

TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LAS PYMES MANUFACTURERAS: UNA REVISIÓN LITERARIA.

DIGITAL TRANSFORMATION AND EMERGING TECHNOLOGIES IN
MANUFACTURING SMES: A LITERATURE REVIEW

JUAN CAMILO GUTIERREZ¹

 <https://orcid.org/0000-0003-0386-1706>

 jgutierrez11@udi.edu.co

SONIA ISABEL POLO TRIANA²

 <https://orcid.org/0000-00001-9687-5132>

 spolo2@udi.edu.co

¹Magister en Administración con Especialidad en Gerencia y
Gestión de Proyectos
Profesor de la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI)
Líder del Grupo de investigación: Sinergia

ANGI YULIANNA CAMPOS MONSALVE³

 acampos4@udi.edu.co

²Magister en Ingeniería Industrial
Profesora de la Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI)
Integrante del Grupo de investigación: Sinergia

³Ingeniera Industrial, Universidad de Investigación y Desarrollo
(UDI)

RESUMEN

El artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre la transformación digital y tecnologías emergentes en las PYMES manufactureras. Analizó 961 artículos de bases de datos como Scopus, Emerald, Redalyc, Dialnet y Ebsco, seleccionando 60 estudios que cumplieran con los criterios de inclusión. Se identificaron las tecnologías emergentes más utilizadas, los facilitadores y los obstáculos para la transformación digital en las PYMES. Los principales resultados muestran que IoT y Computación en la Nube son las tecnologías más referenciadas, con aspiraciones de integrar IA en los procesos comerciales.

PALABRAS CLAVE

PYMEs,
Transformación
Digital, Industria
4.0, Tecnología,
Sostenibilidad

Para citar este artículo | To cite this article

Gutierrez, J. C., Polo Triana, S. I. & Campos Monsalve, A. Y. (2025). Transformación digital y tecnologías emergentes en las PYMES manufactureras: una revisión literaria. Revista FACCEA, Vol. 15(2), 101-120pp. <https://doi.org/10.47847/faccea.v15n2a5>

Recibido/Received: 2/03/2025 | Aprobado/Approved: 13/06/2025 | Publicado/Published: 30/07/2025



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Transformación Digital Y Tecnologías Emergentes En Las Pymes Manufactureras: Una Revisión Literaria.

Los desafíos incluyen recursos financieros limitados, falta de habilidades técnicas y resistencia cultural. La revisión concluye que la transformación digital exitosa en las PYMEs puede mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y mejorar la calidad de los productos. Sin embargo, las PYMEs adoptan estas tecnologías más lentamente que las grandes empresas debido a dificultades posteriores a la adopción, como la insuficiencia de recursos y formación.

ABSTRACT

The article conducts a systematic literature review on digital transformation and emerging technologies in manufacturing SMEs. It analyzed 961 articles from databases such as Scopus, Emerald, Redalyc, Dialnet, and Ebsco, selecting 60 studies that met the inclusion criteria. The research identified the most used emerging technologies, facilitators, and barriers to digital transformation in SMEs. The main results show that IoT and Cloud Computing are the most referenced technologies, with aspirations to integrate AI into business processes. Challenges include limited financial resources, lack of technical skills, and cultural resistance. The review concludes that successful digital transformation in SMEs can enhance operational efficiency, reduce costs, and improve product quality. However, SMEs adopt these technologies more slowly than large companies due to post-adoption difficulties, such as insufficient resources and training.

KEYWORDS

SMEs, Digital Transformation, Industry 4.0, Technology, Sustainability

Introducción

Las PYMEs desempeñan un papel fundamental en el crecimiento económico de Colombia, representando el 99,5% del total de las empresas del país y contribuyendo con aproximadamente el 40% al Producto Interno Bruto (PIB), según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT, 2022). Este sector es también responsable de generar más del 80% del empleo nacional, consolidándose como un motor clave de desarrollo económico y social. En un entorno globalizado y competitivo, las grandes empresas han adoptado los conceptos de Industria 4.0 para optimizar su rendimiento y avanzar hacia la digitalización, fortaleciendo su competitividad y eficiencia. Aunque los beneficios de la Industria 4.0 están ampliamente documentados, muchas PYMES enfrentan obstáculos significativos para implementarlos, como el alto costo de las nuevas tecnologías, la limitada capacitación técnica de sus empleados, el temor al impacto sobre los empleos y la falta de metas medioambientales claras (Hernández et al., 2023).

Según Morelos et al. (2021), la innovación se ha convertido en una estrategia clave para las empresas, otorgándoles una ventaja competitiva sostenible. En este contexto, la transformación digital se posiciona como un proceso esencial, ya que permite a las empresas no solo adaptarse, sino también aprovechar oportunidades tecnológicas para mejorar su eficiencia operativa y responder a las demandas cambiantes del mercado. Del Do et al. (2023) resalta que la transformación digital es un concepto ampliamente utilizado y transversal a diversos campos de investigación, lo que refleja su relevancia en la evolución del tejido empresarial.

La transformación digital implica utilizar tecnología para mejorar o cambiar fundamentalmente el funcionamiento de las organizaciones, adoptando nuevas herramientas y estrategias digitales para optimizar procesos y mejorar la experiencia del cliente (Nogales y Goyzueta, 2021). La innovación es crucial para la competitividad y el desempeño a mediano y largo plazo de las empresas. Las PYMEs enfrentan desafíos y oportunidades en su camino hacia la transformación digital. Las limitaciones financieras y la falta de conocimientos técnicos dificultan la adopción de tecnologías avanzadas, y es necesario superar obstáculos culturales y organizativos. Sin embargo, las PYMEs pueden aprovechar las tecnologías emergentes para mejorar su eficiencia operativa y brindar una experiencia de cliente personalizada (Gómez et al., 2021).

La transformación digital es esencial para que las PYMEs se mantengan competitivas en un entorno empresarial cambiante. Las PYMEs que adopten estas tecnologías estarán mejor posicionadas para enfrentar los retos actuales y futuros. Este trabajo examina la transformación digital y las tecnologías emergentes en las PYMEs, analizando su impacto en diferentes aspectos operativos, los desafíos y beneficios de su implementación, y las estrategias para una adopción exitosa. Este estudio, realiza una revisión sistemática de la literatura existente para evaluar el espacio de investigación y asimilar el conocimiento actual. Las preguntas de investigación son:

- ¿Cuáles son las tecnologías emergentes más utilizadas por las PYMEs según los artículos investigados?
- ¿Cuáles son los facilitadores y limitadores en la transformación digital de las PYMEs según los autores?
- ¿Qué impacto tienen las tecnologías emergentes en la transformación digital de las PYMEs?

La mayoría de los estudios se centran en la adopción tecnológica y las estrategias para implementar tecnologías emergentes, evidenciando desafíos críticos como la falta de modelos teóricos que expliquen la interacción entre estas tecnologías y los procesos organizacionales en las PYMEs. Según Ramdani et al. (2022), aunque se han propuesto marcos conceptuales para guiar la digitalización en las empresas, muchos de ellos carecen de aplicabilidad práctica en contextos de recursos limitados. Además, autores como Lu et al. (2021) señalan que el emprendimiento digital en las PYMEs no solo implica la incorporación de herramientas tecnológicas, sino también una transformación en la estructura y la cultura organizacional, lo que requiere un abordaje interdisciplinario desde las teorías de la innovación y la gestión del cambio.

Este trabajo examina la transformación digital y las tecnologías emergentes en las PYMEs, analizando su impacto en diferentes aspectos operativos, los desafíos y beneficios de su implementación, y las estrategias para una adopción exitosa. La finalidad de este estudio es proporcionar una visión integral sobre el estado actual de estas tecnologías en las PYMEs manufactureras, identificando facilitadores, barreras y posibles rutas de acción que permitan mejorar la competitividad y sostenibilidad de estas empresas en un entorno empresarial en constante cambio.

Metodología

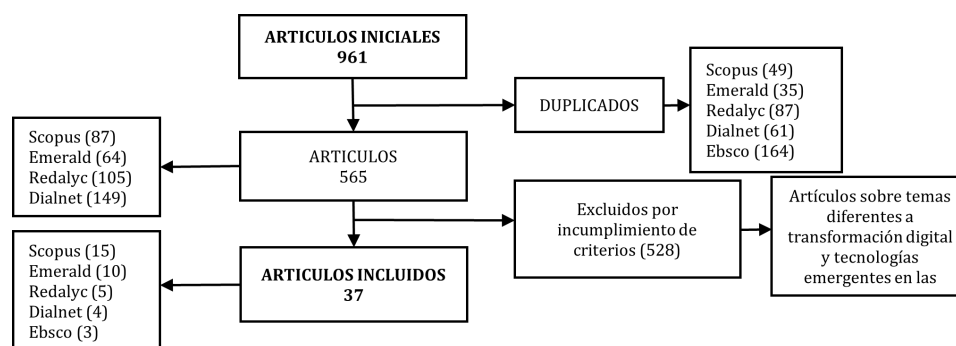
Se realizó un estudio con enfoque cualitativo-descriptivo, basado en una revisión narrativa de la literatura. Este enfoque permitió explorar y sintetizar los hallazgos relacionados con la innovación, la tecnología en las PYMEs y su nivel de preparación hacia la industria 4.0. Para ello, se recopilaban un total de 961 artículos, documentos técnicos y normas en las bases de datos SCOPUS, EMERALD, REDALYC, DIALNET y EBSCO, de los cuales se seleccionaron 60 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos.

Los criterios de inclusión consideraron trabajos disponibles en texto completo, publicados entre 2019 y 2023, con enfoques cuantitativos, cualitativos o mixtos, y redactados en inglés o español. Se incluyeron artículos de investigación original, académicos, documentos técnicos y literatura gris que abordaran el uso de los sistemas y tecnologías de la información a nivel mundial. La búsqueda empleó la siguiente ecuación: ((*"transformation digital"* OR *"industry 4.0"* OR *"fourth revolution"* OR *"emergent technology"*) AND (*"SME"*) AND (*"industry"* OR *"manufacture"*)).

Donde se hallaron artículos de revisiones literarias, artículos y conferencias, en la (Figura 1) se muestran los resultados de las búsquedas.

Figura 1

Resultados de la búsqueda y selección de artículos.



Nota: Elaboración propia basada en los criterios de inclusión/exclusión descritos en la metodología.

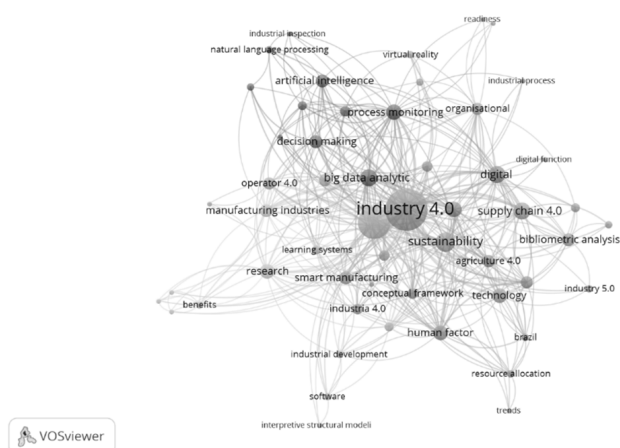
Por último, se documentaron los resultados. Para realizar el primer acercamiento a la problemática, se realizó búsqueda de estudios o investigaciones con criterios precisos de inclusión/exclusión como el rango de publicación, debía estar entre el 2019 al 2023, idioma inglés y español, que incluyan las palabras claves PYMEs como: herramientas digitales, industria 4.0, avance, innovación, tecnología emergente, transformación digital.

Análisis bibliométrico

Se llevó a cabo un análisis utilizando el software VosViewer para identificar las palabras más recurrentes en los resúmenes de los artículos, examinar en detalle las palabras clave e interpretar los aspectos relevantes de la investigación mediante mapas de co-ocurrencia. En la representación del mapa bibliométrico (Figura 2) se muestran las palabras seleccionadas, donde el tamaño de los círculos es proporcional a la frecuencia con la que los términos aparecen en los documentos analizados. El mapa refleja que la investigación sobre transformación digital y tecnologías emergentes en las PYMEs abarca un amplio espectro de temas. El análisis de agrupamiento de palabras comunes permitió recopilar términos estrechamente relacionados para estructurar el mapa (Figura 2).

Figura 2

Mapa de co-ocurrencia de palabras clave relacionadas con la transformación digital en PYMEs.



Nota: Elaboración propia con el software VosViewer.

En general, se identificaron 3 clústeres, intercomunicados por la palabra del centro del mapa, industria 4.0(industria 4.0), lo cual, indica una alta interrelación de las palabras clave con los otros grupos: 1) supplychain- cadena de suministro, 2) manufacturing industries – empresas manufactureras y 3) big data analyty – análisis de datos.

- Clúster 1. supplychain- cadena de suministro: incluye investigaciones que abordan colaboración entre actores, la gestión del riesgo, los inventarios, el desempeño de la cadena y el uso de algunas técnicas como optimización y simulación.
- Clúster 2. manufacturing industries – empresas manufactureras: incluye investigaciones sobre estudios de caso de empresas manufactureras que evalúan el impacto de estrategias en gestión de la industria.
- Clúster 3. big data analyty – análisis de datos.: cubre la investigación sobre la transformación digital y tecnologías emergentes, destacándose palabras clave como gestión de materiales, prestación de asistencia en tecnologías emergentes y digitales.

Resultados

El mundo está viviendo una acelerada revolución tecnológica conocida como Industria 4.0, donde las tecnologías emergentes transforman significativamente diversos aspectos de la sociedad y la economía. Estas innovaciones están redefiniendo la interacción con el mundo y abriendo nuevas oportunidades. En esta investigación, se evidencia que las dos tecnologías más mencionadas por los autores son el Internet de las Cosas (IoT) y la Computación en la Nube (Cloud Computing), con una creciente aspiración de implementar la Inteligencia Artificial (IA) en los procesos comerciales. Sin embargo, Albayrak et al. (2023) señalan que las PYMES no explotan todos los recursos de la Industria 4.0, limitándose a la adopción de IoT y Cloud Computing.

Las PYMES manufactureras enfrentan el desafío de mantenerse actualizadas y competitivas, siendo crucial la adopción de tecnologías emergentes. Estas tecnologías están transformando la fabricación y gestión de las cadenas de suministro, destacando Blockchain, Cloud Computing, robótica, IoT, IA y Big Data. Por ejemplo, la IA se utiliza cada vez más en la fabricación para mejorar la eficiencia y calidad de los procesos, optimizar la producción, reducir costos y predecir problemas antes

de que ocurran. La robótica avanzada permite automatizar tareas repetitivas y peligrosas, mejorando la precisión y velocidad de la producción, y colaborando con los trabajadores humanos para mayor flexibilidad y eficiencia. IoT permite la conexión de dispositivos y sensores en tiempo real para recopilar y analizar datos de producción. El Cloud Computing facilita el almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos en una ubicación centralizada, mejorando la colaboración y escalabilidad de las operaciones.

El análisis de Big Data permite identificar patrones y tendencias en la producción, mejorando la eficiencia y calidad, y facilitando decisiones informadas y estratégicas. Según Del Do et al. (2023), las PYMES avanzan en la digitalización a un ritmo más lento que las grandes empresas, enfrentando dificultades post-adopción debido a la falta de recursos necesarios. Rojas-Berrio et al. (2022) destaca que la tecnología más adoptada en la industria manufacturera nacional es el Cloud Computing, utilizada por el 71.8 % de los empresarios, seguida por IoT. Marrucci et al. (2023) menciona que las PYMES que adoptan IA, Big Data y robótica en sus procesos de producción tienen una productividad un 26 % mayor en comparación con las que no las adoptan. Aroca et al. (2023) establece que, con el desarrollo de las tecnologías de la información, son necesarios nuevos marcos y métodos para enriquecer la reingeniería del proceso productivo, integrando datos en tiempo real como IoT para mejorar la planificación y desarrollar técnicas de simulación y análisis habilitadas por gemelos digitales.

La Tabla 1 presenta un listado de investigaciones relacionadas con cada tecnología emergente utilizada por las PYMES, junto con una breve descripción de sus aplicaciones.

Tabla 1
Investigaciones relacionadas con tecnologías emergentes utilizadas por las PYMES.

Tecnología Emergente	Descripción	Investigaciones
Internet de las Cosas (IoT)	Conecta dispositivos y sensores en tiempo real para recopilar y analizar datos de producción.	Albayrak et al. (2023); Del Do et al. (2023); Marrucci et al. (2023).
Computación en la Nube	Facilita el almacenamiento y procesamiento centralizado de datos, mejorando la escalabilidad y colaboración.	Rojas-Berrio et al. (2022); Aroca et al. (2019); Del Do et al. (2023).

Inteligencia Artificial (IA)	Automatiza decisiones, optimiza procesos y mejora la calidad mediante análisis avanzados de datos.	Marrucci et al. (2023); Shukor et al. (2022); Albayrak et al. (2023).
Big Data	Analiza grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tomar decisiones informadas.	Aroca et al. (2019); Philbin et al. (2022); Marrucci et al. (2023).
Blockchain	Ofrece seguridad y transparencia en transacciones y cadenas de suministro.	Tubis y Grzybowska (2022); Zahoor et al. (2022).
Robótica	Automatiza tareas repetitivas y peligrosas, mejorando la eficiencia y flexibilidad en los procesos.	Sassanelli y Terzi (2022); Marrucci et al. (2023).

Nota: Elaboración propia basada en la revisión bibliográfica.

Transformación digital en las PYMEs

La transformación digital en las PYMEs implica la integración estratégica de tecnologías digitales en los procesos, la cultura y la estrategia de la organización. Este proceso tiene como objetivo mejorar la toma de decisiones, la interacción con los clientes y proveedores, así como la eficiencia operativa, la transformación digital en las PYMEs implica la adopción de tecnologías y la implementación de estrategias digitales para mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad de estas empresas.

Esta se ha convertido en un imperativo para las PYMEs en un mundo cada vez más conectado y tecnológico, la digitalización se utiliza como dos dimensiones según el cual las empresas deciden si luchar por la excelencia en ambas. En la tabla 2 se resume información de cómo los autores mencionan que se está llevando a cabo esta transformación digital en la cadena de suministro.

Tabla 2

Estrategias del proceso de transformación digital en PYMEs.

Estrategias de transformación digital	Autores
A través de un enfoque centrado en el estudio y la capacitación en el uso de las últimas tecnologías emergentes, lo cual consiste en la formación técnica de los trabajadores de las diferentes áreas de la empresa.	Koukouvinou et al. (2022); Nogales y Goyzueta (2021); Adan et al. (2022); Kraft et al. (2022).
Mediante la aplicación de diseño apropiado, robusto e inteligente en sus procesos de la transformación digital y tecnologías emergentes.	Del Do et al. (2023); O'Dwyer y Gilmore (2019); Tick et al. (2022); Sahoo et al. (2021); Chierici et al. (2021).

Con dificultades por falta de recursos necesarios para la adquisición de equipos y software que integran la transformación digital y tecnologías emergentes Marrucci et al. (2023); Sassanelli y Terzi (2022).

Nota: Elaboración propia con base en los artículos revisados.

Las PYMES manufactureras enfrentan problemas significativos al implementar la reingeniería de procesos productivos (Patiño y Valencia, 2019). Esta situación puede explicarse por diversas razones, lo que genera dudas sobre la continuidad de las inversiones en esta área específica. A pesar de los deseos de adoptar tecnología innovadora, enfrentan desafíos debido a recursos financieros y no monetarios inadecuados. La adopción de esta tecnología está delimitada por variables estratégicas, de competitividad y desempeño, destacando la utilidad y facilidad de uso percibida de la Computación en la Nube, y la intención de uso. En la era actual de avances tecnológicos rápidos, las empresas de todos los tamaños reconocen que adoptar tecnología es esencial para mantenerse competitivas (Feldman y Girolimo, 2021).

Las PYMES, en un entorno altamente competitivo, necesitan crecer para sobrevivir. La adopción de tecnologías innovadoras permite expandir su alcance, acceder a nuevos mercados y diversificar sus ofertas, lo que conduce a un crecimiento sostenible. Anna Marrucci et al. (2023) destacan que las PYMES manufactureras están adoptando tecnologías 4.0 para reemplazar procedimientos no rentables.

Las PYMES enfrentan limitaciones financieras y no monetarias, como la falta de talento y experiencia tecnológica. A pesar de estas limitaciones, su deseo de innovar es fuerte, ya que la tecnología puede mejorar la eficiencia y productividad. Sin embargo, la reticencia a participar plenamente en la innovación digital puede afectar su competitividad y crecimiento económico. Chierici et al. (2021) afirman que el deseo de adoptar tecnología innovadora es fundamental para acelerar el crecimiento y mantener la competitividad. Las soluciones basadas en la nube y los modelos de SaaS están haciendo que estas tecnologías sean más accesibles y asequibles para las PYMES.

Las tecnologías emergentes como Big Data, IoT, IA, Cloud Computing y Blockchain enfrentan limitaciones iniciales en las PYMES. Estos desafíos incluyen la falta de información digital, problemas de financiación y problemas de salud en los usuarios. Arumugam et al., (2022) menciona que la falta de información digital retrasa la implementación de sistemas en tiempo real. La financiación es crucial, ya que la adquisición de tecnologías emergentes puede ser costosa, y las PYMES pueden tener dificultades para acceder a los recursos necesarios.

A pesar de estas limitaciones, la adopción de tecnologías emergentes puede optimizar operaciones, automatizar tareas, analizar datos y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones, mejorando la eficiencia operativa, reduciendo costos y mejorando la calidad de los productos y servicios. El IoT permite la monitorización en tiempo real, contribuyendo a la sostenibilidad (Philbin et al., 2022). La adopción de Cloud Computing y Blockchain ofrece a las PYMES flexibilidad, seguridad y transparencia en las transacciones.

Factores Impulsores y limitadores de la Transformación Digital en PYMES

La transformación digital en las empresas ha cambiado drásticamente en los últimos años. Inicialmente, el objetivo era convencer a la alta dirección de la necesidad de cambiar; ahora se reconoce ampliamente como necesaria. Los directivos buscan modelos adecuados para impulsar esta transformación, y las grandes empresas ya están inmersas en proyectos de digitalización, asignando capital y priorizando estos proyectos, apoyados por estrategias digitales y líderes sénior (Sahoo et al., 2021). Actualmente, las tecnologías digitales ya no están reservadas solo para grandes empresas. Las PYMES, con sus recursos y capacidades limitadas, también pueden aprovechar estas tecnologías. Aunque tienen ventajas como estructuras jerárquicas simples y decisiones rápidas, enfrentan desafíos significativos. Son más cautelosas al asumir riesgos y suelen esperar a que las grandes empresas vean resultados antes de adoptar nuevas tecnologías. Además, sus empleados a menudo carecen de habilidades necesarias para la transformación digital, y sus recursos financieros limitados dificultan la contratación de consultoría externa y la implementación de proyectos tecnológicos (Williams et al., n.d.).

El estudio de Williams et al. documenta la preparación y las tecnologías adecuadas que deben adoptar las PYMES, señalando obstáculos como la falta de conocimientos, recursos financieros y personal calificado. Además, resalta la importancia de considerar las diferencias sectoriales en las estrategias de implementación. Las PYMES están adoptando tecnologías como la I4.0 para mejorar su eficiencia y competitividad. Ladino Fernández et al. (2022) afirma que la efectividad de esta adopción depende de las características organizacionales y la disposición de la empresa para aprovechar dichas tecnologías. Cuauhtémoc et al. (2020) sostiene que cuanto más avanza una organización en su digitalización, mayores son los beneficios y menores los riesgos.

Fomentar una cultura innovadora dentro de las PYMES es esencial para su competitividad. Según O'Dwyer y Gilmore (2019), esta cultura incluye estructuras organizativas fluidas, especialistas, equipos temporales y la flexibilidad para responder rápidamente a nuevas oportunidades, aumentando así su potencial innovador. Las tecnologías emergentes son fundamentales en la transformación digital de las PYMES. Aunque enfrentan desafíos en la adopción de nuevas tecnologías, la transformación digital facilita su incorporación y desarrollo de nuevas capacidades, teniendo un impacto positivo en la empresa. En resumen, aunque las PYMES enfrentan desafíos significativos en su transformación digital, aquellas que logran implementar estas tecnologías pueden mejorar su eficiencia, competitividad e innovación, destacándose en el mercado actual, el resumen de las Barreras e impulsores en la adopción de la transformación digital se puede evidenciar en la tabla 3.

Tabla 3
Barreras e impulsores en la adopción de la transformación digital.

Barreras e impulsores	Autores
Barreras como la financiación afectan la influencia de la transformación digital	Ramdani et al. (2022); Tick et al. (2022); Lu et al. (2021).
El nivel de digitalización todavía está por debajo de las expectativas.	Marrucci et al. (2023); Koukouvinou et al. (2022); Patiño-Vanegas y Valencia-Arias (2019).
La adopción de la transformación digital facilita la incorporación de las nuevas tecnologías y desarrollan las nuevas capacidades, por tanto, el impacto es positivo	Del Do et al. (2023); Joensuu-Salo et al. (2021); Shukor et al. (2022); Walsh et al. (2022).

Nota: Elaboración propia basada en los datos analizados.

Las PYMES manufactureras enfrentan importantes barreras para implementar la reingeniería de procesos productivos, lo que dificulta la continuidad en la inversión en esta área y limita la adopción de tecnologías avanzadas (Patiño y Valencia, 2019). Aunque existe un fuerte interés en innovar para mejorar su competitividad y crecimiento, la carencia de recursos financieros y capacidades internas dificulta este proceso. Además, factores estratégicos y de desempeño empresarial condicionan la percepción sobre la viabilidad y los beneficios de herramientas como la Computación en la Nube, que puede mejorar la eficiencia operativa y la escalabilidad (Feldman y Girolimo, 2021).

En un entorno competitivo, las PYMES buscan tecnologías innovadoras para ex-

pandirse y diversificar sus ofertas, lo que puede llevar a un crecimiento sostenible (Ramdani et al., 2022). Las PYMES manufactureras han comenzado a adoptar tecnologías 4.0 para reemplazar procedimientos no rentables (Marrucci et al., 2023). A pesar de limitaciones financieras y de talento, las PYMES reconocen que la adopción de tecnología puede mejorar la eficiencia, reducir costos operativos y aumentar la productividad.

La reticencia a la innovación digital y la dificultad para obtener beneficios de nuevas tecnologías afectan la competitividad (Salas, 2021). Sin embargo, desarrollos como soluciones basadas en la nube y modelos SaaS están haciendo tecnologías avanzadas más accesibles. Sensores de bajo costo y dispositivos IoT permiten a las PYMES recopilar y analizar datos para optimizar operaciones. La adopción de tecnologías emergentes como Big Data, IoT, IA, Cloud Computing y Blockchain enfrenta limitaciones iniciales, pero su superación puede generar un impacto significativo en la mejora de procesos y sostenibilidad (Peter et al., 2020).

La falta de acceso a información digital, desafíos de financiación y problemas de salud en los usuarios son obstáculos comunes. La ausencia de información digital relevante ralentiza la gestión de datos en tiempo real (Salas et al., 2021). La financiación es crucial, ya que la inversión en tecnologías emergentes es costosa y las PYMES a menudo tienen dificultades para acceder a recursos necesarios (Tubis et al., 2022). Problemas de salud, como estrés y fatiga digital, afectan negativamente la adopción efectiva de nuevas tecnologías (Sánchez et al., 2021).

A pesar de estos desafíos, la adopción de tecnologías emergentes ofrece beneficios significativos, como la automatización de tareas repetitivas y el análisis de grandes cantidades de datos, mejorando la eficiencia operativa y la calidad de productos y servicios. IoT permite la monitorización en tiempo real, contribuyendo a la sostenibilidad mediante una mejor gestión de recursos y reducción de desperdicios (Vásquez, 2019). El Cloud Computing y Blockchain brindan flexibilidad, seguridad y transparencia en las transacciones, esenciales en sectores como el financiero y la cadena de suministro (Zahoor et al., 2022).

Aunque las PYMES se enfrentan a limitaciones iniciales, también tiene sus facilitadores, la implementación de tecnologías emergentes puede tener un impacto significativo en su Desarrollo como se puede ver por ejemplo en la (figura 3).

Figura 3

Limitaciones, facilitadores e impacto de la transformación digital en PYMES.



Nota: Elaboración propia basada en los hallazgos del análisis bibliográfico.

La superación de las barreras, como la falta de información digital, los desafíos de financiación y los problemas de salud en los usuarios, puede permitir a las PYMES mejorar sus procesos internos, promover la sostenibilidad y desarrollar nuevas capacidades empresariales. Es crucial que las PYMES consideren estrategias que aborden tanto los aspectos tecnológicos como los humanos para maximizar los beneficios de la transformación digital en sus operaciones.

Consideraciones generales

La transformación digital integrada ofrece una oportunidad revolucionaria para las PYMES, permitiéndoles mantenerse al día con las demandas tecnológicas y destacarse en el competitivo mundo empresarial. La combinación de tecnologías clave como IoT, IA, blockchain, RA, robótica y análisis de big data proporciona beneficios

únicos. Los sensores IoT recopilan datos en tiempo real sobre operaciones y los almacenan en la nube, facilitando el acceso a la información. La IA analiza estos datos, identificando patrones y tendencias, y automatizando tareas repetitivas, lo que permite a los empleados centrarse en actividades estratégicas. La blockchain añade transparencia y seguridad a la cadena de suministro, mejorando la trazabilidad y la calidad de los productos. La RA mejora la precisión en el control de calidad, mientras que la robótica optimiza la eficiencia en la producción. El marketing digital utiliza big data para dirigir campañas más efectivas, y el gemelo digital supervisa y optimiza procesos en tiempo real. La ciberseguridad robusta y la capacitación del personal son esenciales para proteger datos y asegurar una transición exitosa a un entorno digital.

La adopción de tecnologías emergentes como IoT, IA y cloud computing es crucial para la supervivencia y el crecimiento de las PYMES manufactureras, mejorando la eficiencia operativa y la calidad de los productos en un mercado globalizado. La inversión en capacitación es fundamental para maximizar el potencial de estas tecnologías y garantizar una transición fluida. La ciberseguridad debe priorizarse para proteger contra amenazas digitales. Colaborar con proveedores y socios tecnológicos puede acelerar la adopción de soluciones innovadoras y reducir costos. La transformación digital es un proceso continuo, y las PYMES deben estar preparadas para adaptarse a nuevas tecnologías y mejorar sus operaciones constantemente. Investigaciones futuras podrían explorar el impacto de la IA en la optimización de procesos productivos y la toma de decisiones, analizando casos de estudio y evaluando los beneficios y desafíos en la industria manufacturera.

Conclusiones

La combinación de tecnologías como IoT, IA, blockchain, RA, robótica y análisis de big data permite a estas empresas ofrecer productos y servicios de alta calidad, satisfacer las demandas cambiantes de los clientes y mantenerse competitivas en un mercado en constante evolución. La inversión en la transformación digital no solo es una necesidad, sino que puede resultar en una PYME más eficiente y efectiva en un mundo cada vez más digitalizado.

La transformación digital es esencial para la supervivencia y el crecimiento de las PYMES manufactureras. La adopción de tecnologías emergentes, como la Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la cloud computing, ofrece oportuni-

dades significativas para mejorar la eficiencia operativa, la calidad de los productos y la competitividad en un mercado globalizado.

Las PYMEs manufactureras pueden beneficiarse de alianzas estratégicas con empresas especializadas en tecnología para facilitar la implementación de soluciones innovadoras y reducir los costos de entrada al mundo digital.

Un tema interesante para investigaciones futuras sería el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la optimización de procesos productivos y la toma de decisiones en las PYMEs manufactureras. Esta investigación podría explorar cómo las PYMEs manufactureras están adoptando soluciones basadas en inteligencia artificial para mejorar la eficiencia de sus operaciones, reducir costos, optimizar la calidad de los productos y facilitar la toma de decisiones. Se podrían analizar casos de estudio de PYMEs que han implementado sistemas de IA en sus procesos y evaluar los beneficios y desafíos que han experimentado. Además, se podría investigar cómo la IA está influyendo en la creación de nuevos modelos de negocio y en la competencia en la industria manufacturera. Esta área de investigación es relevante, ya que la inteligencia artificial se está convirtiendo en una tecnología clave en la transformación digital, y su adopción está en constante crecimiento en diversas industrias, incluyendo la manufactura. Investigar su impacto en las PYMEs manufactureras proporcionaría valiosas ideas sobre cómo las tecnologías emergentes están remodelando este sector y cómo las empresas pueden aprovechar al máximo estas innovaciones para mantenerse competitivas en un mercado en evolución.

Referencias

- Adan, J., Munar, L., Romero Duque, G., & Gordillo, A. (2022). Nuevos desafíos de las PYMEs en tiempos de pandemia. *Tecnura*, 26(72), 185-208. <https://doi.org/10.14483/22487638.17879>
- Albayrak, Ö., Erkeyman, B., & Usanmaz, B. (2023). Applications of artificial intelligence in inventory management: A systematic review of the literature. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(4), 2605-2625. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09879-5>
- Aroca, A., Martínez, D., Ossandon, I., & García, R. (2019). Las PYMEs en Santa Cruz, análisis, distribución e innovación vinculada al uso de las TICs. *Revista Tecnolo-*

gía y Ciencia(34), 1-15. <https://doi.org/10.33414/rtyc.34.1-15.2019>

Arumugam, V., Kannabiran, G., & Vinodh, S. (2022). Impact of technical and social lean practices on SMEs' performance in automobile industry: A structural equation modelling (SEM) analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(1-2), 28-54. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1791067>

Chierici, R., Tortora, D., Del Giudice, M., & Quacquarelli, B. (2021). Strengthening digital collaboration to enhance social innovation capital: An analysis of Italian small innovative enterprises. *Journal of Intellectual Capital*, 22(3), 610-632. <https://doi.org/10.1108/JIC-02-2020-0058>

Del Do, A., Villagra, A., & Pandolfi, D. (2023). Desafíos de la transformación digital en las PYMES. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 15(1), 200-229. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v15.n1.941>

Feldman, P., & Girolimo, U. (2021). La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: Limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo. *Revista Perspectivas de Políticas Públicas*, 10(20), 459-491. <https://doi.org/10.18294/rppp.2021.3645>

Gómez-Cristancho, M., Romero-Albarracin, L., & Palacios-Osma, J. (2021). Caracterización de las prácticas de innovación abierta en las PYMEs manufactureras en Bogotá. *Revista Escuela de Administración de Negocios*(90). <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2931>

Hernández, L., Álzate, J., Aricapa, Y., & Rojas, G. (2023). Transformación digital un reto para las PYMES: Articulación de TIC-tecnología de la información-en las pequeñas empresas (PYMES) del sector manufacturero de Risaralda. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 5314-5337. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8128

Joensuu-Salo, S., Kangas, E., & Mäkipelkola, J. (2021). Service innovation capability in social and health care SMEs: The impact of market orientation and technology orientation. *Journal of Enterprising Culture*, 29(3), 183-206. <https://doi.org/10.1142/S0218495821500138>

Koukouvouinou, P., Simbi, N., & Holmström, J. (2022). Managing unbounded digital

- transformation: Exploring the role of tensions in a digital transformation initiative in the forestry industry. *Information Technology & People*, 36(8), 43-68. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2020-0106>
- Kraft, C., Lindeque, J., & Peter, M. (2022). The digital transformation of Swiss small and medium-sized enterprises: Insights from digital tool adoption. *Journal of Strategy and Management*, 15(3), 468-494. <https://doi.org/10.1108/JSMA-02-2021-0063>
- Lu, Y., Liu, Z., & Min, Q. (2021). A digital twin-enabled value stream mapping approach for production process reengineering in SMEs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 764-782. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2021.1872099>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2022). Informe sobre el estado de las PYMEs en Colombia. Recuperado de <https://www.mincit.gov.co>.
- Marrucci, A., Rialti, R., & Balzano, M. (2023). Exploring paths underlying industry 4.0 implementation in manufacturing SMEs: A fuzzy-set qualitative comparative analysis. *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2022-0644>
- Morelos-Gómez, J., Gómez-Yaspe, I., & De Ávila-Suarez, R. (2021). Capacidades de innovación de las PYMEs del sector metalmecánico en Cartagena, Colombia. *Entramado*, 17(1), 12-29. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7215>
- Nogales, L., & Goyzueta, S. (2021). Factores que influyen en la apertura a las TIC y capacidad de innovación en PYMEs de Cochabamba del sector industrial. *Investigación & Negocios*, 14(23), 16. <https://doi.org/10.38147/invneg.v14i23.125>
- O'Dwyer, M., & Gilmore, A. (2019). Competitor orientation in successful SMEs: An exploration of the impact on innovation. *Journal of Strategic Marketing*, 27(1), 21-37. <https://doi.org/10.1080/0965254X.2017.1384040>
- Patiño-Vanegas, J., & Valencia-Arias, A. (2019). Modelo para la adopción de cloud computing en las PYMEs del sector servicios en Medellín, Colombia: A model for the adoption of cloud computing in small and medium-sized companies in the service sector in Medellín, Colombia. *Información Tecnológica*, 30(6), 157-165.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600157>

- Peter, M., Kraft, C., & Lindeque, J. (2020). Strategic action fields of digital transformation: An exploration of the strategic action fields of Swiss SMEs and large enterprises. *Journal of Strategy and Management*, 13(1), 160-180. <https://doi.org/10.1108/JSMA-05-2019-0070>
- Philbin, S., Viswanathan, R., & Telukdarie, A. (2022). Understanding how digital transformation can enable SMEs to achieve sustainable development: A systematic literature review. *Small Business International Review*, 6(1), e473. <https://doi.org/10.26784/sbir.v6i1.473>
- Ramdani, B., Raja, S., & Kayumova, M. (2022). Digital innovation in SMEs: A systematic review, synthesis and research agenda. *Information Technology for Development*, 28(1), 56-80. <https://doi.org/10.1080/02681102.2021.1893148>
- ojas-Berrio, S., Rincon-Novoa, J., Sánchez-Monrroy, M., Ascúa, R., & Montoya-Restrepo, L. A. (2022). Factors influencing 4.0 technology adoption in manufacturing SMEs in an emerging country. *Journal of Small Business Strategy*, 32(3). <https://doi.org/10.53703/001c.34608>
- Sahoo, S., Dragičević, T., & Blaabjerg, F. (2021). Cyber security in control of grid-tied power electronic converters—Challenges and vulnerabilities. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 9(5), 5326-5340. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2019.2953480>
- Salas-Arbeláez, L. (2021). Efecto de las prácticas de gestión humana e innovación: PYMES colombianas. *Cuadernos de Administración*, 36(68), 44-57. <https://doi.org/10.25100/cdea.v36i68.9811>
- Salas-Arbeláez, L., García-Solarte, M., & Murillo-Vargas, G. (2021). Gestión humana y desempeño organizacional en PYMES colombianas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(6 Edición Especial), 457-474. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e6.28>
- Sánchez-Sánchez, P., García-González, J., Triana, A., & Perez-Coronell, L. (2021). Medida del nivel de seguridad informática de las PYMES (PYMES) en Colom-

bia. Información tecnológica, 32(5), 121-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000500121>

Shukor, R., Mooi, W., & Ahmad, M. (2022). Small and medium enterprises' business sustainability based on the industry 4.0 internet of things adoption: A Malaysian Bumiputera case study. *Serbian Journal of Management*, 17(1), 99-110. <https://doi.org/10.5937/sjm17-35505>

Tick, A., Saáry, R., & Kárpáti-Daróczi, J. (2022). Conscious or indifferent: Concerns on digitalisation and sustainability among SMEs in Industry 4.0. *Serbian Journal of Management*, 17(1), 145-160. <https://doi.org/10.5937/sjm17-36412>

Tubis, A., & Grzybowska, K. (2022). In search of industry 4.0 and logistics 4.0 in small-medium enterprises—A state of the art review. *Energies*, 15(22), 8595. <https://doi.org/10.3390/en15228595>

Vásquez Esquivel, I. (2019). Factores críticos de éxito en el comercio digital de las PYMES exportadoras costarricenses. *Tec Empresarial*, 13(1), 19-34. <https://doi.org/10.18845/te.v13i1.4293>

Walsh, J., Nguyen, T., & Hoang, T. (2023). Digital transformation in Vietnamese SMEs: Managerial implications. *Journal of Internet and Digital Economics*. <https://doi.org/10.1108/JIDE-09-2022-0018>

Zahoor, N., Khan, Z., Arslan, A., Khan, H., & Tarba, S. (2022). International open innovation and international market success: An empirical study of emerging market small and medium-sized enterprises. *International Marketing Review*, 39(3), 755-782. <https://doi.org/10.1108/IMR-12-2020-0314>