



***Medición del rendimiento logístico multimodal: revisión sistemática de métricas, modelos y determinantes***

***Measuring multimodal logistics performance: a systematic review of metrics, models, and determinants***

**Ana L. Velasco Jaén**

Universidad de Panamá

Panamá

ana-l.velasco@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-9039-4095>

*Recibido: 13 de abril 2026*

*Aceptado: 19 de mayo 2026*

DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v15n2.a9723>

## **Resumen**

---

La medición del rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores es un tema estratégico para la gestión de operaciones y la planificación del transporte, pero la evidencia disponible permanece fragmentada entre indicadores, enfoques de modelación y factores explicativos. Este artículo sintetiza críticamente la literatura sobre el tema mediante tres ejes analíticos: métricas, modelos y determinantes. Se realizó una revisión sistemática cualitativa con síntesis temática y narrativa, basada en criterios explícitos de búsqueda, elegibilidad, selección, extracción y codificación de estudios. La búsqueda se desarrolló entre mayo de 2025 y febrero de 2026 en Scopus, Web of Science, Google Scholar, Redalyc, SciELO, Dialnet, Latindex y LILACS, complementada con rastreo de referencias. Se incluyeron 40 estudios en la síntesis final. Los resultados muestran predominio de publicaciones recientes y convergencia en métricas como costo, tiempo, puntualidad, capacidad, confiabilidad y nivel de servicio, con creciente incorporación de sostenibilidad y resiliencia. En los modelos destacan simulación, optimización, enfoques multicriterio, asignación de





redes y estrategias híbridas. Entre los determinantes más consistentes sobresalen gobernanza, coordinación interorganizacional, madurez digital, trazabilidad, planificación de capacidad, incertidumbre operativa y fragmentación institucional. Se concluye que el principal reto del campo ya no es la ausencia de estudios, sino la baja comparabilidad entre métricas, modelos y contextos. La revisión propone una base integradora útil para futuras investigaciones y para el diseño de marcos de evaluación en entornos multimodales emergentes.

**Palabras clave:** Corredores logísticos, logística multimodal, nodos logísticos, rendimiento logístico, revisión sistemática.

## Abstract

---

Measuring multimodal logistics performance in nodes and corridors has become a strategic issue for operations management and transport planning; however, the available evidence remains fragmented across indicators, modelling approaches, and explanatory factors. This article critically synthesizes the literature through three analytical axes: metrics, models, and determinants. A qualitative systematic review with thematic and narrative synthesis was conducted using explicit criteria for search, eligibility, selection, extraction, and coding. The search was carried out between May 2025 and February 2026 in Scopus, Web of Science, Google Scholar, Redalyc, SciELO, Dialnet, Latindex, and LILACS, complemented by backward reference tracking. Forty studies were included in the final synthesis. Findings show a predominance of recent publications and convergence around metrics such as cost, transit time, punctuality, capacity, reliability, and service level, with increasing incorporation of sustainability and resilience dimensions. The main model families include simulation, optimization, multicriteria approaches, network assignment, and hybrid strategies. The most recurrent determinants are governance,





interorganizational coordination, digital maturity, traceability, capacity planning, operational uncertainty, and institutional fragmentation. The review concludes that the main challenge in the field is no longer the lack of studies, but the weak comparability across metrics, models, and contexts. It provides an integrative analytical basis for future research and for the design of evaluation frameworks in emerging multimodal environments.

**Keywords:** Logistics corridors, multimodal logistics, logistics nodes, logistics performance, systematic review.

## Introducción

---

La medición del rendimiento logístico multimodal ha pasado de ser una preocupación operativa para convertirse en un problema estratégico de gestión, gobernanza y planificación del transporte. En nodos y corredores, el desempeño depende no solo del movimiento físico de la carga, sino también de la accesibilidad, la conectividad, la calidad del servicio, la asignación de capacidad, la coordinación entre actores y la respuesta ante interrupciones (Jiao et al., 2020; Al-Mousa et al., 2024; Schofer et al., 2022).

En la literatura más reciente, el rendimiento logístico aparece crecientemente asociado con digitalización, visibilidad de la cadena, trazabilidad, analítica avanzada y coordinación interorganizacional. Esta expansión temática ha enriquecido el campo, pero también ha multiplicado la heterogeneidad de indicadores y de marcos de interpretación. Estudios sobre logística 4.0, transformación digital y adopción tecnológica muestran que las capacidades informacionales y tecnológicas ya no son un complemento, sino un componente constitutivo del desempeño (Cichosz et al., 2020; Helo y Thai, 2024; Kern, 2021; Santhiyagu et al., 2025).





De forma paralela, la literatura sobre resiliencia, sostenibilidad y optimización ha ampliado el conjunto de dimensiones consideradas relevantes. A las métricas clásicas de costo, tiempo y capacidad se han sumado emisiones, consumo energético, recuperación ante disrupciones, redundancia y flexibilidad. Esta ampliación es coherente con la creciente complejidad de las redes intermodales, pero también dificulta la comparación entre estudios cuando los conceptos se definen con proxies distintos o cuando los modelos se alimentan con indicadores no homologables (Bešinović, 2020; Ren et al., 2020; Archetti et al., 2022).

Por ello, el principal vacío de conocimiento no radica en la escasez de publicaciones, sino en la dispersión con que se ha estudiado el rendimiento multimodal. La evidencia se encuentra fragmentada entre trabajos centrados en métricas, otros centrados en modelización y otros orientados a determinantes organizacionales, tecnológicos o territoriales. El resultado es un campo analíticamente dinámico, pero todavía insuficientemente consolidado para la comparación sistemática y la transferencia práctica de hallazgos.

Con base en esta problemática, la revisión se orientó a identificar qué métricas, qué modelos y qué determinantes aparecen con mayor recurrencia en la literatura sobre rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores. En consonancia con ello, el objetivo del artículo es sintetizar y organizar críticamente la evidencia disponible para ofrecer una lectura integradora del campo y una base analítica útil para futuras investigaciones y para el diseño de esquemas de evaluación más consistentes, comparables y pertinentes en contextos multimodales emergentes.





## **Materiales y Métodos**

Se realizó una revisión sistemática con síntesis temática y narrativa, estructurada con base en criterios de transparencia para la búsqueda, selección y síntesis de estudios (Page et al., 2021). Dado que el corpus estuvo integrado por estudios empíricos, revisiones, trabajos aplicados, modelos de simulación, propuestas de optimización y aportes conceptuales, no se consideró metodológicamente pertinente un metaanálisis; en su lugar, se optó por una síntesis cualitativa orientada a tres ejes analíticos: métricas, modelos y determinantes (Rethlefsen et al., 2021).

Metodológicamente, se asumió que una revisión sistemática exige una pregunta clara, criterios explícitos de inclusión y exclusión, procedimientos reproducibles de identificación y selección, y una síntesis crítica de la evidencia; ello coincide con los desarrollos de Sánchez-Meca (2010), Fortich Mesa (2013) y Linares-Espinós et al. (2018). Los componentes centrales del protocolo metodológico se sintetizan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Protocolo metodológico de la revisión*

<b>Componente</b>	<b>Decisión metodológica</b>
Diseño	Revisión sistemática cualitativa con síntesis temática y narrativa.
Pregunta de revision	¿Qué métricas, modelos y determinantes predominan en la medición del rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores?
Unidad de análisis	Estudios y documentos con aporte analítico explícito sobre desempeño logístico, intermodalidad, carga ferroviaria, digitalización, resiliencia, sostenibilidad o gobernanza.





Universo documental	Búsqueda principal en Scopus (n = 44) + búsqueda complementaria en otras fuentes académicas y rastreo de referencias (n = 20)
Idiomas	Español e inglés.
Criterios de inclusion	Pertinencia temática, trazabilidad bibliográfica, relación con al menos uno de los tres ejes analíticos y aporte sustantivo a la medición o explicación del rendimiento.
Criterios de exclusion	Contextos no logísticos o no transferibles, estudios sin relación directa con carga, nodos/corredores o desempeño, y trabajos divulgativos sin soporte analítico suficiente.
Síntesis	Codificación temática en tres ejes: métricas, modelos y determinantes; un estudio podía codificarse en más de un eje.

Se consultaron Scopus, Web of Science, Google Scholar, Redalyc, SciELO, Dialnet, Latindex y LILACS, además de repositorios institucionales y documentos de organismos reconocidos. La búsqueda se realizó entre mayo de 2025 y febrero de 2026 y combinó términos en español e inglés vinculados con multimodal logistics, intermodal freight, rail freight, logistics performance, logistics nodes, logistics corridors, simulation, optimization, resilience, sustainability, digitalization y governance.

La búsqueda se estructuró mediante una arquitectura conceptual de tres bloques: objeto de estudio, dimensión evaluativa y dimensiones explicativas, operacionalizada con combinaciones booleanas en español e inglés y ajustada según las posibilidades de indexación de cada fuente consultada. En consecuencia, las cadenas reportadas deben leerse como formulaciones operativas representativas de la lógica de búsqueda, no como expresiones rígidas idénticas para todas las bases, dado que la sintaxis y cobertura varían entre plataformas como se muestra en la Tabla 2.



**Tabla 2**

*Arquitectura conceptual de búsqueda y bloques operativos de recuperación documental*

Bloque	Términos guía	Cadena de búsqueda orientativa
Objeto de estudio	multimodal logistics; intermodal freight; rail freight; logistics nodes; logistics corridors	("multimodal logistics" OR "intermodal freight" OR "rail freight" OR "logistics nodes" OR "logistics corridors")
Dimensión evaluative	performance; measurement; indicators; evaluation	(performance OR measurement OR indicators OR evaluation OR "service quality")
Dimensiones explicativas	simulation; optimization; resilience; sustainability; digitalization; governance	(simulation OR optimization OR resilience OR sustainability OR digitalization OR governance OR tracing OR interoperability)

La combinación operativa que guio la depuración fue: (objeto de estudio) AND (dimensión evaluativa) AND (dimensiones explicativas), con equivalentes en español para logística multimodal, transporte intermodal, carga ferroviaria, rendimiento, métricas, evaluación, simulación, optimización, resiliencia, sostenibilidad, digitalización y gobernanza.

Se incluyeron estudios arbitrados, revisiones, análisis bibliométricos, trabajos aplicados, investigaciones basadas en simulación, optimización, multicriterio o modelos estadísticos, y documentos con aporte analítico suficiente para discutir rendimiento multimodal. Se excluyeron registros claramente ajenos al problema de revisión, trabajos centrados en contextos no logísticos o no transferibles, y estudios sobre pasajeros sin relevancia demostrable para carga, nodos o corredores.





El proceso de selección se desarrolló en tres etapas: identificación de registros, cribado por título, resumen y metadatos, y evaluación final del texto completo para la síntesis. La extracción de información se efectuó mediante una matriz con los siguientes campos: autor/año, contexto, foco sustantivo, tipo de contribución, métricas identificadas, modelo predominante y determinantes reportados.

Con el fin de asegurar consistencia analítica entre fuentes de distinta naturaleza metodológica, la decisión de inclusión no dependió exclusivamente del diseño del estudio, sino de su pertinencia sustantiva para responder la pregunta de revisión. En consecuencia, se priorizaron documentos con aporte explícito a por lo menos uno de los tres ejes analíticos definidos (métricas, modelos o determinantes) y con trazabilidad bibliográfica suficiente para su evaluación. Este criterio permitió integrar estudios estrictamente centrados en nodos y corredores multimodales, así como trabajos transferibles sobre intermodalidad, ferrocarril de carga, desempeño logístico, digitalización, resiliencia y gobernanza, siempre que su contribución fuera directamente aplicable al problema analizado.

La valoración de calidad se operacionalizó mediante cuatro criterios aplicados de forma consistente a los documentos preseleccionados: pertinencia temática, explicitud metodológica, trazabilidad bibliográfica y contribución analítica. Cada criterio fue valorado en términos de presencia suficiente para la síntesis cualitativa. Se excluyeron documentos con debilidad simultánea en trazabilidad bibliográfica y contribución analítica, y se retuvieron aquellos que, aun sin alto desarrollo metodológico, ofrecían insumos sustantivos verificables para alguno de los tres ejes de análisis, expuesto en la Tabla 3. Tras la normalización de metadatos y la revisión manual de títulos, autores y año de publicación, no se identificaron duplicados exactos entre los registros retenidos para el cribado.





Puesto que la literatura estrictamente centrada en nodos y corredores multimodales todavía es limitada y heterogénea, se admitieron estudios transferibles sobre intermodalidad, ferrocarril de carga, desempeño logístico, digitalización, resiliencia y gobernanza, siempre que aportaran métricas, modelos o determinantes aplicables al problema de revisión. Esta decisión amplió la cobertura analítica sin apartarse del foco central del estudio. La inclusión de estudios no circunscritos estrictamente a nodos y corredores multimodales se limitó a aquellos que aportaban métricas, modelos o determinantes directamente transferibles al análisis del rendimiento en entornos intermodales de carga. No se consideraron estudios generales de logística o supply chain cuando su contribución no fuera analíticamente aplicable al objeto de la revisión.

**Tabla 3**

*Trazabilidad del proceso de selección del corpus*

<b>Etapa</b>	<b>N</b>
Registros identificados en export de Scopus	44
Registros identificados en bibliografía complementaria	20
Total de registros potencialmente elegibles	64
Duplicados eliminados tras normalización de metadatos	0
Registros cribados por título/resumen/metadatos	64
Registros excluidos por falta de pertinencia temática o transferibilidad analítica	24
Estudios incluidos en la síntesis cualitativa	40

La trazabilidad del corpus se reporta mediante conteos consolidados por etapa, distinguiendo la búsqueda principal, la búsqueda complementaria, el cribado y la inclusión final en la síntesis cualitativa.

La información extraída se organizó en una matriz analítica con campos relativos a autoría, año, contexto, foco sustantivo, tipo de aporte, métricas





identificadas, familia de modelos y determinantes reportados. La codificación fue temática y no excluyente, de modo que un mismo estudio podía contribuir a más de un eje analítico.

En una segunda fase, los documentos se jerarquizaron según su proximidad al objeto de revisión. Los estudios de núcleo directo fueron utilizados para caracterizar de forma prioritaria las tendencias del campo, mientras que los estudios transferibles se emplearon para complementar la identificación de métricas, modelos y determinantes cuando su aplicabilidad al rendimiento logístico multimodal era conceptualmente explícita. Esta estrategia permitió equilibrar foco temático y cobertura analítica.

## **Desarrollo**

---

El corpus final incluyó 40 estudios. La distribución temporal muestra una concentración marcada en la literatura reciente: 34 estudios (85.0%) fueron publicados entre 2020 y 2025, lo que confirma la rápida expansión del campo durante los últimos años. En cuanto a la procedencia del corpus, 23 estudios provinieron de la búsqueda principal en Scopus y 17 de la búsqueda complementaria. En la matriz de codificación temática, los determinantes aparecieron en 29 estudios, los modelos en 16 y las métricas en 15; como un mismo estudio podía aportar a más de un eje, estas frecuencias no son excluyentes, como se muestra en la Tabla 4.

Este patrón es relevante porque sugiere que la literatura reciente explica el rendimiento cada vez más desde arreglos sociotécnicos e institucionales, y no únicamente desde resultados operativos aislados.





**Tabla 4**

*Perfil descriptivo del corpus incluido*

criterio	Categoría	Frecuencia
<b>Periodo de publicación</b>	≤2019	6
<b>Periodo de publicación</b>	2020–2022	12
<b>Periodo de publicación</b>	2023–2025	22
<b>Procedencia del corpus</b>	Scopus	23
<b>Procedencia del corpus</b>	Búsqueda complementaria y rastreo de referencias	17
<b>Codificación temática*</b>	Estudios con métricas	15
<b>Codificación temática*</b>	Estudios con modelos	16
<b>Codificación temática*</b>	Estudios con determinantes	29
<b>Cluster dominante temático</b>	Digitalización/tecnología	6
<b>Cluster dominante temático</b>	Ferrocarril/intermodalidad	6
<b>Cluster dominante temático</b>	Modelización/evaluación	3
<b>Cluster dominante temático</b>	Sostenibilidad/resiliencia	3

*Nota.* \*Las frecuencias de codificación temática no son mutuamente excluyentes, porque un mismo estudio podía contribuir simultáneamente a métricas, modelos y determinantes. En la sección de clúster temático dominante solo se muestran las categorías con mayor frecuencia; por ello, sus valores no equivalen al total del corpus.

En conjunto, la composición del corpus muestra que la discusión sobre rendimiento logístico multimodal se ha expandido rápidamente en años recientes, aunque todavía con fuerte dispersión de objetos, escalas y marcos de medición. Esta heterogeneidad justificó una lectura integradora basada en familias analíticas, más que una comparación estrictamente uniforme entre diseños.

La primera convergencia del corpus aparece en las métricas empleadas para evaluar el desempeño. Predominan los indicadores de eficiencia y calidad del servicio: costo logístico, tiempo de tránsito, puntualidad, capacidad, utilización de infraestructura, confiabilidad y nivel de servicio. En los estudios ferroviarios e intermodales, estas métricas constituyen el núcleo duro de la comparación entre





escenarios de operación, cambio modal, utilización de red y asignación de capacidad (Al-Mousa et al., 2024; Comi y Hriekova, 2024; Uddin et al., 2023).

Sin embargo, la revisión muestra que el campo ya no se limita a ese núcleo clásico. La literatura más reciente incorpora de forma consistente emisiones, consumo energético, sostenibilidad vial, trazabilidad y resiliencia. La transición hacia estas métricas ampliadas es visible tanto en trabajos conceptuales como en estudios aplicados de monitoreo y evaluación, y responde a la necesidad de capturar efectos sistémicos que exceden el costo y el tiempo (Efimova et al., 2023; Wang et al., 2022; Schofer et al., 2022; Ren et al., 2020).

La principal tensión de este eje es que la convergencia temática no equivale a homogeneidad operacional. Términos como resiliencia, nivel de servicio o desempeño sostenible suelen medirse con proxies distintos y con unidades de análisis poco comparables. Esto dificulta la acumulación de evidencia y explica por qué dos estudios técnicamente sólidos pueden llegar a resultados difíciles de transferir entre contextos.

La segunda regularidad corresponde a las familias de modelos utilizadas para representar y analizar el rendimiento. La simulación es el enfoque dominante, especialmente cuando los estudios enfrentan sistemas con múltiples restricciones, eventos estocásticos, congestión, colaboración horizontal o incertidumbre operacional. La revisión de la simulación discreta en logística y el auge de enfoques híbridos muestran que el modelado se ha vuelto más sofisticado y cercano a la experimentación de escenarios (Bottani y Casella, 2024; Durán-Micco et al., 2025; Skapinyecz, 2025).





Junto a la simulación, sobresalen la optimización, la asignación de redes, el análisis multicriterio y los modelos híbridos que combinan aprendizaje automático, ANN-PLS o blockchain con decisiones logísticas. Este repertorio metodológico confirma que el campo ya no trabaja con una única tradición analítica: la selección del modelo depende del tipo de decisión, del horizonte temporal, del nivel de incertidumbre y de la disponibilidad de datos.

No obstante, la revisión también evidencia una brecha: la innovación metodológica avanza más rápido que la normalización de las variables que alimentan los modelos. Dicho de otro modo, los modelos son cada vez más potentes, pero su utilidad comparativa disminuye cuando las métricas de entrada y los criterios de evaluación cambian sustancialmente entre estudios.

El tercer eje reúne los factores que condicionan el rendimiento observado o esperado. La revisión permitió agruparlos en tres familias. La primera es organizacional-institucional e incluye gobernanza, coordinación interorganizacional, articulación territorial, capacidad de planificación y fragmentación institucional. Estos elementos son particularmente visibles en literatura sobre puertos, coordinación metropolitana y sistemas de carga en contextos latinoamericanos (Duque et al., 2021; Wilmsmeier et al., 2024).

La segunda familia es tecnológica. Aquí destacan transformación digital, logística 4.0, adopción de sistemas automáticos, integración de datos, visibilidad y tracking & tracing. La evidencia coincide en que la tecnología no mejora el desempeño por sí sola: su efecto depende de la integración con procesos, de la calidad de la información y de la capacidad de la organización para absorberla y convertirla en decisiones operativas (Cichosz et al., 2020; Hao et al., 2020; Helo y Thai, 2024).



La tercera familia es socio-operativa. Comprende incertidumbre de red, restricciones físicas, interacción entre modos, riesgos de seguridad, ventanas de tiempo, perturbaciones y resiliencia. Este grupo es crucial porque muestra que el rendimiento multimodal no puede reducirse ni a activos físicos ni a digitalización; también depende de la complejidad del entorno y de la forma en que el sistema la amortigua o la convierte en vulnerabilidad (Thorisson et al., 2019; Urcioli et al., 2020; Schofer et al., 2022), expresado en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Síntesis integradora de métricas, modelos y determinantes*

<b>Eje</b>	<b>Componentes recurrentes</b>	<b>Fuentes ilustrativas</b>	<b>Implicación analítica</b>
Métricas	Costo, tiempo de tránsito, puntualidad, capacidad, utilización, confiabilidad, nivel de servicio, emisiones, consumo energético, continuidad y resiliencia.	Al-Mousa et al. (2024); Efimova et al. (2023); Wang et al. (2022); Schofer et al. (2022).	La evaluación robusta exige combinar eficiencia operativa, servicio, sostenibilidad y capacidad de recuperación.
Modelos	Simulación discreta, optimización, análisis multicriterio, asignación de redes, analítica prescriptiva y modelos híbridos con IA/ANN-PLS/blockchain.	Bottani & Casella (2024); Durán-Micco et al. (2025); Uddin et al. (2023); Aburayya (2024); Skapinyecz (2025).	La elección del modelo debe responder al tipo de decisión, al nivel de incertidumbre y a la disponibilidad de datos comparables.
Determinantes	Gobernanza, coordinación, madurez digital, trazabilidad, planificación de capacidad, incertidumbre operativa, fragmentación institucional y riesgos de red.	Cichosz et al. (2020); Wilmsmeier et al. (2024); Duque et al. (2021); Santamaría Barraza (2024).	El rendimiento es un resultado socio-técnico: depende de arreglos institucionales y capacidades de integración, no solo de infraestructura.

A partir de la síntesis temática, se propone que una evaluación rigurosa del rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores incorpore, como mínimo, seis dimensiones articuladas: eficiencia operativa, calidad del servicio, sostenibilidad, resiliencia, gobernanza/coordinación y madurez digital. La Tabla 6 organiza estas dimensiones y ofrece ejemplos de indicadores aplicables a estudios futuros y a diseños empíricos en contextos emergentes.

**Tabla 6**

*Dimensiones mínimas para un marco de evaluación del rendimiento multimodal*

<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores orientativos</b>	<b>Sentido de la dimensión</b>	<b>Advertencia metodológica</b>
Eficiencia operativa	Costo por unidad; tiempo de tránsito; dwell time; utilización de capacidad.	Captura productividad y uso de recursos.	No debe usarse aisladamente como sinónimo de desempeño total.
Calidad del servicio	Puntualidad; confiabilidad; nivel de servicio; visibilidad de embarques.	Refleja valor para usuarios y continuidad operacional.	Requiere definiciones homogéneas para ser comparable.
Sostenibilidad	Emisiones; consumo energético; cambio modal; externalidades territoriales.	Introduce efectos ambientales y sistémicos.	La elección de proxies puede variar mucho entre estudios.
Resiliencia	Tiempo de recuperación; continuidad de servicio; redundancia; capacidad adaptativa.	Mide respuesta frente a perturbaciones.	Conviene distinguir resiliencia ex ante, durante y ex post.
Gobernanza y coordinación	Acuerdos de interoperabilidad; mecanismos de coordinación; alineación institucional.	Explica por qué la infraestructura sí o no se traduce en desempeño.	Suele submedirse pese a su alta relevancia explicativa.

Madurez digital	Tracking & tracing; integración de datos; automatización; analítica avanzada.	Habilita visibilidad, control y decisiones adaptativas.	Su efecto depende de procesos, capacidades y calidad de datos.
-----------------	---	---	--

En la Tabla 7 se resumen los 40 estudios incluidos en la síntesis cualitativa. La columna “Eje(s)” usa las abreviaturas M = métricas, Mo = modelos y D = determinantes.

**Tabla 7**

*Caracterización sintética de los estudios incluidos*

Estudio	Año	Contexto	Aporte central	Eje(s)
Ali, A. A.	2025	Humanitarian supply chains	IA como moderador de resiliencia y desempeño	D, Mo
Choi et al.	2025	Supply chain sustainability analytics	Marco PASO de analítica prescriptiva para operaciones sostenibles	M, Mo, D
Durán-Micco et al.	2025	Collaborative logistics	Simulación del impacto de la colaboración horizontal	Mo, D
Garg et al.	2025	Green logistics	Gestión verde y desempeño logístico sostenible	M, D
Kuaites et al.	2025	Cold chain logistics	Modelo estructural de estandarización y transformación digital	D, Mo
Kuranovič et al.	2025	Freight system development	Mejora del sistema nacional de transporte de carga	M, D
Santhiyagu et al.	2025	Post-COVID logistics	Implicaciones de la digitalización logística tras COVID-19	D
Singh, R. K.	2025	Humanitarian supply chains	Tecnología, colaboración y agilidad para resultados sostenibles	D
Skapinyecz, R.	2025	Logistics systems optimization	DES y aprendizaje profundo en optimización logística	Mo
Aburayya, A. M.	2024	Logistics value chain	Modelo híbrido ANN-PLS para desempeño organizacional	Mo, D

<b>Al-Mousa et al.</b>	2024	Rail freight in mixed traffic	Capacidad ferroviaria y calidad de servicio de trenes de carga	M
<b>Bottani &amp; Casella</b>	2024	Logistics/SCM review	Panorama cientométrico de la simulación de eventos discretos	Mo
<b>Comi &amp; Hriekova</b>	2024	Urban freight / rail shift	Escenarios de cambio modal ferroviario en carga urbana	M, Mo
<b>Durán et al.</b>	2024	Seaports	Blockchain y aprendizaje automático confiable en puertos	Mo, D
<b>Helo &amp; Thai</b>	2024	Logistics 4.0	Trazabilidad inteligente y dispositivos conectados	D
<b>Mardešić et al.</b>	2024	Urban logistics routing	Revisión del ruteo dinámico estocástico	Mo
<b>Rangan et al.</b>	2023	Digital supply chain	Discusión y clasificación de métricas de desempeño	M
<b>Santamaría Barraza, A.</b>	2024	Panamanian logistics firms	Planificación estratégica de capacidad operativa	D
<b>Wilmsmeier et al.</b>	2024	Ports in Colombia	Gobernanza portuaria y fragmentación institucional	D
<b>Efimova et al.</b>	2023	Transit monitoring	Monitoreo automatizado y reducción de emisiones en tránsito	M, D
<b>Montoya-Torres et al.</b>	2023	COVID-19 logistics literature	Mapeo bibliométrico del campo logístico durante la pandemia	Mo
<b>Uddin et al.</b>	2023	Intermodal freight network	Asignación de tráfico en red intermodal bajo incertidumbre	Mo, M
<b>Paes et al.</b>	2022	Sustainable logistics	Dimensiones humanas, tecnológicas y organizacionales	D
<b>Schofer et al.</b>	2022	U.S. rail intermodal freight	Resiliencia del sistema ferroviario intermodal	M, D
<b>Wang et al.</b>	2022	Road transport sustainability	MCDM con ponderación entrópica para sostenibilidad vial	M, Mo
<b>Duque et al.</b>	2021	Metropolitan coordination	Fragmentación institucional y coordinación metropolitana	D

<b>Kern, J.</b>	2021	Digital transformation	Síntesis conceptual de la transformación digital de la logística	D
<b>Meyer et al.</b>	2021	Port ecosystems	Capacidades transfronterizas y ecosistemas portuarios	D
<b>Campos et al.</b>	2020	Distribution center	Decisiones operativas y sostenibilidad en centro de distribución	M, D
<b>Cichosz et al.</b>	2020	Logistics service providers	Barreras y factores de éxito de la transformación digital	D
<b>Hao et al.</b>	2020	Warehouse systems	Adopción tecnológica de almacenaje automático con TOE	D
<b>Jiao et al.</b>	2020	Rail accessibility/connectivity	Accesibilidad, conectividad e interdependencia espacial	M, D
<b>Ren et al.</b>	2020	Green and sustainable logistics review	Taxonomía y tendencias de logística verde y sostenible	M, D
<b>Urciuoli, L.</b>	2020	Road freight security	Magnitud del robo de combustible y efectos operativos	D, M
<b>Chandak et al.</b>	2019	Automobile supply chain	Procesos de e-business y desempeño de la cadena	D
<b>Grest et al.</b>	2019	Humanitarian logistics	Physical Internet para mejorar cadenas humanitarias	Mo, D
<b>Thorisson et al.</b>	2019	Intermodal logistics systems	Análisis de incertidumbres en sistemas logísticos intermodales	Mo, D
<b>Martínez-Vivar et al.</b>	2018	Transport process evaluation	Sistema de evaluación logística del proceso de transporte	M
<b>Tse et al.</b>	2009	Complex logistics problems	Sistemas multiagente para problemas logísticos complejos	Mo
<b>Brah &amp; Lim</b>	2006	Logistics companies	Tecnología, TQM y desempeño de empresas logísticas	D



## Conclusión

---

La principal contribución de la revisión consiste en mostrar que la heterogeneidad del campo no es accidental, sino estructural. La medición del rendimiento logístico multimodal opera en la intersección entre eficiencia, servicio, digitalización, gobernanza y resiliencia. Por ello, el desacuerdo entre estudios no se explica solo por diferencias técnicas, sino por concepciones distintas de qué debe entenderse por desempeño en sistemas intermodales.

Un segundo hallazgo es el desfase entre sofisticación metodológica y estandarización métrica. La literatura ha desarrollado modelos de simulación, optimización y analítica híbrida cada vez más potentes; sin embargo, la comparabilidad sigue siendo limitada porque las variables de entrada, los criterios de validación y los indicadores de salida no están suficientemente homologados. Esta brecha afecta tanto la acumulación de conocimiento como la posibilidad de transferir resultados a contextos reales de planificación y gestión.

Un tercer hallazgo es que el rendimiento desborda claramente la infraestructura física. La gobernanza portuaria, la coordinación metropolitana, la capacidad organizacional, la trazabilidad, la integración de datos y la madurez logística 4.0 emergen como factores decisivos. En otras palabras, nodos y corredores no mejoran solo porque incorporen nueva infraestructura o equipamiento; mejoran cuando existe una articulación institucional y tecnológica capaz de convertir esos activos en capacidades operativas sostenidas.

Desde una perspectiva aplicada, esta conclusión es especialmente relevante para territorios con multimodalidad emergente o con proyectos ferroviarios en consolidación. En esos contextos, evaluar únicamente costo y tiempo produce





diagnósticos incompletos. La revisión sugiere que un esquema útil de evaluación debe integrar, al menos, calidad del servicio, continuidad operativa, gobernanza, madurez digital y resiliencia. Ello es particularmente pertinente para nodos intermedios y corredores que aún se encuentran en fases tempranas de estructuración funcional.

Desde el punto de vista metodológico, la revisión sugiere que el reto principal del campo ya no es producir más estudios aislados, sino construir esquemas comparables de medición que articulen indicadores operativos, capacidades tecnológicas, arreglos de gobernanza y condiciones de resiliencia. En ese sentido, el valor de la presente síntesis no radica únicamente en inventariar variables recurrentes, sino en reorganizar la evidencia dispersa bajo una arquitectura analítica capaz de orientar futuras validaciones empíricas en nodos y corredores de multimodalidad emergente.

En conclusión, el valor de esta revisión no reside únicamente en compilar estudios recientes, sino en proponer una lectura integradora de un campo todavía disperso. Al articular métricas, modelos y determinantes en un mismo marco interpretativo, el artículo ofrece una contribución útil para fortalecer la comparabilidad entre estudios y para orientar el diseño de evaluaciones del rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores de contextos emergentes.

La revisión permitió identificar tres dimensiones que estructuran de forma recurrente la medición del rendimiento logístico multimodal en nodos y corredores: métricas, modelos y determinantes. En la primera sobresalen costo, tiempo, puntualidad, capacidad, confiabilidad y nivel de servicio, con una incorporación creciente de sostenibilidad y resiliencia. En la segunda predomina la simulación, acompañada por enfoques multicriterio, análisis estadístico y estrategias híbridas.





En la tercera se consolidan factores organizacionales, tecnológicos y socio-operativos como condicionantes centrales del desempeño.

El hallazgo principal es que el rendimiento multimodal no constituye un atributo unidimensional. Su evaluación exige marcos capaces de integrar eficiencia, servicio, sostenibilidad, adaptabilidad y coordinación institucional. Por ello, la mayor sofisticación metodológica observada en la literatura no resolverá por sí sola los problemas de comparabilidad mientras persista una baja estandarización de las métricas y de sus definiciones operativas.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra la heterogeneidad del corpus en términos de diseño, escala y unidad analítica, lo que orientó la revisión hacia una síntesis temática y narrativa antes que hacía comparaciones cuantitativas homogéneas. Asimismo, la inclusión de literatura transferible, aunque analíticamente pertinente, reduce el grado de especificidad exclusiva del corpus respecto de nodos y corredores multimodales en sentido estricto. Estas condiciones no invalidan los hallazgos, pero sí aconsejan interpretar sus alcances como una base integradora para comparación y diseño analítico, más que como un estándar cerrado del campo.

Para gestores públicos, operadores logísticos y planificadores de corredores, la revisión indica que los marcos de evaluación no deberían limitarse a costo y tiempo. La selección de indicadores debe incorporar confiabilidad, continuidad operativa, coordinación interorganizacional y capacidades tecnológicas, especialmente en proyectos ferroviarios o multimodales en fase temprana de diseño, donde aún no existen series operativas consolidadas.





En términos aplicados, ello implica que los futuros sistemas de evaluación del rendimiento logístico multimodal deberían diseñarse como marcos multidimensionales y no como baterías aisladas de indicadores de costo o tiempo. Para contextos emergentes, esta revisión ofrece una base conceptual y analítica útil para orientar instrumentos empíricos, modelos de simulación, diseños multicriterio y estrategias de planificación territorial con mayor comparabilidad entre estudios.

## Referencias Bibliográficas

---

- Aburayya, A. M. (2024). Analysing the Influence of Augmented Reality on Organization Performance via Supply and Logistics Value Chain Functions: A Hybrid ANN-PLS Model Assessment in the Gulf Cooperation Council Region. *Logistics*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/logistics8040110>
- Al-Mousa, M., Sipilä, H., y Fröidh, O. (2024). Railway capacity utilization and service quality of freight trains with increased top speed in mixed traffic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 28, 101242. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101242>
- Ali, A. A. (2025). Enhancing Humanitarian Supply Chain Resilience Through AI: The Moderating Role of Artificial Intelligence in Achieving Sustainable Development Goals (SDGs) in Jordan. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 20(5), 2225 - 2234. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.200537>
- Archetti, C., Peirano, L., y Speranza, M. G. (2022). Optimization in multimodal freight transportation problems: A survey. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.031>





- Bešinović, N. (2020). Resilience in railway transport systems: A literature review and research agenda. *Transport Reviews*, 40(4), 457–478.  
<https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1728419>
- Bottani, E., y Casella, G. (2024). Discrete-event simulation in logistics and supply chain management: a scientometric perspective. *Production & Manufacturing Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2415038>
- Brah, S. A., y Lim, H. (2006). The effects of technology and TQM on the performance of logistics companies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 36(3), 192 - 209.  
<https://doi.org/10.1108/09600030610661796>
- Campos, J. T. G., Vivas, R. D. C., Ferreira, A. M. S., y Mendonça Freires, F. G. (2020). Operational decisions and sustainability: A brazilian case of a drugs distribution center. *Sustainability*, 12(21), 1 - 17.  
<https://doi.org/10.3390/su12218916>
- Chandak, S., y Kumar, N. K. (2019). E-Business processes and its influence on supply chain performance: in the context of indian automobile industries. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 862 - 867.  
<https://doi.org/10.35940/ijrte.B1905.078219>
- Choi, T. M., y Sun, X. (2025). Prescriptive analytics for sustainable supply chain operations: The PASO framework for Industry 5.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 201.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104206>
- Cichosz, M., Wallenburg, C. M., y Knemeyer, A. M. (2020). Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. *The International Journal of Logistics Management*, 31(2), 209–238.  
<https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2019-0229>





- Comi, A., y Hriekova, O. (2024). A focus on railway shift in urban freight transport: Scenarios and applications. *Future Transportation*, 4(3), 681–696. <https://doi.org/10.3390/futuretransp4030032>
- Duque, J. C., Lozano-Gracia, N., Patino, J. E., y Cadavid, P. R. (2021). Institutional fragmentation and metropolitan coordination in Latin American cities: Are there links with city productivity?. *Regional Science Policy & Practice*, 13(4), 1096–1129. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12314>
- Durán, C. A., Fernández-Campusano, C., Carrasco, R., y Carrillo, E. (2024). DMLBC: Dependable machine learning for seaports using blockchain technology. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36(1). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.101918>
- Durán-Micco, J., Alaei, S., y Macharis, C. (2025). Evaluating the impact of horizontal collaboration in logistics systems: a simulation-based study. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 13(1). <https://doi.org/10.1080/21680566.2025.2475204>
- Efimova, A., y Saini, M. (2023). Assessing carbon emissions reduction by incorporating automated monitoring system during transit: a case study. *Acta Logistica*, 10(1), 79 - 88. <https://doi.org/10.22306/al.v10i1.357>
- Fortich Mesa, N. (2013). ¿Revisión sistemática o revisión narrativa? *Ciencia y Salud Virtual*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.22519/21455333.372>
- Garg, A., y Vemaraju, S. (2025). Green logistics management effect on sustainable logistics performance. *Journal of Environmental and Earth Sciences*, 7(2), 175 - 186. <https://doi.org/10.30564/jees.v7i2.7685>
- Grest, M., Lauras, M., y Montreuil, B. (2019, September). Toward humanitarian supply chains enhancement by using physical internet principles. In *2019*





*International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM, 1(6). IEEE.*  
<https://doi.org/10.1109/IESM45758.2019.8948187>

Hao, J., Shi, H., Shi, V., y Yang, C. (2020). Adoption of automatic warehousing systems in logistics firms: A technology-organization-environment framework. *Sustainability*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/su12125185>

Helo, P., y Thai, V. V. (2024). Logistics 4.0 – digital transformation with smart connected tracking and tracing devices. *International Journal of Production Economics*, 275, 109336. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109336>

Jiao, J., Wang, J., Zhang, F., Jin, F., y Liu, W. (2020). Roles of accessibility, connectivity and spatial interdependence in realizing the economic impact of high-speed rail: Evidence from China. *Transport Policy*, 91, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.001>

Kern, J. (2021). The digital transformation of logistics. In *The Digital Transformation of Logistics*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119646495.ch25>

Kuaites, T., y Thungwha, S. (2025). Enabling Smart Cold Chain Logistics Through Standardization and Digital Transformation: A Structural Model for Reducing Food Loss in Thailand's Agri-Food Sector. *Sustainability*, 17(13). <https://doi.org/10.3390/su17136085>

Kuranovič, V., Ustinovichius, L., Nowak, M., Bazaras, D., y Sokolovskij, E. (2025). Improving the Freight Transportation System in the Context of the Country's Economic Development. *Sustainability*, 17(14), 6327. <https://doi.org/10.3390/su17146327>

Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., Padilla-Fernández, B., y Ribal, M. J. (2018).





- Methodology of a systematic review. *Actas Urológicas Españolas* (English Edition), 42(8), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.01.010>
- Mardešić, N., Erdelić, T., Carić, T., y Đurasević, M. (2024). Review of Stochastic Dynamic Vehicle Routing in the Evolving Urban Logistics Environment. *Mathematics*, 12(1), 28. <https://doi.org/10.3390/math12010028>
- Martínez-Vivar, R., Sánchez-Rodríguez, A., Pérez-Campdesuñer, R., y García-Vidal, G. (2018). Contribution to the logistic evaluation system in the transportation process in Santo Domingo, Ecuador. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(1), 72 - 86. <https://doi.org/10.3926/jiem.2422>
- Meyer, C., Gerlitz, L., y Henesey, L. E. (2021). Cross-Border Capacity-Building for Port Ecosystems in Small and Medium-Sized Baltic Ports. *TalTech Journal of European Studies*, 11(1), 113 - 132. <https://doi.org/10.2478/bjes-2021-0008>
- Montoya-Torres, J. R., Muñoz-Villamizar, A. F., y Mejía Argueta, C. (2023). Mapping research in logistics and supply chain management during COVID-19 pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(4), 421 - 441. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1958768>
- Paes, J. M., Scavarda, L. F., Ceryno, P. S., y Machado, E. A. (2022). Human technology organizational dimensions for sustainable logistics: a context mechanism outcome model. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 19(2). <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2022.002>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020*





*statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>*

Rangan, R. P., Kumanan, R., Prasad, K. R., y Nishal, M. (2023). Performance metrics in digital supply chain paradigm. In *Industry 4.0 Technologies: Sustainable Manufacturing Supply Chains: Volume 1—Theory, Challenges, and Opportunity* (pp. 159-173). Singapore: Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-4819-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-99-4819-2_11)

Ren, R., Hu, W., Dong, J., Sun, B., Chen, Y., y Chen, Z. (2020). A systematic literature review of green and sustainable logistics: Bibliometric analysis, research trend and knowledge taxonomy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010261>

Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., Koffel, J. B., Blunt, H., Brigham, T., Chang, S., Clark, J., Conway, A., Couban, R., de Kock, S., Farrah, K., Fehrmann, P., Foster, M., Fowler, S. A., Glanville, J., ... PRISMA-S Group. (2021). *PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. Systematic Reviews*, 10(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z>

Sánchez-Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula Abierta*, 38(2), 53–64. [https://www.researchgate.net/publication/47734432\\_Como\\_realizar\\_una\\_revision\\_sistemica\\_y\\_un\\_meta-analisis](https://www.researchgate.net/publication/47734432_Como_realizar_una_revision_sistemica_y_un_meta-analisis)

Santamaría Barraza, A. (2024). La influencia del uso de la planificación estratégica de la capacidad operativa en la administración de operaciones de las empresas logísticas en Panamá. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 12(3), 50–69. <https://doi.org/10.37387/ipc.v12i3.393>





- Santhiyagu, A. C., Vengadesh, S., y Chinna, P. R. (2025). The implications of digitalization in logistics after COVID-19. *International Research Journal of Multidisciplinary Scope*, 6(1), 509–527. <https://doi.org/10.47857/irjms.2025.v06i01.02336>
- Schofer, J. L., Mahmassani, H. S., y Ng, M. T. M. (2022). Resilience of U.S. Rail Intermodal Freight during the Covid-19 Pandemic. *Research in Transportation Business & Management*, 43, 100791. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100791>
- Singh, R. K. (2025). Leveraging technology in humanitarian supply chains: impacts on collaboration, agility and sustainable outcomes. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 15(2), 61 - 73. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-05-2024-0063>
- Skapinyecz, R. (2025). Recent Trends in the Optimization of Logistics Systems Through Discrete-Event Simulation and Deep Learning. *Algorithms*, 18(9), 573. <https://doi.org/10.3390/a18090573>
- Thorisson, H., Hendrickson, D. C., Polmateer, T. L., y Lambert, J. H. (2019). Disaggregating Uncertainties in Operations Analysis of Intermodal Logistics Systems. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.1115/1.4040918>
- Tse, Y. K., Chan, T., y Lie, R. H. (2009). Solving complex logistics problems with a multi-artificial intelligence system. *International Journal of Engineering Business Management*, 1(1), 37 - 48. <https://doi.org/10.5772/6781>
- Uddin, M., Huynh, N. N., & Ahmed, F. (2023). Assignment of Freight Traffic in a Large-scale Intermodal Network under Uncertainty. *Highlights of Sustainability*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.54175/hsustain3010001>





- Urciuoli, L. (2020). Fuel theft in road freight transport: understanding magnitude and impacts of anti-theft devices. *Journal of Transportation Security*, 13(1-2), 1 - 18. <https://doi.org/10.1007/s12198-020-00207-1>
- Wang, C., Le, T., Chang, K., & Dang, T. T. (2022). *Measuring Road Transport Sustainability Using MCDM-Based Entropy Objective Weighting Method. Symmetry*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/sym14051033>
- Wilmsmeier, G., Pallis, A. A., Schorch, S. L., y Trujillo, D. L. (2024). Port governance and the implications of institutional fragmentation: Lessons from Colombia. *Research in Transportation Business & Management*, 56, 101179. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101179>

