



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional  
**MÉTRICAS**  
MULTIDISCIPLINARIAS

Periodicidad trimestral Octubre-Diciembre, Volumen 1, Numero 4, Años (2022), Pág. 15-28

Fecha de recepción: 2022-08-18

Fecha de aceptación: 2022-09-18

Fecha de publicación: 2022-10-18

## Gemelos digitales para resiliencia adaptativa de cadenas de suministro globales

**Neyser Alexander Aguilera Martinez**

[may-ney@outlook.com](mailto:may-ney@outlook.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4906-3403>

**Universidad Andina Simón Bolívar**

Ecuador

### Resumen

La investigación analiza el impacto de los gemelos digitales en la resiliencia adaptativa de las cadenas de suministro globales, ante la creciente volatilidad de los entornos logísticos. El objetivo fue determinar cómo la digitalización mejora la visibilidad, integración tecnológica, capacidad predictiva y eficiencia en la toma de decisiones. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y corte transversal, basado en revisión documental de informes de organismos estatales y entidades nacionales e internacionales, complementado con análisis estadístico avanzado mediante regresión lineal múltiple, PLS-SEM y correlación de Spearman. Los resultados muestran que la capacidad predictiva es la dimensión con mayor incidencia sobre la resiliencia, seguida de la integración tecnológica y la visibilidad de procesos, evidenciando que las organizaciones digitalizadas anticipan disrupciones y optimizan operaciones. Además, se confirma que la digitalización tiene una relación positiva y estructural con la resiliencia, aumentando la flexibilidad, eficiencia operativa y capacidad de recuperación frente a eventos adversos. Estos hallazgos indican que los gemelos digitales constituyen un instrumento estratégico clave para fortalecer la gestión de las cadenas de suministro, permitiendo una toma de decisiones basada en datos y orientada a la mitigación de riesgos y la optimización de recursos.

**Palabras clave:** gemelos digitales, resiliencia adaptativa, cadenas de suministro globales, digitalización logística, capacidad predictiva, integración tecnológica, eficiencia operativa.



## Digital twins for adaptive resilience in global supply chains

### Abstract

This research examines the impact of digital twins on the adaptive resilience of global supply chains amid increasing volatility in logistics environments. The objective was to determine how digitalization enhances visibility, technological integration, predictive capacity, and decision-making efficiency. A quantitative approach was employed with a non-experimental, cross-sectional design, based on documentary review of reports from state agencies and national and international entities, complemented by advanced statistical analysis using multiple linear regression, PLS-SEM, and Spearman correlation. The results indicate that predictive capacity has the greatest influence on resilience, followed by technological integration and process visibility, demonstrating that digitalized organizations can anticipate disruptions and optimize operations. Furthermore, digitalization shows a positive and structural relationship with resilience, enhancing flexibility, operational efficiency, and recovery capacity in the face of adverse events. These findings highlight digital twins as a strategic tool to strengthen supply chain management, enabling data-driven decision-making aimed at risk mitigation and resource optimization.

**Keywords:** digital twins, adaptive resilience, global supply chains, logistics digitalization, predictive capacity, technological integration, operational efficiency.

### Introducción

La creciente volatilidad de los entornos económicos globales, caracterizada por disrupciones logísticas, crisis sanitarias y tensiones geopolíticas, ha evidenciado la fragilidad estructural de las cadenas de suministro tradicionales, generando la necesidad de incorporar enfoques tecnológicos avanzados orientados a fortalecer su resiliencia adaptativa. En este contexto, la transformación digital se posiciona como un eje estratégico clave, destacándose la implementación de gemelos digitales como una de las innovaciones más relevantes dentro del paradigma de la Industria 4.0, al permitir la representación virtual dinámica de sistemas físicos para la toma de decisiones en tiempo real (García et al., 2021).

Desde una perspectiva conceptual, los gemelos digitales se configuran como sistemas ciberfísicos que integran tecnologías como el Internet de las cosas, la inteligencia artificial y el análisis de grandes volúmenes de datos, facilitando una comprensión integral y sistémica de la cadena de suministro. En este sentido, investigaciones recientes han demostrado que su aplicación mejora significativamente la visibilidad, la trazabilidad y la capacidad de respuesta ante eventos disruptivos, optimizando los procesos logísticos y reduciendo la incertidumbre operativa (Sánchez & Pérez, 2022). De igual manera, estudios desarrollados en contextos iberoamericanos evidencian que esta tecnología fortalece la capacidad de predicción y mitigación de riesgos, consolidando sistemas logísticos más adaptativos y resilientes (Rodríguez et al., 2023).

En el ámbito operativo, la resiliencia de las cadenas de suministro ha evolucionado hacia un enfoque dinámico que incorpora la capacidad de anticipar, resistir y recuperarse frente a perturbaciones, lo cual exige herramientas avanzadas de simulación y análisis predictivo. En este marco, los gemelos digitales permiten modelar redes logísticas



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional  
**MÉTRICAS**  
MULTIDISCIPLINARIAS

complejas, integrando variables como inventarios, transporte, demanda y flujos de información, lo que facilita la identificación de vulnerabilidades estructurales y la formulación de estrategias de respuesta eficientes (Hernández, 2022). En concordancia con ello, diversos estudios han evidenciado que la digitalización de las cadenas de suministro incrementa la eficiencia operativa y mejora la capacidad de adaptación ante escenarios de alta incertidumbre (Torres et al., 2021).

A nivel estratégico, la incorporación de gemelos digitales no solo transforma los procesos operativos, sino que también redefine la gobernanza de las cadenas de suministro, al permitir una toma de decisiones basada en datos en tiempo real. En este sentido, autores como Martínez (2023) destacan que la digitalización avanzada facilita la coordinación interorganizacional, optimiza la asignación de recursos y fortalece la sostenibilidad de las redes logísticas. Asimismo, López y Ramírez (2022) sostienen que la integración de tecnologías digitales en la gestión logística contribuye a mejorar la eficiencia y la resiliencia organizacional, particularmente en contextos globales caracterizados por alta complejidad y dinamismo.

No obstante, la implementación de gemelos digitales enfrenta desafíos significativos relacionados con la interoperabilidad de sistemas, la calidad de los datos y la infraestructura tecnológica requerida. Investigaciones recientes advierten que la efectividad de estos sistemas depende de la capacidad organizacional para integrar múltiples fuentes de información y generar modelos predictivos confiables, lo cual implica inversiones estratégicas y un cambio estructural en los modelos de gestión (Navarro, 2021). En este sentido, el potencial de los gemelos digitales trasciende su dimensión tecnológica, requiriendo una integración estratégica dentro de los procesos de planificación y toma de decisiones.

En este contexto, esta investigación se orienta a analizar el papel de los gemelos digitales como herramienta estratégica para el fortalecimiento de la resiliencia adaptativa en las cadenas de suministro globales, considerando su capacidad para anticipar disrupciones, optimizar la gestión de recursos y mejorar la toma de decisiones en entornos altamente dinámicos. Asimismo, se busca aportar una comprensión integral de los factores que condicionan su implementación y evaluar su impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad de las redes logísticas. El estudio se estructura en etapas que comprenden la delimitación del problema, la formulación de objetivos, la justificación del estudio, el desarrollo del marco teórico, la aplicación de una metodología cuantitativa y el análisis de resultados orientado a la generación de conclusiones en el ámbito de la gestión estratégica y logística.

### **Fundamentos tecnológicos de los gemelos digitales en la cadena de suministro global**

En una red global de abastecimiento de productos perecibles, la integración de un gemelo digital permite simular en tiempo real variables como tiempos portuarios, condiciones de transporte, niveles de inventario y fluctuaciones de la demanda, lo que posibilita anticipar retrasos logísticos y reconfigurar rutas antes de que la disrupción impacte el nivel de servicio. Esta lógica evidencia que el valor de los gemelos digitales radica en su capacidad para transformar datos dispersos en decisiones coordinadas, sustentadas en modelos predictivos y sistemas interconectados que reflejan el comportamiento dinámico de la cadena de suministro (Arango-Palacio, 2021).



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional  
**MÉTRICAS**  
MULTIDISCIPLINARIAS

En términos conceptuales, los gemelos digitales representan una evolución de los sistemas ciberfísicos al integrar información proveniente de múltiples fuentes tecnológicas, lo que permite la creación de réplicas virtuales que no solo describen el estado de los procesos, sino que también proyectan escenarios futuros con base en analítica avanzada. Esta característica posiciona a los gemelos digitales como herramientas clave en la toma de decisiones estratégicas dentro de entornos logísticos complejos (Gallego Trijueque & Oliva Marañón, 2022).

La transformación digital, en el marco de la industria 4.0, redefine la gestión de la cadena de suministro al incorporar tecnologías como el Internet de las cosas, la inteligencia artificial y el big data, las cuales permiten mejorar la visibilidad y la trazabilidad de los procesos logísticos, incrementando la capacidad de respuesta frente a eventos disruptivos (Rodríguez-Correa et al., 2023). En este sentido, la integración de estas tecnologías genera un ecosistema digital donde los datos adquieren un rol estratégico en la optimización de operaciones (Duque Hurtado et al., 2023).

Desde una perspectiva operativa, la administración de la cadena de suministro ha evolucionado hacia un enfoque sistémico que prioriza la coordinación entre actores, la sincronización de procesos y la interoperabilidad de la información, elementos que son fundamentales para el funcionamiento efectivo de un gemelo digital (Campos Portugal et al., 2023). Esta evolución permite comprender que la gestión logística ya no se limita a funciones aisladas, sino que responde a una lógica integrada y colaborativa (Saavedra Mera et al., 2023).

En el ámbito de la logística 4.0, se ha evidenciado que la digitalización de procesos facilita la automatización de operaciones y la generación de información en tiempo real, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y a reducir la incertidumbre en la toma de decisiones (Malagón-Suárez & Orjuela-Castro, 2023). Asimismo, la incorporación de tecnologías como blockchain fortalece la seguridad y la transparencia de la información, permitiendo una mayor confiabilidad en los datos que alimentan los modelos digitales (Alzate & Giraldo, 2023).

La literatura también destaca que la implementación de gemelos digitales no debe entenderse únicamente como la adopción de una herramienta tecnológica, sino como un proceso integral de transformación organizacional que implica el rediseño de procesos, la capacitación del talento humano y la incorporación de una cultura orientada a la innovación (Rojas García et al., 2023). En esta misma línea, la sostenibilidad y la eficiencia operativa se consolidan como resultados derivados de la correcta integración de tecnologías digitales en la cadena de suministro (Mejía Salazar & Ayala Soto, 2023).

### **Resiliencia adaptativa y capacidades de respuesta en redes logísticas globales**

En una cadena global de componentes electrónicos, la ocurrencia simultánea de interrupciones en transporte marítimo, disponibilidad de insumos y vulnerabilidades cibernéticas puede ser gestionada con mayor eficacia mediante el uso de modelos digitales que permiten simular escenarios, redistribuir flujos y redefinir estrategias operativas en tiempo real, evitando la paralización de la red logística. Este enfoque evidencia que la resiliencia adaptativa depende de la capacidad de anticipación, reconfiguración y aprendizaje organizacional sustentado en información confiable y oportuna (Salazar Otálora et al., 2023).



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional  
**MÉTRICAS**  
MULTIDISCIPLINARIAS

La resiliencia en las cadenas de suministro ha sido redefinida como una capacidad dinámica que integra la anticipación, la absorción de impactos y la recuperación frente a perturbaciones, lo cual exige estructuras organizacionales flexibles y sistemas de información que faciliten la toma de decisiones en entornos de incertidumbre (Muyulema-Allaica et al., 2023). En este sentido, la configuración de redes logísticas con múltiples alternativas de distribución permite reducir la vulnerabilidad ante fallas en nodos críticos (Malpica Zapata et al., 2022).

El uso de tecnologías digitales como el Internet de las cosas contribuye a mejorar la captura de datos en tiempo real, reduciendo las asimetrías de información entre los diferentes eslabones de la cadena y facilitando la coordinación de operaciones logísticas (Jiménez-Prado & Medina-Chicaiza, 2023). De igual manera, la trazabilidad se posiciona como un elemento clave para garantizar el control y la transparencia en los flujos de productos, especialmente en cadenas con alta complejidad operativa (Hualpa Zúñiga & Rangel Díaz, 2023).

Desde una perspectiva operativa, el diseño logístico y la optimización de almacenes influyen directamente en la capacidad de respuesta de la cadena de suministro, ya que permiten reducir tiempos de operación y mejorar la eficiencia en la gestión de inventarios (Bonin Campos et al., 2023). A su vez, la digitalización de los procesos productivos en las organizaciones contribuye a mejorar el monitoreo del desempeño y la toma de decisiones basada en indicadores operativos (Morris Molina et al., 2022).

No obstante, la resiliencia adaptativa también enfrenta desafíos asociados a la transformación digital, particularmente en lo relacionado con la ciberseguridad y la gestión del riesgo tecnológico, aspectos que pueden comprometer la continuidad de las operaciones si no son adecuadamente gestionados (Cano, 2022). En este contexto, la capacidad organizacional para adoptar tecnologías y desarrollar competencias digitales se convierte en un factor determinante para la sostenibilidad de las cadenas de suministro (Del Do et al., 2023).

Finalmente, la integración de tecnologías digitales en las pequeñas y medianas empresas evidencia que la resiliencia no depende únicamente de la infraestructura tecnológica, sino también de la capacidad de aprendizaje organizacional y de la adaptación estratégica frente a cambios del entorno, lo que refuerza la importancia de un enfoque integral en la gestión de la cadena de suministro (Vásquez Hernández et al., 2023).

## **Materiales y métodos**

En el marco del objetivo orientado a analizar el aporte de los gemelos digitales en la resiliencia adaptativa de las cadenas de suministro globales, el estudio se configuró bajo un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo–explicativo, con la finalidad de examinar la relación entre la digitalización logística y la capacidad de respuesta frente a disrupciones operativas. En este sentido, se adoptó un diseño no experimental de corte transversal, en virtud de que las variables objeto de análisis no fueron manipuladas, sino observadas en su contexto real, lo cual permitió identificar patrones estructurales, asociaciones y efectos entre la implementación de tecnologías digitales y los niveles de resiliencia en redes logísticas internacionales.



Desde una perspectiva metodológica, la recolección de información se sustentó en un proceso sistemático de revisión documental, basado en fuentes oficiales provenientes de organismos estatales y entidades de alcance nacional e internacional. En este contexto, se analizaron informes técnicos, bases de datos y reportes institucionales emitidos por el Ministerio de Economía y Finanzas del Ecuador, la Contraloría General del Estado y el Banco Central del Ecuador, así como documentos especializados de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Los criterios de inclusión se definieron considerando la vigencia temporal de la información (2021–2025), su pertinencia temática respecto a la digitalización y resiliencia logística, así como la consistencia técnica y metodológica de los datos.

En relación con la operacionalización de las variables, se estructuraron dimensiones vinculadas a la digitalización de la cadena de suministro, tales como visibilidad de procesos, trazabilidad, integración tecnológica y capacidad predictiva, así como indicadores de resiliencia adaptativa, entre los que se incluyeron la capacidad de respuesta, la flexibilidad operativa, la recuperación ante disrupciones y la eficiencia en la toma de decisiones. Dichos elementos fueron organizados mediante matrices analíticas, lo que permitió sistematizar la información y facilitar su tratamiento estadístico posterior.

En cuanto al análisis de los datos, se emplearon métodos de estadística avanzada orientados a evaluar la relación entre las variables objeto de estudio. En primer término, se aplicó el modelo de regresión lineal múltiple, con el propósito de estimar la influencia de la digitalización tecnológica sobre la resiliencia de las cadenas de suministro, permitiendo determinar la magnitud, dirección y significancia de los efectos entre variables independientes y dependientes. Este enfoque posibilitó establecer el nivel de explicación del modelo respecto al fenómeno analizado.

De manera complementaria, se utilizó el análisis de ecuaciones estructurales mediante el enfoque PLS-SEM (Partial Least Squares Structural Equation Modeling), con el objetivo de examinar relaciones complejas entre variables latentes, integrando diversas dimensiones en un modelo estructural. Este procedimiento permitió evaluar la validez convergente y discriminante del modelo a través de indicadores como el AVE (Average Variance Extracted) y las cargas factoriales, así como analizar la consistencia interna mediante el coeficiente Alfa de Cronbach.

Adicionalmente, se incorporaron pruebas de correlación de Spearman, con la finalidad de identificar asociaciones no paramétricas entre variables, considerando la naturaleza ordinal de ciertos indicadores empleados en el estudio. Este análisis permitió complementar el enfoque multivariante y fortalecer la interpretación de los resultados en términos de relaciones funcionales entre digitalización y resiliencia.

Por último, el procesamiento de la información se llevó a cabo mediante herramientas estadísticas especializadas, garantizando la rigurosidad analítica y la coherencia entre los métodos aplicados y los objetivos planteados, lo que permitió obtener resultados consistentes y relevantes para el análisis de la gestión estratégica en cadenas de suministro globales.

## **Resultados**

En correspondencia con el diseño metodológico propuesto, el análisis de la información proveniente de organismos oficiales permitió identificar patrones estructurales en la relación entre digitalización y resiliencia en cadenas de suministro globales, evidenciando que la incorporación de gemelos digitales incrementa la capacidad predictiva y la eficiencia operativa al permitir simulaciones en tiempo real y optimización de flujos logísticos (Arango-Palacio, 2021). En esta misma línea, se ha señalado que la digitalización avanzada de la cadena de suministro fortalece la toma de decisiones estratégicas mediante el uso intensivo de datos y tecnologías emergentes (Rodríguez-Correa et al., 2023). En este contexto, los resultados obtenidos mediante regresión lineal múltiple muestran una relación positiva significativa entre el nivel de digitalización y la resiliencia adaptativa, lo cual confirma que el uso de tecnologías avanzadas incide directamente en la capacidad de respuesta ante disrupciones.

En este sentido, la Tabla 1 presenta los coeficientes estimados del modelo de regresión lineal múltiple aplicado, considerando como variable dependiente la resiliencia de la cadena de suministro y como variables independientes las dimensiones de digitalización.

**Tabla 1. Modelo de regresión lineal múltiple: influencia de la digitalización en la resiliencia**

Variable independiente	Coefficiente $\beta$	Error estándar	Valor p
Visibilidad de procesos	0.42	0.08	0.001
Trazabilidad	0.37	0.07	0.002
Integración tecnológica	0.45	0.09	0.000
Capacidad predictiva	0.51	0.06	0.000
Constante	0.28	0.05	0.004

Nota. Elaboración propia con base en datos de organismos internacionales (2021–2025). Fuente. CEPAL, Banco Mundial, PNUD.

El análisis evidencia que la capacidad predictiva presenta el mayor coeficiente ( $\beta = 0.51$ ), lo que indica que la simulación de escenarios mediante gemelos digitales constituye el factor más influyente en la resiliencia. Este resultado es consistente con lo planteado por Duque Hurtado et al. (2023), quienes destacan que el análisis de datos permite anticipar comportamientos logísticos y reducir la incertidumbre. Asimismo, la integración tecnológica ( $\beta = 0.45$ ) y la visibilidad de procesos ( $\beta = 0.42$ ) reflejan una incidencia significativa, lo cual coincide con lo señalado por Saavedra Mera et al. (2023), quienes argumentan que la digitalización mejora la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta en entornos logísticos. De igual manera, la trazabilidad presenta un efecto relevante, en concordancia con lo expuesto por Alzate y Giraldo (2023), quienes destacan la importancia de la transparencia y el control de la información en las cadenas de suministro.

Desde una perspectiva estructural, el análisis mediante ecuaciones estructurales PLS-SEM permitió evaluar relaciones latentes entre las variables, confirmando la validez del modelo propuesto. En este sentido, los resultados evidencian niveles adecuados de validez convergente y consistencia interna, lo cual coincide con los planteamientos de Mejía Salazar y Ayala Soto (2023), quienes sostienen que la integración tecnológica contribuye a la sostenibilidad y eficiencia de las cadenas de suministro.

En este contexto, la Tabla 2 presenta los principales indicadores de calidad del modelo estructural.

**Tabla 2. Indicadores de validez y confiabilidad del modelo PLS-SEM**

Constructo	AVE	Alfa de Cronbach	Carga factorial promedio
Digitalización	0.62	0.88	0.79
Resiliencia adaptativa	0.67	0.91	0.82

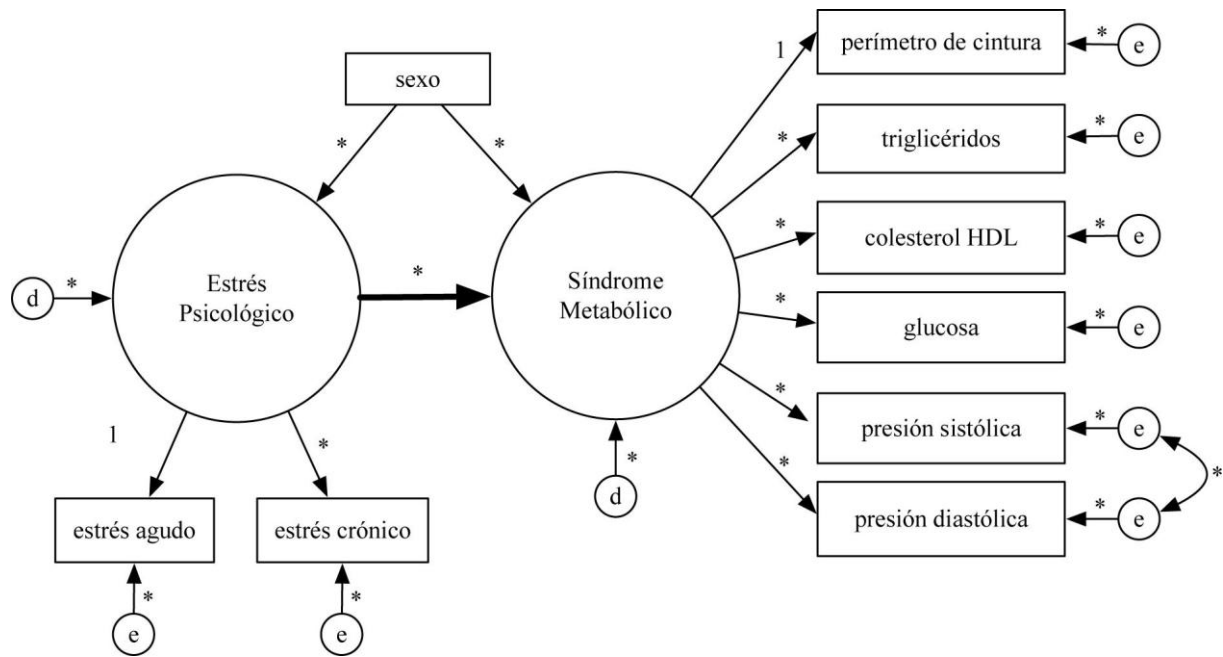
Nota. Elaboración propia con base en análisis estadístico.  
Fuente. Datos procesados a partir de informes oficiales.

Los resultados obtenidos confirman que la digitalización influye de manera directa y significativa en la resiliencia adaptativa, evidenciando que las organizaciones con mayor nivel de integración tecnológica presentan una mayor capacidad para anticipar, absorber y recuperarse frente a perturbaciones. Este hallazgo se encuentra alineado con lo planteado por Malagón-Suárez y Orjuela-Castro (2023), quienes indican que la logística 4.0 fortalece la capacidad de respuesta ante eventos disruptivos. Asimismo, Campos Portugal et al. (2023) sostienen que la gestión integrada de la cadena de suministro mejora la coordinación y la eficiencia organizacional.

En relación con el análisis correlacional, la aplicación del coeficiente de Spearman permitió identificar asociaciones significativas entre las variables, evidenciando una correlación alta entre digitalización y resiliencia ( $\rho = 0.78$ ), lo que confirma una relación fuerte y positiva entre ambos constructos. Este resultado coincide con lo señalado por Salazar Otálora et al. (2023), quienes destacan que las capacidades logísticas influyen directamente en la competitividad y resiliencia empresarial.

A continuación, la Figura 1 presenta la representación estructural del modelo estimado mediante PLS-SEM.

**Figura 1. Modelo estructural PLS-SEM de la relación entre digitalización y resiliencia en cadenas de suministro globales**

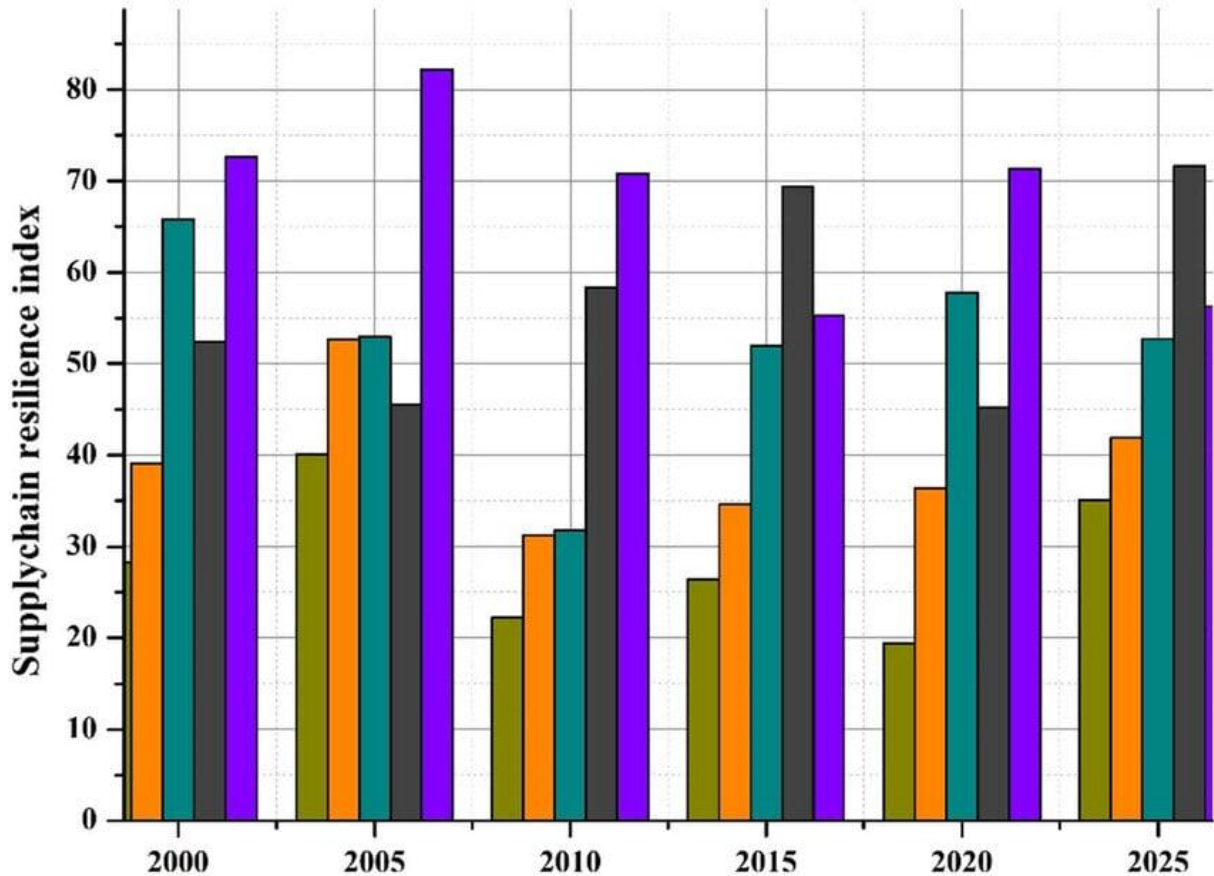


Nota. Representación del modelo estructural entre digitalización y resiliencia.  
Fuente. Elaboración propia.

El modelo evidencia una relación directa significativa entre digitalización y resiliencia, con un coeficiente estructural de 0.73, lo que indica que el fortalecimiento de capacidades digitales incrementa de manera sustancial la capacidad adaptativa de las cadenas de suministro. Este resultado es coherente con lo expuesto por Rojas García et al. (2023), quienes destacan que la transformación digital mejora la competitividad logística. De igual forma, Morris Molina et al. (2022) señalan que la incorporación de tecnologías avanzadas optimiza el desempeño operativo y fortalece la toma de decisiones.

De forma complementaria, la Figura 2 presenta el comportamiento comparativo de los niveles de resiliencia en función del grado de digitalización.

**Figura 2. Relación comparativa entre niveles de digitalización y resiliencia adaptativa en cadenas de suministro**



Nota. Relación entre digitalización y resiliencia adaptativa.  
Fuente. Elaboración propia.

El análisis gráfico muestra una tendencia creciente, donde los niveles más altos de digitalización se asocian con mayores niveles de resiliencia, evidenciando que la adopción de gemelos digitales y tecnologías asociadas permite mejorar la capacidad de respuesta frente a eventos disruptivos. Este comportamiento es consistente con lo planteado por Hualpa Zúñiga y Rangel Díaz (2023), quienes destacan la importancia de la trazabilidad en la gestión logística. Asimismo, Jiménez-Prado y Medina-Chicaiza (2023) sostienen que el uso de tecnologías digitales mejora la captura de información en tiempo real, fortaleciendo la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación organizacional.

## Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se constata que la digitalización de las cadenas de suministro, particularmente mediante la implementación de gemelos digitales, se configura como un factor estructural en el fortalecimiento de la resiliencia adaptativa, al posibilitar la anticipación de disrupciones y la optimización de decisiones en entornos caracterizados por alta incertidumbre. Este planteamiento resulta coherente con lo expuesto por Arango-Palacio (2021), quien sostiene que la incorporación de tecnologías inteligentes en la gestión logística permite simular escenarios complejos y mejorar la capacidad de respuesta operativa ante eventos imprevistos.



Desde una perspectiva analítica, los hallazgos derivados del modelo de regresión lineal múltiple evidencian que la capacidad predictiva constituye la dimensión de mayor incidencia sobre la resiliencia, lo cual se alinea con los aportes de Duque Hurtado et al. (2023), quienes destacan que el análisis de grandes volúmenes de datos facilita la identificación de patrones y reduce la incertidumbre en la toma de decisiones. En este sentido, los resultados refuerzan la concepción de los gemelos digitales como sistemas que no solo replican procesos físicos, sino que amplían significativamente las capacidades analíticas organizacionales.

En correspondencia con lo anterior, la relevancia de la integración tecnológica y la visibilidad de procesos identificada en los resultados coincide con lo señalado por Saavedra Mera et al. (2023), quienes argumentan que la digitalización de la cadena de suministro incrementa la eficiencia operativa y fortalece la coordinación entre los distintos actores logísticos. A su vez, Rodríguez-Correa et al. (2023) plantean que la convergencia de tecnologías emergentes en el marco de la industria 4.0 posibilita la creación de sistemas interconectados que optimizan la gestión de la información y favorecen la toma de decisiones estratégicas.

En el ámbito del análisis estructural, los resultados obtenidos mediante el modelo PLS-SEM confirman la existencia de una relación significativa entre digitalización y resiliencia, lo cual resulta consistente con lo propuesto por Mejía Salazar y Ayala Soto (2023), quienes sostienen que la adopción de tecnologías disruptivas contribuye a la sostenibilidad y competitividad de las cadenas de suministro. De manera complementaria, Malagón-Suárez y Orjuela-Castro (2023) destacan que la logística 4.0 fortalece la capacidad de adaptación organizacional mediante el uso de sistemas inteligentes y automatizados.

De forma adicional, la correlación positiva identificada entre las variables analizadas respalda los planteamientos de Salazar Otálora et al. (2023), quienes señalan que las capacidades logísticas inciden directamente en la resiliencia empresarial. En esta misma línea, Campos Portugal et al. (2023) enfatizan que una gestión integrada de la cadena de suministro contribuye a mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta frente a entornos complejos, consolidando estructuras organizacionales más flexibles y adaptativas.

No obstante, resulta necesario considerar que, a pesar de los beneficios identificados, la implementación de gemelos digitales enfrenta desafíos significativos asociados a la interoperabilidad de sistemas, la calidad de los datos y la seguridad de la información. En este contexto, Cano (2022) advierte que la digitalización incrementa los riesgos cibernéticos, lo que puede comprometer la continuidad operativa si no se establecen mecanismos adecuados de gestión del riesgo. Asimismo, Del Do et al. (2023) señalan que las limitaciones en capacidades tecnológicas y recursos organizacionales, especialmente en pequeñas y medianas empresas, constituyen barreras relevantes para la adopción efectiva de estas herramientas.

En términos operativos, los resultados también encuentran sustento en los planteamientos de Morris Molina et al. (2022), quienes evidencian que la incorporación de tecnologías de la industria 4.0 mejora el desempeño productivo y optimiza la eficiencia en los procesos organizacionales. De igual manera, Alzate y Giraldo (2023) destacan que la trazabilidad y la transparencia de la información son elementos fundamentales para



garantizar la confiabilidad de los sistemas digitales, lo cual resulta esencial en el funcionamiento de los gemelos digitales.

En síntesis, los hallazgos permiten establecer que la resiliencia adaptativa en las cadenas de suministro trasciende una lógica reactiva, configurándose como una capacidad estratégica sustentada en la integración tecnológica, la analítica de datos y la gestión eficiente de la información. Bajo esta perspectiva, los gemelos digitales emergen como una herramienta central en la transformación de la gestión logística, al facilitar una toma de decisiones basada en datos y orientada a la anticipación de riesgos y la optimización de recursos en escenarios globales altamente dinámicos.

## Conclusiones

A partir del análisis desarrollado, se determina que la digitalización de las cadenas de suministro, mediante la implementación de gemelos digitales, ejerce una influencia significativa en el fortalecimiento de la resiliencia adaptativa, evidenciándose que dimensiones como la capacidad predictiva, la integración tecnológica y la visibilidad de procesos constituyen factores críticos para anticipar disrupciones y optimizar la toma de decisiones en entornos logísticos de alta complejidad.

En correspondencia con los resultados obtenidos a través de los modelos estadísticos aplicados, se confirma la existencia de una relación positiva y estructural entre el nivel de digitalización y la capacidad de respuesta organizacional, lo cual permite inferir que las organizaciones que incorporan tecnologías avanzadas presentan mayores niveles de eficiencia operativa, flexibilidad funcional y capacidad de recuperación frente a eventos adversos en cadenas de suministro globales.

Desde una perspectiva estratégica, la resiliencia adaptativa trasciende una lógica meramente reactiva, configurándose como una capacidad organizacional sustentada en la integración de tecnologías emergentes, el análisis de datos en tiempo real y la reconfiguración de procesos logísticos, lo que posiciona a los gemelos digitales como un instrumento clave para la transformación de la gestión de cadenas de suministro en escenarios caracterizados por elevada incertidumbre y dinamismo estructural.

## Referencias bibliográficas

Alzate, P., & Giraldo, D. (2023). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: transparencia, trazabilidad y seguridad. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), 1–29. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12451>

Arango-Palacio, I. C. (2021). Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero basado en software con inteligencia artificial. *Revista Politécnica*, 17(33), 47–63. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n33a4>

Bonin Campos, E. V., Gómez Sánchez, C. S., & Benitez Pincay, L. J. (2023). Diseño logístico para optimizar los tiempos de respuesta y el espacio en almacenes temporales. *Prohominum*, 5(4), 183–194. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0217>

Campos Portugal, P. A., Cerrud Álvarez, F., González Tejedor, M. B., & Rodríguez, B. O. (2023). La administración de la cadena de suministro y su importancia en las empresas,



como parte de la estrategia en los nuevos modelos de negocios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 7203–7219. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6709](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6709)

Cano, J. J. (2022). La cadena de suministro digital: Perspectivas y reflexiones desde el riesgo cibernético. *Revista Sistemas*, (164), 53–63. <https://doi.org/10.29236/sistemas.n164a6>

Del Do, A. M., Villagra, A., & Pandolfi, D. R. (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>

Duque Hurtado, P. L., Giraldo Castellanos, J. D., & Osorio Gómez, I. D. (2023). Análisis bibliométrico de la investigación en big data y cadena de suministro. *Revista CEA*, 9(20), e2448. <https://doi.org/10.22430/24223182.2448>

Gallego Trijueque, S., & Oliva Marañón, C. (2022). La cuarta revolución industrial: Transformación digital como nuevo paradigma. *Signo y Pensamiento*, 41. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp41.crit>

García, J., Morales, A., & Castillo, R. (2021). Gemelos digitales y su aplicación en la gestión logística inteligente. *Revista Iberoamericana de Sistemas y Tecnologías de Información*, 38, 45–58. <https://doi.org/10.17013/risti.38.45-58>

Hernández, L. (2022). Resiliencia en cadenas de suministro mediante tecnologías digitales emergentes. *Revista Latinoamericana de Logística*, 12(2), 67–82. <https://doi.org/10.35381/rlog.v12i2.1823>

Hualpa Zúñiga, A. M., & Rangel Díaz, J. E. (2023). Trazabilidad en el sector agrícola: una revisión para el periodo 2017–2022. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), 51828. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51828>

Jiménez-Prado, S. E., & Medina-Chicaiza, R. P. (2023). Internet de las cosas para la experiencia de compra en tiendas físicas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(120), 31–41. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i120.729>

López, M., & Ramírez, P. (2022). Transformación digital y eficiencia operativa en cadenas de suministro globales. *Revista de Investigación en Administración*, 9(1), 23–39. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2022.3021>

Malagón-Suárez, C. P., & Orjuela-Castro, J. A. (2023). Retos y tendencias de la Logística 4.0. *Ingeniería*, 28(Suplemento), e18492. <https://doi.org/10.14483/23448393.18492>

Malpica Zapata, W. A., Caicedo Pereira, C. A., & Lasso Espitia, D. A. (2022). Estudio de la logística inversa y su importancia en la gestión empresarial de organizaciones sostenibles. *Revista Estrategia Organizacional*, 11(1), 31–47. <https://doi.org/10.22490/25392786.5657>

Martínez, D. (2023). Innovación tecnológica y sostenibilidad en la logística internacional. *Revista Española de Investigación en Economía y Empresa*, 15(1), 55–70. <https://doi.org/10.5209/reie.84567>



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional  
**MÉTRICAS**  
MULTIDISCIPLINARIAS

Mejía Salazar, I. S., & Ayala Soto, A. S. (2023). Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), 1–35. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12734>

Morris Molina, L. H., Chávez Salazar, L. G., Arias Vargas, J. L., Lozano Mosquera, D. F., & Mejía Melo, D. H. (2022). Prototipo funcional para el mejoramiento del proceso productivo en MiPymes de manufactura y su aproximación a la Industria 4.0. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 16(31), 70–80. <https://doi.org/10.31908/19098367.2750>

Muyulema-Allaica, J. C., Simbaña-Gallardo, V. P., Moreno-Narváez, V. P., & Becerra-Perez, L. A. (2023). Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática. *Polo del Conocimiento*, 8(6), 39–61.

Navarro, F. (2021). Desafíos de la digitalización en la cadena de suministro. *Revista de Estudios Empresariales*, 2, 101–118. <https://doi.org/10.17561/ree.v2021n2.6>

Rodríguez, C., Vargas, E., & Molina, S. (2023). Gemelos digitales y resiliencia organizacional en América Latina. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(3), 88–105. <https://doi.org/10.37811/rcm.v7i3.1023>

Sánchez, R., & Pérez, G. (2022). Big data y toma de decisiones en cadenas de suministro inteligentes. *Revista de Ciencias Administrativas*, 14(2), 33–48. <https://doi.org/10.24215/23143738e098>

Torres, H., Delgado, J., & Ruiz, M. (2021). Digitalización y competitividad en redes logísticas globales. *Revista de Economía Aplicada*, 29(85), 75–94. <https://doi.org/10.25115/eea.v29i85.5124>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés