los hallazgos revelan que la tecnología solidaria

* *Autor de correspondencia.* Profesora investigadora de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Directora Administrativa en el Centro de Inteligencia Artificial - IA.Center Estado de Chihuahua. Líneas de investigación: gestión del conocimiento, innovación tecnología, emprendimiento tecnológico, gestión del talento, socialización organizacional. pjimenez@uacj.mx

** Director General del Centro de Inteligencia Artificial - IA.Center Estado de Chihuahua. Profesor en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación. Líneas de investigación: cómputo en la nube, redes de datos abiertas, virtualización, inteligencia artificial, IoT y analítica de datos. ecastillo@ia.center

*** Profesor de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez. Director de Talento en el Centro de Inteligencia Artificial - IA.Center Estado de Chihuahua. Líneas de investigación: microelectrónica, dispositivos IoT, electronica flexible, semiconductores. jmrincon@ia.center

**** Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Director de Vinculación en el Centro de Inteligencia Artificial - IA.Center Estado de Chihuahua. Líneas de investigación: microelectrónica y MEMS. jmireles@uacj.mx

impacta positiva y significativamente la solidaridad digital y que la solidaridad digital impacta positiva y significativamente la transformación digital IA. Otro hallazgo es que la solidaridad digital es una variable mediadora entre la relación positiva y significativa entre la tecnología solidaria y la transformación digital IA. Se encontró también que el poder predictivo del modelo global, es significativo. Se concluye que, así como la tecnología pagada favorece la transformación digital, también lo hacen las tecnologías solidarias y la solidaridad digital.

Palabras clave: solidaridad digital, tecnología solidaria, transformación digital, inteligencia artificial, modelo de ecuaciones estructurales

Digital solidarity and solidarity technologies in digital transformation: Artificial Intelligence Center - IA.Center, Chihuahua

ABSTRACT

The digital transformation based on artificial intelligence supports the development of communities, organizations and nations that are economically committed to the technology that enables it, however, there are many spaces that remain empty if only a non-inclusive digital transformation is committed, so This study aims to explain the relationship between solidarity technologies and digital solidarity to promote digital transformation based on artificial intelligence, based on the theory of justice, solidarity and innovation. The research is quantitative, non-experimental, transectional, explanatory, case study of the Artificial Intelligence Center – IA.Center State of Chihuahua where 180 questionnaires were applied, analyzed by partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM), using the SmartPLS software 4. The findings reveal that solidarity technology positively and significantly impacts digital solidarity and that digital solidarity positively and significantly impacts AI digital transformation. Another finding is that digital solidarity is a mediating variable between the positive and significant relationship between solidarity technology and AI digital transformation. It was also found that the predictive power of the global model is significant. It is concluded that just as paid technology favors digital transformation, so do solidarity technologies and digital solidarity.

Keywords: digital solidarity, solidarity technologies, digital transformation, artificial intelligence, structural equation model

Introducción

Los avances tecnológicos son esenciales para las soluciones a problemáticas generales relacionadas a cuestiones económicas, ambientales y sociales. De ahí, que uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) incluya como una de sus metas principales aumentar el acceso a las tecnologías de la información y comunicación (TICs) y proporcionar acceso universal y asequible al internet en los países menos desarrollados (CEPAL, 2022). Cerca del 70% de la población en América Latina y el Caribe es usuaria de Internet, y el crecimiento promedio anual de Internet fue del 8% entre 2010 y 2019, sin embargo, las brechas de acceso a Internet por zona geográfica entre el área urbana y rural es significativa en la mayoría de los países. En promedio, esta diferencia alcanza los 25 puntos porcentuales, y en algunos países llega a los 40 puntos porcentuales (CEPAL, 2021).

Posterior a la Cumbre 2003 de la Sociedad de la Información en Ginebra, donde se propuso a la solidaridad digital como estrategia para reducir la brecha digital entre países, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) formuló en 2005 en Río de Janeiro, el primer Plan de Acción sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe, buscando un enfoque común sobre el papel de las tecnologías digitales para el desarrollo de América Latina. De entonces a la fecha, realizan conferencias ministeriales anualmente para actualizar los acuerdos y analizar las propuestas de política púbica digital regional. La Agenda Digital para América Latina y el Caribe (eLAC2024) es una propuesta con cuatro ejes: impulso a la digitalización universal e inclusiva; transformación digital productiva y sostenible; transformación social para el bienestar social; y generación de nuevas alianzas (CEPAL 2021, 2022).

De la agenda eLAC2024, esta investigación se basa en el eje de transformación social para el bienestar social, meta inclusión digital para la igualdad de oportunidades, objetivo 21 de promover la accesibilidad en el entorno digital para facilitar la inclusión económica y social de las personas con discapacidad, en situaciones de vulnerabilidad y con necesidades específicas. Esta misma base, justifica realizar la investigación en un caso de estudio: en el Centro de Inteligencia Artificial – IA.Center Estado de Chihuahua donde ofertan cursos especializados en temas de *Phyton*, Ciencia de datos, *Deep learning, Machine learning, Blockchain, DevOps, IoT*, Industria 4.0, entre otros, que se presentan como una opción adicional a la educación formal de las escuelas y universidades e incluso, no es requerido estar cursando ningún nivel educativo para tener acceso a los cursos. La base principal de estos cursos, es un sentido profundo de solidaridad, pues se ofertan gratuitamente a la comunidad en general. Adicionalmente, la ayuda mutua para el aprendizaje digital entre participantes e instructores, que se logra con las sesiones de respuestas a sus dudas, fomenta la solidaridad digital en el ambiente virtual de aprendizaje de la plataforma skills.ia.center y la tecnología solidaria de accesibilidad, conectividad, colaboración y universalidad para todos, busca favorecer una mayor transformación digital en la región, por lo que, objetivo de la presente investigación, es explicar la relación entre las tecnologías solidarias (TS) y la solidaridad digital (SD) para favorecer la transformación digital basada en inteligencia artificial (TDIA), basados en la teoría de la justicia, solidaridad e innovación. Se incluye en los siguientes apartados la base y relaciones teóricas de TS, SD y TDIA, la contextualización del caso de estudio, metodología, resultados, discusión y conclusión.

Tecnología solidaria (TS) y Transformación digital (TD)

La transformación digital de acuerdo a Delgado (2020) incluye una serie de enfoques en su definición, dependiendo del autor que lo analice: está basada en principios como la colaboración, cambio cultural e hiperactividad; habilitadores como modelos de negocios, tecnología y habilidades de usuarios; mecanismos de implementación como estrategias digitales, arquitecturas empresariales, plataformas, estándares, entre otras; áreas de impacto de acuerdo al sector en que se enfoque; y mecanismos de evaluación como modelos de madurez y sistema de indicadores.

La transformación digital tiene como base de innovación disruptiva, la tecnología digital y sus herramientas como internet de las cosas, *big data*, plataformas en la nube, *blockchain*, entre otros, y siendo ampliamente aceptado que especialmente la inteligencia artificial, está modificando rápidamente los negocios y la sociedad (Holmström, 2022; Villanueva, 2024).

Esta transformación digital aplica a varios niveles: desde lo individual, organizacional, hasta lo social, de ahí que la importancia de su preparación o implementación, favorezca o dificulte su puesta en marcha. Para Holmström (2022) las cuatro dimensiones para la preparación de la transformación digital en inteligencia artificial en las empresas, incluyen la tecnología, actividades, límites y metas.

Satyakumar & Lad (2022) menciona sobre la preparación a nivel individual para la adopción de la inteligencia artificial, que incluye cuatro factores: nivel de adopción y preparación individual que incluye conocimiento de la terminología y aspectos fundamentales, metas individuales; pre-requisitos para la iniciación con conocimientos y conductas de IA; decisiones de adopción, que incluyen consideraciones e intención; finalmente, la implementación, seleccionando herramienta IA, su uso y evaluación.

En relación a la transformación digital, Delgado (2020) menciona que muchas tecnologías habilitadoras de esta transformación digital, tienden a converger como el internet de las cosas e inteligencia artificial, entre otras, facilitando para las personas, la realización de sus actividades. Valdiviezo et al., (2022) también menciona, que un mayor uso de las tecnologías digitales favorece la transformación digital. En ese sentido y con enfoque en esta investigación, por tecnología también puede considerarse a la tecnología solidaria por lo que la H1: Tecnología Solidaria impacta positiva y estadísticamente significativa a Transformación Digital de Inteligencia Artificial.

Basados en los estudios de Mourato (2011), Mourato & Chagas (2011), Souza & Thiollent (2011) y Mourato (2020) definimos las tecnologías solidarias como aquellas que favorecen la colaboración e interactividad en Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) conectados en una comunidad de práctica que utilizan softwares, plataformas, aplicaciones y herramientas sincrónicas y asíncronas como videoconferencias, chats, foros, entre otras, basados en accesibilidad, usabilidad, conectividad, colaboración y universalidad del acceso, esto es, tecnologías que representan posibles soluciones para la transformación social digital.

Tecnología solidaria (TS) y Solidaridad digital (SD)

Sobre el tema de las brechas digitales Camacho (2005) critica la propuesta de la Cumbre 2003 de la Sociedad de la Información en Ginebra en la que “se habla de la solidaridad digital como estrategia de reducción, sin embargo, la reflexión debería estar centrada en cómo las tecnologías pueden apoyar la construcción de sociedades solidarias y qué condiciones requieren los grupos sociales para utilizar las TIC para llegar a esta aspiración” (p. 68) en ese sentido, su crítica es muy pertinente, pues considerar por si misma a la solidaridad digital como una estrategia de reducción sin tener en cuanta el contexto de la tecnología a utilizar y como facilitarla a la población, descontextualiza ese buen deseo de reducción. Por lo que hace latente la importancia de la relación entre la solidaridad digital y la tecnología, que, en este estudio, se enfoca en la tecnología solidaria, por lo que la H2: La Tecnología Solidaria impacta positiva y estadísticamente significativa a Solidaridad Digital.

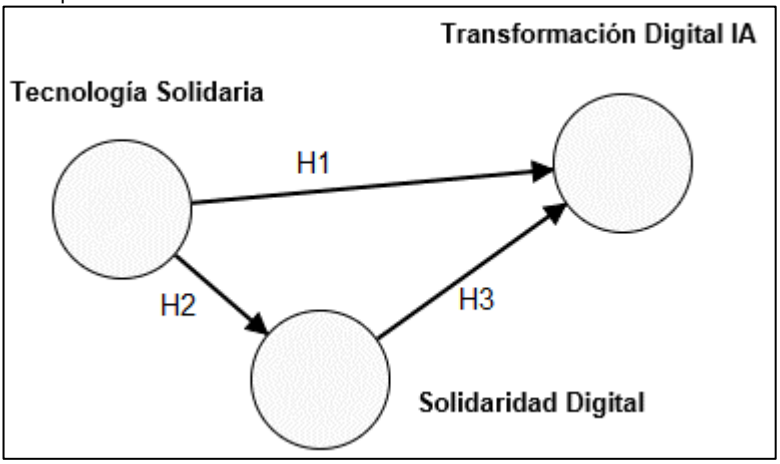
La solidaridad digital con énfasis en entornos educativos con acceso a las tecnologías de la información y comunicación, se enfoca en la equidad, diversidad y excelencia académica a través de programas de instrucción innovadores que fomentan la adquisición de prácticas digitales englobadas en cultura digital (Kolesinski et al., 2014). También se refiere a la

cooperación y asistencia recíproca que nos brindamos unos a otros, esto es, entre profesores y estudiantes y entre estudiantes (Alexandre et al., 2022), en un contexto de aprendizaje digital.

Solidaridad digital (SD) y Transformación digital (TD)

Ramírez-Montoya et al. (2022) enumerando las recomendaciones de la UNESCO en 2019 sobre el tema de educación 4.0, específicamente de la educación abierta en relación a la transformación digital, mencionan como una de estas recomendaciones la "Solidaridad y compromiso de los diversos sectores que apoyan la transformación digital en la educación" (p. 15) en relación a la colaboración solidaria entre instituciones y países para favorecer la transformación digital. Vinculándola a nuestra investigación, la H3: La Solidaridad Digital impacta positiva y estadísticamente significativa a Transformación Digital de Inteligencia Artificial. En la figura 1 se presentan visualmente las hipótesis entre las variables

Figura 1.
Relación hipotética entre las variables



Nota. Esquema de la hipótesis del estudio

Las teorías en las que se basa el presente estudio son la teoría de la justicia, teoría de la solidaridad y teoría de la innovación.

Contexto de estudio: caso del Centro de Inteligencia Artificial

El Centro de Inteligencia Artificial – IA.Center Estado de Chihuahua es una organización de la sociedad civil sin fines de lucro, ubicada en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, que inició operaciones en marzo de 2021. Su misión es "desplegar programas y proyectos para el desarrollo del talento, la innovación y el emprendimiento de base tecnológica, que promuevan la mejora de la competitividad digital regional, la movilidad social y la vinculación con la industria, la academia, el gobierno y la comunidad en general" (Jiménez Terrazas *et al*., 2023, p. 934).

De acuerdo a IA.Center (2023) el modelo de operaciones es un modelo innovador con tres pilares estratégicos: aprendizaje continuo, innovación y desarrollo tecnológico y emprendimiento

de base tecnológica. Este estudio se centra en el eje estratégico de aprendizaje continuo, donde se despliegan programas de desarrollo de talento con la submarca IA.Skills, porque "uno de los grandes retos para el desarrollo de servicios y productos con I.A. es el déficit en recursos humanos con las habilidades necesarias y la gran demanda de personal con estas capacidades" (Castillo, 2021, p. 11). En ese sentido, para resolver el problema de la falta de talento, en IA.Center se considera que "no solo es necesario formar a los profesionales actuales en temas propios de IA, sino que se tiene que permear todos los ciclos de formación de los estudiantes para que se tenga una base sólida de talento" (Rincón y Reséndez, 2021, p. 17).

Los programas de desarrollo de talento (PDT) en el Centro de Inteligencia Artificial, cumplen "no solo con la función social de democratizar el conocimiento en tecnologías disruptivas actuales y futuras, sino que además apunta a generar el capital humano con las habilidades necesarias para la consecución efectiva de los otros dos ejes estratégicos del centro de inteligencia artificial: la innovación y el emprendimiento" (IA.Center, 2023, p. 9). Como se muestra en la figura 2, los PDT en el IA.Center se enfocan a tres niveles.

Figura 2.
Niveles de formación en el eje estratégico de aprendizaje continuo



Nota. Descripción de las habilidades a desarrollar en cada nivel de formación (IA.Center, 2023)

Aunque el registro formal del IA.Center fue en marzo de 2021, inició operaciones en el primer cuarto de 2020, en plena pandemia. De 2020 a 2023 se han desarrollado un total de 428 cursos diferentes en los tres niveles de formación: básico (nivel 1), intermedio (nivel 2) y avanzado (nivel 3): 17 orientados a cursos de preparación para una certificación valida en la industria, 22 cursos de nivel especialidad o diplomado y 389 cursos orientados a la formación de competencias digitales (IA.Center, 2023).

En cuanto a los participantes en los diferentes cursos, el IA.Center los tipifica en tres categorías según la interacción con alguno de nuestros cursos: registrados, concurrentes y certificados. Los estudiantes registrados son los que completaron el formulario de inscripción exitosamente, obtuvieron una cuenta con dominio @train.ia.center y se inscribió efectivamente a un curso. Los estudiantes concurrentes son aquellos que además de haber superado el proceso de registro, muestran actividad en el curso que se inscribieron. El estudiante certificado es aquel que logra terminar el curso de manera satisfactoria con una nota mínima aprobatoria de 8/10. De 2020 a 2023, se contaba con 11,582 estudiantes registros, 6,824 estudiantes concurrentes y 3,705 estudiantes certificados (IA.Center, 2024).

Metodología

La metodología de esta investigación es un caso de estudio con enfoque cuantitativo, no experimental, transversal y explicativo, porque permite probar las hipótesis planteadas, realizando análisis de los datos con modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM).

Los estudios de caso de acuerdo a Hernández Sampieri y Mendoza (2023) analizan a profundidad y en su totalidad, a un objeto o sujeto de estudio que puede ser un individuo, familia, organización, país, entre otros. Para esta investigación, el caso de estudio es la organización de la sociedad civil llamada Centro de Inteligencia Artificial – IA.Center Estado de Chihuahua por considerarse una organización *sui géneris*, porque en su trabajo cotidiano en pro del desarrollo de la transformación digital, oferta cursos de inteligencia artificial con impacto económico y social. Los cursos con impacto económico se enfocan en apoyar la formación y capacitación especializada del personal en las empresas, con costo para éstas, y los cursos con impacto social, se ofertan al público general sin distinción de género, clase o escolaridad, con acceso gratuito denominados Programas de Desarrollo de Talento (PDT) con una edición en verano y otra en invierno. Por lo que, la muestra de este caso de estudio, son los participantes de los PDT gratuitos del 2021 al 2023.

Se realiza análisis de los datos con modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) porque "se utiliza principalmente para desarrollar teorías en investigación exploratoria" (Hair *et al*., 2019, p. 28), situación que aplica a este estudio. Una de las cuestiones críticas al aplicar PLS-SEM son los datos, ya que sus características en cuanto al tamaño muestral, es que no hay problema con muestras reducidas, no hay suposiciones en la distribución de datos, es robusto con valores perdidos abajo del promedio y funciona bien con datos métricos, escalados y binarios (Hair *et al.,* 2019).

La determinación de la muestra mínima para el PLS-SEM siguió los factores a considerar según Nitzl (2016) con un tamaño de efecto medio (0.15), con potencia estadística de 0,8, nivel de significancia de 0,01 y tres predictores, requiere un tamaño mínimo de muestra de 109, que para el presente estudio, se supera ese requisito mínimo al recolectar un total de 180 cuestionarios, aplicados mediante encuesta online utilizando Google *forms*, enviados en los meses de enero y febrero 2024 a través a los correos electrónicos personales que indicaron en su registro los participantes en los PDT 2021-2023. La primera página de la encuesta incluyó el consentimiento informado siguiendo los principios éticos de investigación.

El instrumento de medición utilizado para la recolección de información fue diseñado por los autores, con un total de 15 *items*. La definición operacional de la variable tecnología solidaria es: En entornos educativos con acceso a TIC, con equidad, diversidad y excelencia académica a través de programas de instrucción innovadores que fomentan la adquisición de prácticas digitales englobadas en cultura digital y permite la cooperación y asistencia recíproca entre profesores y estudiantes (elaborada por los autores). Sus cinco ítems e indicadores se incluyen en la tabla 1.

Tabla 1
Items e indicadores de la variable tecnología solidaria

Items	**Indicador**
La plataforma skills.ia.center en que ofertan los cursos, permite interactividad en sesiones sincrónicas y asincrónicas	Colaboración e interactividad
La accesibilidad de la plataforma skills.ia.center permite a los participantes la navegación y aprendizajes fácilmente	Accesibilidad
La plataforma skills.ia.center es intuitiva, agradable y fácil de usar	Usabilidad
La plataforma skills.ia.center permite conectarte desde cualquier dispositivo	Conectividad
Cualquier usuario puede registrarse en la plataforma skills.ia.center para tomar cursos gratuitos	Universalidad de acceso

Nota. Se consideraron las aportaciones teóricas de Mourato (2011), Souza & Thiollent (2011) y Mourato (2020)

La definición operacional de solidaridad digital: Favorecen la colaboración e interactividad en Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) que utilizan softwares, plataformas, aplicaciones y herramientas sincrónicas y asíncronas como videoconferencias, chats, foros, entre otras, basados en accesibilidad, usabilidad, conectividad, colaboración y universalidad del acceso (elaborada por los autores). Sus cinco ítems e indicadores se incluyen en la tabla 2.

Tabla 2
Items e indicadores de la variable solidaridad digital

Items	Indicador
Los cursos que oferta IA.Center incluyen temas novedosos, útiles e innovadores	Programas de instrucción innovadores
Los instructores de los cursos del IA.Center están certificados en los temas que enseñan	Excelencia de programas de instrucción
Los cursos del IA.Center incluyen actividades, ejercicios o ejemplos que permiten practicar la parte teórica de la enseñanza	Adquisición de prácticas digitales
Los cursos del IA.Center fomentan la cultura digital en la región	Cultura digital
Las sesiones sincrónicas de los cursos del IA.Center permiten la interacción y cooperación del instructor y estudiantes	Cooperación entre instructores y estudiantes

Nota. Se operacionalizó con base en Kolesinski *et al.*(2014) y Alexandre *et al.* (2022)

La definición operacional de la transformación digital de inteligencia artificial individual: Factores que inciden en el proceso individual o personal, de la preparación para la transformación digital basada en inteligencia artificial: (1) nivel de adopción individual, (2) pre-requisitos de iniciación, (3) decisiones de adopción, y (4) implementación (elaborada por los autores). Sus cinco ítems e indicadores se incluyen en la tabla 3.

Tabla 3
Items e indicadores de la variable transformación digital de IA individual

Items	Indicador
Mi meta personal, es aprender y manejar mejor la tecnología que me enseñan en los cursos del IA.Center	(1) Metas individuales de TD basado IA

Los cursos del IA.Center aumentan mi conocimiento en esos temas específicos	(2) Alfabetismo TD basado IA
Algunos aprendizajes en los cursos son de nivel principiante y se requieren tomar otros cursos para ser experto	(3) Consideraciones TD basado IA
Tomar cursos en IA.Center me ha permitido mejorar mi desempeño en el trabajo	(4) Uso de la IA aprendida
Con lo aprendido en el curso del IA.Center me va mejor en el trabajo	(4) Evaluación de la IA aprendida

Nota. Se basó en los aportes teóricos de Holmström (2022), Villanueva (2024) y Satyakumar & Lad (2022)

Las opciones de respuesta para los 15 items fue en escala de Likert con valor mínimo de 1 (nunca) y máximo de 5 (siempre). Como parte de la construcción de un instrumento de medición nuevo, se realizó la validación de contenido de expertos con la participación de 5 valuadores, cuyo biograma se describe a continuación: todos con la experiencia en elaboración de diseños instruccionales innovadores, docencia y tecnologías solidarias; tres con nivel educativo de licenciatura / ingeniería, uno maestría y uno doctorado; tres con ocupación como desarrolladores de software, dos docentes universitarios y los 5 con experiencia en desarrollo de proyectos de inteligencia artificial. En la tabla 4 se incluyen los valores estadísticos obtenidos de Lawshe (CVR) y Tristán (CVR´) para la validación de contenido de expertos.

Tabla 4

Validación de contenido usando Lawshe (CVR) y Tristán (CVR´)

Variable		Total respuestas esenciales	CVR	CVR´
Tecnologías solidarias	Suma	21	3.4	4.2
	CVI Global		0.68	0.84
Solidaridad digital	Suma	22	3.8	4.4
	CVI Global		0.76	0.88
Transformación digital IA individual	Suma	18	2.2	3.6
	CVI Global		0.44	0.72

Nota. Resultados de fórmulas en programa Excell

De acuerdo a Tristán el resultado mínimo aceptable de CVR´ es de 0.5823, por lo que la validación de contenido de expertos de las tres variables es aceptable por contar con resultados superiores al mínimo aceptable: en tecnologías solidarias 0.84, solidaridad digital 0.88 y transformación digital IA individual de 0.72.

Para el análisis de los datos primarios recabados en el cuestionario online, se descargó la base de Excell que genera Google forms, el cual se codificó de manera manual (utilizando la herramienta de reemplazos de excell) y posteriormente se utilizó el software SPSS versión 29 (IBM SPSS Statistics, 2023) y el software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle, Wende y Becker, 2024).

Resultados

Para la recolección de datos mediante el cuestionario online se envió un total de 4,898 cuestionarios siendo contestados solo 180. En la tabla 5 se incluyen los indicadores sociodemográficos de los participantes.

Tabla 5.

Características sociodemográficas de los participantes

Variable	Características	Frecuencia	Porcentaje
Género	Hombre	132	73.3
	Mujer	48	26.7
Año nacimiento	1950 - 1980	56	31.1
	1981 - 2000	108	60
	2000 - 2006	16	8.9
Estudios	Preparatoria	12	6.7
	Licenciatura / Ingeniería	114	63.3
	Posgrado	54	30
Cursos tomados	Uno	63	35
	Dos a cinco	104	57.7
	Seis o más	13	7.2
PDT	2020	23	12.8
	2021	62	34.4
	2022	71	39.4
	2023	24	13.3

Nota. Resultados del software SPSS versión 29 (IBM SPSS Statistics, 2023)

De acuerdo a las características de los participantes, 73.3% son hombres; el 60% nacieron entre los años 1981 al 2000; 63.3% con nivel educativo de licenciatura / ingeniería; 57.7% han tomado de dos a cinco cursos en Centro de Inteligencia Artificial y el 39.4% de ellos, en el programa de desarrollo de talento de 2022.

Modelización de ecuaciones estructurales por mínimos cuadrados parciales

El análisis de datos para las pruebas de hipótesis se realizó con PLS-SEM, evaluando los modelos de medida, modelo estructural y modelo global. Para la evaluación del modelo de medida reflexivo de este estudio, se corrió el algoritmo PLS consistente. En la tabla 6 se incluyen los resultados de la fiabilidad de consistencia interna medida con el coeficiente alfa de Cronbach (A) y con rho de Dijkstra-Henseler (ρA); fiabilidad compuesta (FC); fiabilidad interna del indicador con las cartas externas; validez convergente (AVE) y con las cargas externas; validez discriminante con Heterotrait-monotrait ratio (HTMT).

Tabla 6.

Evaluación de modelo de medida

Constructo	item	carga	A	pA	FC	AVE	HTMT		
							1	2	3
SD	SD1	0.780	0.798	0.808	0.800	0.503			
	SD2	0.632							

	SD3	0.773							
	SD5	0.638							
TS	TS1	0.866	0.843	0.877	0.848	0.596	0.688		
	TS2	0.827							
	TS3	0.842							
	TS5	0.481							
TDIA	TDIA1	0.624	0.835	0.847	0.838	0.566	0.738	0.512	
	TDIA2	0.841							
	TDIA4	0.785							
	TDIA5	0.742							

Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle *et al.,* 2024)
SD = 1 = solidaridad digital; TS = 2 = tecnología solidaria; TDIA = 3 = transformación digital IA

La fiabilidad de consistencia interna (A y pA) y la fiabilidad compuesta (FC) de acuerdo a los criterios de la evaluación del modelo de medida, deben ser superiores a 0.7 (Hair *et al.,* 2019), que de acuerdo a los resultados de la tabla 3, todos son superiores a ese valor. Los valores entre 0.7 y 0.9 pueden considerarse como satisfactorios. Los criterios para la fiabilidad interna del indicador con las cartas externas indican que si es mayor a 0.7 se mantiene el ítem y en los casos de valores entre 0.4 y 0.7, se analiza el impacto que tenga el eliminarlo en la fiabilidad de consistencia interna y en caso de que no la incremente, se mantiene, por lo que, de acuerdo a los resultados de la tabla 3, se mantienen los ítems con cargas mayores a 0.4 (Hair *et al.,* 2019). La validez convergente (AVE) con valores superiores a 0.5 para un nivel significativo Benitez *et al.* (2020) y los resultados revelan significancia. De acuerdo a Hair *et al* (2022) el mejor criterio para evaluar la validez discriminante en PLS-SEM es el Heterotrait-monotrait ratio (HTMT) con valores menores a 0.85. Los valores de la tabla 3 evidencian que los constructos son empíricamente únicos (Galván, 2023).

Para la evaluación del modelo estructural de este estudio, se corrió el procedimiento Bootstrapping de 5,000 muestras para 180 casos. En la tabla 7 se incluyen los resultados de los tres primeros pasos del procedimiento de valoración del modelo estructural: coeficientes path (β) y sus niveles de significancia (valor t y valor p); tamaño de efecto (f^2); colinealidad (VIF) y coeficiente de determinación R^2.

Tabla 7.
Evaluación de los tres primeros pasos de valoración del modelo estructural

Relaciones	β	t	p	f^2	VIF	R^2
H1: TS impacta positiva y estadísticamente significativa a TDIA	0.149	1.842	0.065	0.002	1.858	TDIA = 0.393
H2: TS impacta positiva y estadísticamente significativa a SD	0.572	11.297	0.000	0.858	1.000	SD = 0.333

H3: SD impacta positiva y estadísticamente significativa a TDIA	0.527	5.199	0.000	0.610	1.858	

Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle et al., 2024)
SD = solidaridad digital; TS = tecnología solidaria; TDIA = transformación digital IA

En los criterios de evaluación de modelo estructural, la colinealidad VIF para considerarse adecuada, debe encontrarse entre los valores 3 a 3.3 o menos, pero mayor a 0.2 (Galván-Mendoza *et al,* 2022) que de acuerdo a los resultados de la tabla 4, sus valores son adecuados. El tamaño del efecto (f^2) de acuerdo a los resultados de la tabla 4, revela que para la relación H1 que es menor a 0.02, no hay efecto, y las relaciones H2 y H3 con valores mayores a 0.35 tienen un valor de efecto grande. En cuanto a los valores R^2 por ser mayores a 0.25 pero menores a 0.5, se consideran débiles. Los coeficientes path (β) a un nivel de significación del 5% revelan que los valores de las relaciones H2 y H3 son significativos, no así la relación H1. (Hair *et al.,* 2019). Estos resultados revelan los efectos directos entre las variables, pero se busca incluir los valores de los efectos indirectos y los efectos totales en las relaciones como parte del análisis de los coeficientes path (β). En la tabla 8 se exponen los resultados del test de significación para efectos totales con el valor de efecto total, valor t, valor p y los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 8.
Resultados del test de significación para efectos totales

Relaciones	Efecto total	t	p	Intervalos de confianza del 95%
H1: TS impacta positiva y estadísticamente significativa a TDIA	0.523	7.707	0.000	[0.340; 0.571]
H2: TS impacta positiva y estadísticamente significativa a SD	0.680	11.297	0.000	[0.476; 0.673]
H3: SD impacta positiva y estadísticamente significativa a TDIA	0.715	5.199	0.000	[0.309; 0.701]

Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle et al., 2024)
SD = solidaridad digital; TS = tecnología solidaria; TDIA = transformación digital IA

Los resultados de la tabla 5 revelan, que los valores de las relaciones H1, H2 y H3 de efectos totales, son significativos. Esto es, anteriormente los valores del coeficiente path (β) de H1 no era significativo, pero al añadirle los efectos indirectos sumados a los efectos directos se encontró, que si es significativa. En otras palabras, el efecto mediador de la solidaridad digital entre las tecnologías solidarias y la transformación digital IA, hace que, al identificarse esto, establezcamos como H4 que la solidaridad digital media de manera estadísticamente significativa el impacto que tienen las tecnologías solidarias en la transformación digital IA.

Como cuarto paso del procedimiento de valoración del modelo estructural, en la tabla 9 se incluyen los resultados del reporte PLSpredict que analiza el modelo de poder predictivo (Q^2predict) utilizando el algoritmo LSpredict/CVPAT (Hair *et al.,* 2022).

Tabla 9.
Reporte de resultados PLSpredict

Indicador	Q^2predict	RMSEPLS	RMSELM	RMSEPLS - RMSELM
SD1	0.237	0.482	0.489	-0.007
SD2	0.139	0.533	0.538	-0.005
SD3	0.153	0.600	0.614	-0.014
SD5	0.215	0.566	0.567	-0.001
TDIA1	0.012	0.543	0.535	0.008
TDIA2	0.082	0.498	0.508	-0.010
TDIA4	0.209	0.876	0.877	-0.002
TDIA5	0.173	0.916	0.919	-0.003

Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle et al., 2024)
SD = solidaridad digital; TDIA = transformación digital IA

Los resultados de la tabla 9 presenta, que los valores Q^2predict de todos los indicadores son mayores a cero, sugiriendo que el modelo de ruta PLS supera el punto de referencia más ingenuo. El análisis de la relación RMSEPLS – RMSELM revela para la mayoría de los indicadores, que RMSEPLS produce errores de predicción más pequeños, lo que sugieren que el modelo tiene un alto poder predictivo ya que el análisis PLS-SEM supera al modelo de referencia LM ingenuo. Sin embargo, los valores RMSE generados por el PLSpredict son muy sensibles, por lo que se analiza en la tabla 10, el reporte CVPAT que analiza PLS-SEM versus promedio del indicador (IA) y PLS-SEM versus modelo lineal (LM), obtenemos una diferencia de valor de pérdida promedio negativa para el modelo general (Hair *et al.,* 2022).

Tabla 10.
Reporte de resultados CVPAT

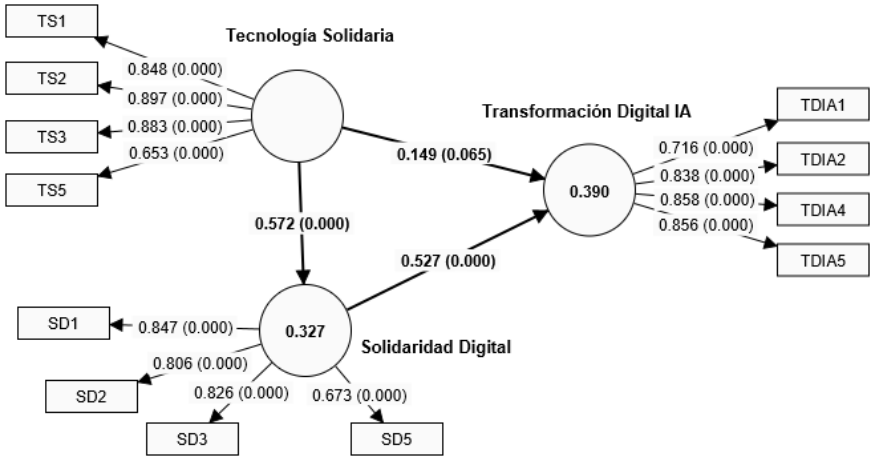
Variable	pérdida PLS	pérdida IA	valor de pérdida promedio	t	p
Solidaridad Digital	0.299	0.367	-0.068	3.197	0.002
Transformación Digital IA	0.537	0.639	-0.101	3.048	0.003
Modelo general	0.418	0.503	-0.085	3.654	0.000

Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle et al., 2024)

Los resultados de la tabla 10 exponen que, PLS tiene un menor promedio que IA y LM, aunado a que su valor p es menor a 0.05, concluimos que las capacidades predictivas de PLS-SEM son significativamente mejores que las dos anteriormente mencionadas como puntos de referencia de predicción (Hair et al., 2022). Por tanto, los resultados del CVPAT respaldan el alto poder predictivo de los resultados del PLS-SEM para el modelo Tecnología Solidaria (TS)-

Solidaridad Digital (SD)- transformación digital IA (TDIA). Finalmente, en la figura 3, se esquematiza el modelo estructural con sus coeficientes path (β), valores p y R^2 obtenidos.

Figura 3.
Modelo estructural



Nota. Resultados del software SmartPLS v.4.1.0.0 (Ringle et al., 2024)

Discusión

Los hallazgos revelan que la tecnología solidaria impacta positiva y significativamente la solidaridad digital. El estudio de Mantilla (2022) aunque no es específicamente de tecnología solidaria, encuentra cualitativamente relación entre las tecnologías digitales y la solidaridad digital, ya que éstas juegan un papel importante en las prácticas de solidaridad digital al "generar nuevas expectativas de colaboración, cohesión y obligaciones entre migrantes y sus redes en el país de origen" (p. 8). En nuestro caso, la solidaridad digital se centra en esas nuevas expectativas de colaboración, apoyo, interactividad e innovación en Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) mediados en la plataforma *iacenter.skills* de los cursos gratuitos que se ofertan. Ortega (2011) en ese sentido, menciona que "la educación encierra el tesoro de poner las tecnologías digitales al servicio de la solidaridad" (p. II).

Como segundo hallazgo se encontró que la solidaridad digital impacta positiva y significativamente la transformación digital IA, que se relaciona directamente con una de las recomendaciones de la UNESCO en 2019 sobre el tema de educación 4.0, "Solidaridad y compromiso de los diversos sectores que apoyan la transformación digital en la educación" (Ramírez-Montoya *et al.,* 2022, p. 15), esto es, a nivel nacional e internacional la solidaridad apoya o es elemento necesario para la transformación digital, situación similar a los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA), donde la solidaridad digital, de acuerdo a otro de los hallazgos de nuestra investigación, es una variable mediadora entre la relación positiva y significativa entre la tecnología solidaria y la transformación digital IA. Este hallazgo en particular es significativo, ya que confirma el hecho de que contar con tecnología *per se*, o en nuestro caso, con tecnología

solidaria, no es suficiente para incidir en la transformación digital, porque requiere el arropo de la solidaridad digital.

Conclusiones y recomendaciones

Basados en los resultados, discusión y objetivo de la investigación, se concluye que el modelo de relación entre las tecnologías solidarias (TS) y la solidaridad digital (SD) inciden en la transformación digital basada en inteligencia artificial (TDIA), basados en los datos del modelo global que afirman es significativo y tiene alto poder predictivo. Esto es, la transformación digital se ve favorecida con la solidaridad digital y el uso de tecnologías solidarias.

Aunque existen estudios previos que relacionan la transformación digital con solidaridad y tecnologías, uno de los aportes más significativos del estudio, es la inclusión de conceptos de solidaridad digital y tecnologías solidarias, escasamente abordados en relación a la transformación digital, lo que amplía el bagaje de conocimiento en estos contextos digitales de aprendizaje y da las bases para nuevos estudios. Una de las limitaciones de nuestra investigación, es que es un caso de estudio en un contexto de aprendizaje / educativo. Por lo que, se deben realizar más investigaciones para ampliar el estudio de la solidaridad digital y el uso de tecnologías solidarias a contextos más allá de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA), como los del ámbito laboral con trabajadores online y remotos. Otras investigaciones en el ámbito de mercadotecnia que usan plataformas virtuales de compra – venta o en ámbito de las organizaciones de la sociedad civil (OSC) con ecosistemas digitales de trabajo y promoción.

Se ofrecen además algunas recomendaciones. De acuerdo a nuestro estudio, la solidaridad digital es mediadora entre el uso de las tecnologías y la transformación digital basada en inteligencia artificial, por lo que, si se fomentan estas solidaridades digitales desde edades tempranas, la transformación digital podría verse favorecida más allá de contextos educativos, laborales, sociales y personales. "Debemos empezar a desarrollar pensamiento computacional y habilidades STEM desde edades tempranas, y continuar con el desarrollo de habilidades de programación y atraer a nuestros jóvenes a otras áreas como la electrónica, robótica y las matemáticas. Sólo así lograremos que más jóvenes, y principalmente mujeres, se interesen por áreas de la ingeniería en sus estudios de educación superior" (Castillo, 2021, p. 13).

Declaración de Conflictos de Interés

No declaran conflictos de interés.

Contribución de autoría

Autor	Concepto	Curación de datos	Análisis/ Software	Investigación / Metodología	Proyecto/ recursos / fondos	Supervisión/ validación	Escritura inicial	Redacción: revisión y edición final
1	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X			X	X		X
3			X	X			X	
4				X				X

Financiamiento

Sin financiamiento.

Referencias

Alexandre, M., Roy, J., Bernatchez, J., Dubé, N. F., & Lahaie, H. (2022). Des solidarités numériques en action: le soutien aux étudiants et aux étudiantes utilisant des environnements numériques d'apprentissage en milieu collégial [Digital Solidarity in Action: Support for Students Using Digital Learning Environments in Colleges]. *Médiations et médiatisations*, (12), 54-73. https://doi.org/10.52358/mm.vi12.289

Benitez, J., Henseler, J., Castillo, A., & Schuberth, F. (2020). How to perform and report an impactful analysis using partial least squares: Guidelines for confirmatory and explanatory IS research. *Information & Management*, 57(2), 103168. https://doi.org/10.1016/j.im.2019.05.003

Camacho, K. (2005). La brecha digital. En Alain Ambrosi, Valérie Peugeot y Daniel Pimienta (coords), *Palabras en juego: enfoques multiculturales sobre las sociedades de la información* (pp. 61-71), C & F Éditions.

Castillo L. E. (2021). La inteligencia artificial y su impacto en nuestro entorno. *Revista Raké. Investigación Desarrollo Científico e Innovación*, 2, 14-23. https://i2c.com.mx/Revistas/rev/Rake-Marzo.pdf

CEPAL (2021). *Datos y hechos sobre la transformación digital.* Documentos de proyectos (LC/TS.2021/20), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/18590f39-d1e7-4370-b9d2-5769b1561422/content

CEPAL (2022). *Agenda digital para América Latina y el caribe (Elac2024).* Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/es/proyectos/agenda-digital-america-latina-caribe-elac2024#Publicaciones

Delgado F., T. (2020). Taxonomía de transformación digital. *Revista Cubana de transformación digital*, 1(1), 4-23. https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/62

Galván, O. (2023). Alienación laboral, violencia de género y satisfacción laboral de trabajadoras de despachos contables en Ensenada-México. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(1), 65-78.

Galván-Mendoza O, González-Rosales VM, Leyva-Hernández SN, Arango-Ramírez PM and Velasco-Aulcy L (2022) Environmental knowledge, perceived behavioral control, and employee green behavior in female employees of small and medium enterprises in Ensenada, Baja California. *Front. Psychol*, 13, 1082306. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1082306

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Castillo, J., Cepeda, G. A., y Roldán, J. L. (2019). *Manual de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (2da ed.). Omniascience Scholar. https://doi.org/10.3926/oss.37

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (3 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage

Hernández Sampieri, R. y Mendoza T., C. P. (2023). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2da ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V.

Holmström, J. (2022). From AI to digital transformation: The AI readiness framework. *Business Horizons*, 65, 329-339. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.03.006

IA.Center (2023). *Informe de actividades 2022*. Ciudad Juárez: México: IA.Center Estado de Chihuahua AC – Centro de Inteligencia Artificial

IA.Center (2024). *Informe de actividades 2023*. Ciudad Juárez: México: IA.Center Estado de Chihuahua AC – Centro de Inteligencia Artificial

IBM SPSS Statistics (2023). SPSS - Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, versión 29) [Software]. Recuperado de Academic Software from Student Discounts, Microsoft Education Reseller. https://studentdiscounts.com/

Jiménez Terrazas, C.; Castillo Luna, E.; Rincón Zuluaga, J.; Mireles Jr. García, J. (2023). Technological entrepreneurship in LA: weaknesses, actors and case study of the Artificial Intelligence Center - IA.Center State of Chihuahua. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25(3), 926-943. www.doi.org/10.36390/telos253.22

Kolesinski, M. T., Nelson-Weaver, E. and Diamond, D. L. (2014). *Digital solidarity in education: promoting equity, diversity, and academic excellence through innovative instructional programs*. Routledge Taylor & Francis Group. https://doi.org/10.4324/9780203075265

Mantilla, J. (2022). Solidaridad digital y migraciones: análisis sobre el uso de tecnologías digitales entre ciudadanos venezolanos en Quito, Ecuador. *Estudios fronterizos*, 23, e102. https://doi.org/10.21670/ref.2218102

Mourato, D. C. C. (2011). *As tecnologias solidárias: do investimento no conhecimento ao desenvolvimento pessoal* [Tese de doutoramento, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. http://hdl.handle.net/10451/4196

Mourato, D. (2020). How Solidarity Technologies Could Change and Improve e-Learning Courses and Get Inclusive and Responsive Answers for All?. *Kriativ.tech*, 8, 1-7. https://doi.org/10.31112/kriativ-tech-2020-08-41

Mourato, D. & Chagas, I. (2011, november). *Using customizable ICT based Kits for a scientific vision: teaching and learning in multicultural classrooms* [conference paper]. 4th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI), Madrid, Spain. https://iated.org/resources_past_editions/iceri2011/Conference_programme_web.pdf

Nitzl , C. (2016). The use of partial least squares structural equation modelling (PLS SEM) in management accounting research: Directions for future theory development. *Journal of Accounting Literature*, 37, 19-35. https://doi.org/10.1016/j.acclit.2016.09.003

Ortega C. J. A. (2011). Tecnologías digitales y solidaridad. Revista científica electrónica de educación y comunicación en la sociedad del conocimiento, 11(IX), I-II. https://doi.org/10.30827/eticanet.v11i0.16823

Ramírez-Montoya, M. S., McGreal, R., y Obiageli Agbu, J.-F. (2022). Horizontes digitales complejos en el futuro de la educación 4.0: luces desde las recomendaciones de UNESCO. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), pp. 09-21. https://doi.org/10.5944/ried.25.2.33843

Rincón Z., J. M. y Reséndez, M. (2021). Programas de Desarrollo de Talento del centro de Inteligencia Artificial del Estado de Chihuahua para incrementar su competitividad global. *Revista Raké. Investigación Desarrollo Científico e Innovación*, 2, 14-23. https://i2c.com.mx/Revistas/rev/Rake-Marzo.pdf

Ringle, Christian M., Wende, Sven, & Becker, Jan-Michael. (2024). *SmartPLS 4.* Monheim am Rhein: SmartPLS. Retrieved from https://www.smartpls.com

Satyakumar K., H. & Lad, K. (2022). *Individual readiness for artificial intelligence (AI) adaptation in managing personal finances* [conference paper]. International Conference on Fostering Resilient Business Ecosystems and Economic Growth: Towards the Next Normal, India. https://bschool.dpu.edu.in/conference-2022.aspx

Souza de A. C., A. & Thiollent, M. (2011). Participatory Development of Technologies as a Way toIncrease Community Participation: the Cidade de DeusWeb Portal Case. *The journal of community informatics*, 7(1-2), 1-19. https://doi.org/10.15353/joci.v7i1-2.2562

Valdiviezo, G. T., Alegre, L. R., & Ayala, D. M. (2022). Transformación digital en América Latina: una revisión sistemática. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 27(100), 1519-1536. https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.100.15

Villanueva G., P. (2024). Transformación digital: evolución del concepto. *LOGOS*, 5(1): 74-101. http://dspace.ulead.ac.cr/repositorio/handle/123456789/267