



## Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática

### Distribution Networks with Transshipment as an Element of Business Resilience: A Systematic Review

### Redes de distribuição com transbordo como um elemento de resiliência empresarial. Uma revisão sistemática

Juan-Carlos Muyulema-Allaica<sup>1</sup>

Jean-Carlos Rodríguez-Balón<sup>2</sup>

**Recibido:** febrero de 2022

**Aceptado:** abril de 2023

**Para citar este artículo:** Muyulema-Allaica, J. C. y Rodríguez-Balón, J. C. (2023). Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática. *Revista Científica*, 47(2), 39-54. <https://doi.org/10.14483/23448350.20430>

#### Resumen

Las redes de distribución con transbordo son consideradas como un factor importante para el traslado de productos e insumos, promoviendo y mejorando la reducción de costos de transporte en relación con los problemas de distribución. Este trabajo se centra en dar respuesta a la siguiente interrogante desde una revisión sistemática de la literatura (RSL): ¿Cómo inciden las redes de distribución con transbordo en la reducción de costos de transporte en las empresas resilientes? Se realizó una revisión y estimación de las investigaciones preliminares en un periodo de cinco años, operando los motores de búsqueda de ScienceDirect, Redalyc, Dialnet, Scielo y SpringerLink. Los estudios se seleccionaron con base en un conjunto de criterios de inclusión y exclusión. Se resaltó que las redes de distribución con transbordo tienen una relación directa con las empresas y se enfocan en el bienestar de las mismas. Por otro lado, se observó la importancia y las bases teóricas de las redes de distribución. La RSL recolectó datos claros y precisos para el estudio, lo que aportó a conocer la relación directa entre las redes de distribución y las empresas. Se estableció la importancia de la logística con transbordo en la resiliencia empresarial, la cual incluye tres aspectos básicos (recuperación, vulnerabilidad y adaptación) con respecto a las condiciones de la distribución como contribución para el desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** capacidad; logística; redes de distribución; resiliencia; revisión sistemática; transbordo.

1. Universidad Estatal Península de Santa Elena (La Libertad, Ecuador). [jmuyulema@upse.edu.ec](mailto:jmuyulema@upse.edu.ec).

2. Universidad Estatal Península de Santa Elena (La Libertad, Ecuador). [jean.rodriguezbalon@upse.edu.ec](mailto:jean.rodriguezbalon@upse.edu.ec).

## Abstract

Distribution networks with transshipment are an important factor for moving of products and inputs, promoting and improving the reduction of transportation costs regarding distribution problems. This paper focuses on answering the following question based on a systematic literature review (SLR): How do transshipment distribution networks influence the reduction of transportation costs in resilient companies? A review and an estimation of preliminary research was carried out for a period of five years, operating the search engines of ScienceDirect, Redalyc, Dialnet, Scielo, and SpringerLink. The studies were selected based on a set of inclusion and exclusion criteria. It was highlighted that distribution networks with transshipment have a direct relationship with companies and aim for their well-being. On the other hand, the importance and theoretical bases of distribution networks were observed. The SLR collected clear and precise data for the study, which contributed to the understanding of the direct relationship between distribution networks and companies. The importance of logistics with transshipment in business resilience was established, which includes three basic aspects (recovery, vulnerability, and adaptation) with respect to the conditions of distribution as a contribution to sustainable development.

**Keywords:** capacity; distribution networks; logistics; resilience; systematic review; transshipment.

## Resumo

As redes de distribuição com transbordo são consideradas como um fator importante para a movimentação de produtos e insumos, promovendo e melhorando a redução dos custos de transporte em relação aos problemas de distribuição. Este documento se concentra em responder à seguinte pergunta de uma revisão sistemática da literatura (SLR): Como as redes de distribuição com transbordo afetam a redução dos custos de transporte em empresas resilientes? Uma revisão e estimativa da pesquisa preliminar foi realizada durante um período de cinco anos, utilizando os motores de busca ScienceDirect, Redalyc, Dialnet, Scielo e SpringerLink. Os estudos foram selecionados com base em um conjunto de critérios de inclusão e exclusão. Foi destacado que as redes de distribuição de transbordo têm uma relação direta com as empresas e se concentram no bem-estar da empresa. Por outro lado, foi observada a importância e a base teórica das redes de distribuição. A LSR coletou dados claros e precisos para o estudo, o que contribuiu para compreender a relação direta entre as redes de distribuição e as empresas. Foi estabelecida a importância da logística com transbordo na resiliência empresarial, que inclui três aspectos básicos (recuperação, vulnerabilidade e adaptação) com relação às condições de distribuição como uma contribuição para o desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chaves:** capacidade; logística; redes de distribuição; resiliência; revisão sistemática; transbordo.

---

## INTRODUCCIÓN

Varias entidades consideran las redes de distribución como un factor valioso para el traslado de los productos desde los centros de acopio hasta los destinos finales. Con el transcurso de los años, la logística en las redes han avanzado, enfocándose en estudios como la producción, el abastecimiento y la distribución ([Taco et al., 2019](#)). La cadena de distribución es vista como una herramienta que permite tomar decisiones para solucionar problemas en los procesos de traslado. Los modelos de transbordo por medio de la programación lineal tienen como finalidad dar solución al traslado de productos ([Gallego y Guerrero, 2019](#)). En los últimos años, las redes con transbordo han sido de gran importancia para la cadena de suministros en empresas, favoreciendo la optimización del traslado de insumos hacia los destinos finales, logrando así disminuir los costos de transporte y salvaguardando la entrega eficaz de productos ([Sierra et al., 2015](#)).

Las decisiones en relación con el transporte de los recursos entre varias empresas deben considerar dos aspectos primordiales: a) los objetivos de conflicto, que hacen referencia a la reducción de costos, el aumento de la satisfacción al cliente y la logística; y b) la falta de conocimiento, por el cual se estima a la cadena de distribución como una solución para el traslado eficiente de productos terminados e insumos entre las fábricas, centros de almacenamientos y clientes finales ([Gardas et al., 2019](#)).

Las empresas resilientes se enfocan en el análisis para evaluar y medir las diferentes etapas de resiliencia, con la finalidad de prevenir la generalidad de la empresa y considerando varios aspectos primordiales como la susceptibilidad y las capacidades de adecuación y restauración ([Mena-Mejía et al., 2022](#)). En los últimos años, se ha manifestado la necesidad de investigaciones que declaren cómo las empresas podrían llegar a evolucionar con una gran amplitud de resiliencia ([Yavari and Zaker, 2020](#)). Las empresas desarrollan capacidades para mejorar su desempeño. Estas capacidades son conocidas como la velocidad, la petición y las oportunidades que generan un entorno sostenible, para así precautelar las amenazas y proponer acciones que reduzcan y detecten riesgos ([Demuner-Flores et al., 2022](#)).

Este trabajo se centra en dar respuesta, desde una revisión sistemática de la literatura (RSL), a la siguiente interrogante: *¿Cómo inciden las redes de distribución con transbordo en la reducción de costos de transporte de las empresas resilientes?* Esto, teniendo en cuenta la cadena de distribución, que se encarga de optimizar el traslado de los productos terminados hacia los destinos finales. Las empresas buscan formas de fortalecer tales complicaciones. Cabe añadir que, en este contexto, la resiliencia se define como las capacidades de conservar las funciones de los sistemas que generan la estructura frente a la transformación.

## METODOLOGÍA

Se empleó una RSL con base en la metodología de [Guevara \(2016\)](#), con la finalidad de encontrar un estudio conveniente y rememorativo, enfocado en un método descriptivo que permitiera identificar, valorar e interpretar características de las investigaciones escogidas. A continuación, se aplicaron criterios de selección de artículos y clasificación de la información para la construcción del producto desarrollado por Martínez (2011), replicado por [Snyder \(2019\)](#) y posteriormente por [Muyulema-Allaica y Ruiz-Puente \(2022\)](#).

Se analizaron los artículos científicos mediante motores de búsqueda como ScienceDirect, Redalyc, Scielo, Dialnet y SpringerLink, considerando el aporte de [Ekhuemelo y Abah \(2019\)](#) en relación con los criterios de inclusión y exclusión para eliminar la doblez y seleccionar los artículos más primordiales. Se seleccionaron 146 artículos en español e inglés, excluyendo 85 por no cumplir los criterios. De los 61 restantes, se eliminaron 31 duplicados, aplicando el método de la bola de nieve ([Kirchherr and Charles, 2018](#)), para un total de 30 artículos que constituyeron el fundamento de la investigación, como se muestra en la [Figura 1](#).

El estudio del arte se enfocó en una exploración táctica, permitiendo una revisión de diversos diseños de investigación (es decir, el método mixto que integra una investigación cuantitativa y cualitativa), mejorando la comprensión del problema de estudio. Los 30 documentos seleccionados fueron clasificados por resúmenes, debates y esquemas para realizar una revisión más detallada.

## Criterios de inclusión y exclusión

- Los informes empleados debían ser artículos científicos y mejoras de organizaciones de investigación
- Las referencias utilizadas debían abordar el tema de las redes de distribución en organizaciones y distribución con transbordo

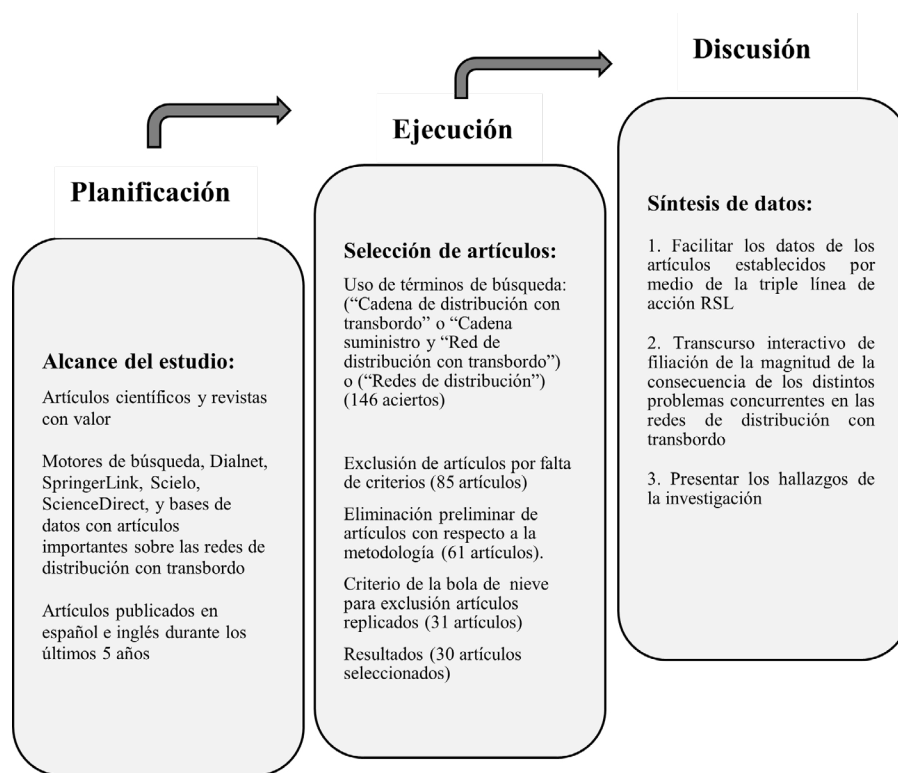


Figura 1. Diagrama de la revisión sistemática de la literatura

- Los estudios debían haberse publicado entre 2018 y 2022 para poder valorar la información más actual
- Se consideraron artículos publicados en español e inglés
- Se excluyeron las publicaciones que no tuvieran relación con la investigación

## RESULTADOS

Autores como [Paredes-Rodríguez et al. \(2022\)](#), [Guimarães et al. \(2020\)](#), [Yavari y Zaker \(2020\)](#), [Villamarín et al. \(2019\)](#), [Palma-Cancino et al., \(2019\)](#), [Lozano et al. \(2020\)](#), [Siddiqui et al. \(2018\)](#) y [Tabares et al. \(2022\)](#) detallaron que existen estudios con problemas dentro de la cadena de distribución y plantearon soluciones con base en modelos de programación lineal entera mixta. Por otro lado, [Salas-Navarro et al. \(2019\)](#), [Ferreira et al. \(2019\)](#), [Sablón-Cossío et al. \(2021\)](#), [Dai et al. \(2018\)](#) y [Boskabadi et al. \(2022\)](#) presentaron diseños de programación no lineal entera mixta que se basan en análisis para optimizar las redes de distribución y minimizar los costos, mejorando la productividad de la empresa. En otros estudios, [López et al. \(2021\)](#), [Fang et al. \(2018\)](#), [Maya et al. \(2021\)](#), [Escobar et al. \(2021\)](#), [Enciso-Caicedo et al. \(2018\)](#) y [Tavana et al. \(2022\)](#) señalaron mejoras con la programación lineal multiobjetivo a partir del modelado para el traslado de productos a diferentes destinos, teniendo en cuenta la reducción de costos logísticos. Por otro lado, [Ardianto y Mudjahidin \(2022\)](#) y [Liu et al. \(2018\)](#) propusieron un modelo de programación dinámica, mientras que [Cajamarca et al. \(2022\)](#), [Muñoz-Pinzón et al. \(2020\)](#), [Motevalli-Taher et al. \(2020\)](#), [Aran-go-Pastrana \(2019\)](#), [Giraldo-Picon et al. \(2018\)](#), [Milošević et al. \(2021\)](#) y [Villegas et al. \(2020\)](#) analizaron

modelados matemáticos de simulación con la finalidad de diagnosticar cuellos de botellas e incrementar la eficiencia de las redes de distribución. Adicionalmente, [Granillo-Macías et al. \(2019\)](#) y [Vivar-Astudillo et al. \(2020\)](#) realizaron estudios de modelos híbridos enfocados en mejorar los eslabones de las redes de distribución, con el objetivo de optimizar costos y procesos de producción y fortalecer la cadena de distribución. Las características de estos informes se indican en la [Tabla 1](#), que describe el alcance del tema de estudio. La Tabla detalla los modelos de programación lineal entera mixta (ILP), modelos con programación lineal multiobjetivo (MOLP), modelos con programación no lineal entera mixta (MINLP), modelos de simulación (SM), modelos de programación dinámica (DP) y modelos híbridos (HYB). Cabe recalcar que estas investigaciones tienen por objetivo buscar la relación entre las variables de investigación. Las investigaciones analizadas se clasificaron según el nivel de decisión ([Tabla 2](#)). Se observó una preferencia por los informes basados en modelos de programación lineal entera mixta y artículos de simulación; 5

**Tabla 1.** Artículos seleccionados para la RSL

No.	Autor	Notación	Propuestas
1	Guimarães et al. (2020)	ILP	Modelado de distribución de organizaciones resilientes
2	Palma-Cancino et al. (2019)	ILP	Programación lineal de esquemas de alimentación para empresas resilientes
3	Villamarín et al. (2019)	ILP	Diseño de red de distribución basado en programación lineal para reducir costos de transporte
4	Liu et al. (2018)	DP	Programación dinámica a partir del nivel de acopio mínimo
5	Yavari y Zaker (2020)	ILP	Diseño de red de suministro para productos perecederos
6	Motevalli-Taher et al. (2020)	SM	Modelado matemático para reducir los costos de las redes de distribución
7	Sablón-Cossío et al. (2021)	MINLP	Diseño de red de distribución en industrias resilientes
8	Cajamarca et al. (2022)	SM	Modelo de simulación para mejorar la toma de decisiones de la cadena de suministro
9	Fang et al. (2018)	MOLP	Modelado MOLP para la red de distribución de productos importados
10	López et al. (2021)	MOLP	Modelo de traslado de planeación para optimizar la logística de la cadena de distribución
11	Maya et al. (2021)	MOLP	Diseño de trazabilidad para la red de distribución de alimentos de empresas resilientes
12	Paredes-Rodríguez et al. (2022)	ILP	Modelo de red de distribución basado en manufactura esbelta para minimizar costos e incrementar el rendimiento de empresas resilientes
13	Muñoz-Pinzón et al. (2020)	SM	Modelo matemático para mejorar los eslabones en la cadena de suministros
14	Granillo-Macías et al. (2019)	HYB	Modelado de optimización de la cadena de distribución para comprobación de inventarios
15	Arango-Pastrana (2019)	SM	Modelo de simulación para el transporte de contenedores en sector marítimo
16	Milošević et al. (2021)	SM	Diseño de elección de ruteo para el transporte de materiales
17	Enciso-Caicedo et al. (2018)	MOLP	Modelo de red de transporte de productos al mínimo costo
18	Salas-Navarro et al. (2019)	MINLP	Modelo de cadena de distribución para la optimización de la productividad
19	Dai et al. (2018)	MINLP	Red de distribución de inventario mediante algoritmos para minimizar costos
20	Giraldo-Picon et al. (2018)	SM	Modelo logístico con simulación para minimizar órdenes de clientes y optimizar la eficiencia de la cadena de suministros
21	Ferreira et al. (2019)	MINLP	Modelos logísticos para el incremento óptimo de la red de distribución
22	Villegas et al. (2020)	SM	Diseño de simulación de implementación de cadenas de suministros inteligentes
23	Escobar et al. (2021)	MOLP	Modelo multiproducto para reducir costos logísticos
24	Lozano et al. (2020)	ILP	Modelo de red de distribución para alimentos y empresas resilientes
25	Ardianto y Mudjahidin (2022)	DP	Estimación de la resiliencia para la cadena de suministro
26	Tabares et al. (2022)	ILP	Modelo de redes de distribución mediante la PL
27	Boskabadi et al. (2022)	MILNP	Modelado de red de distribución para reducir costos y aumentar ganancias en organizaciones resilientes
28	Tavana et al. (2022)	MOLP	Diseño de cadenas de distribución mediante la MOLP
29	Siddiqui et al. (2018)	ILP	Minimización de costos de distribución a partir de la programación lineal en empresas resilientes
30	Vivar-Astudillo et al. (2020)	HYB	Cadena de distribución como instrumento para optimizar la industria acuícola

de los artículos mantienen una relación con los niveles táctico, estratégico y operativo. Así, el nivel de decisión estratégica se manifiesta como el objetivo de emprender a lo largo del tiempo. Estas investigaciones se interpretan como modelos para las redes de distribución como elemento para las empresas resilientes. [Macías et al. \(2017\)](#) indicó que los problemas de las redes de distribución se abordan desde varios niveles de decisión: el táctico, que se encarga de regular las condiciones de las rutas y los sistemas de entrega de productos; el estratégico, que se enfoca en el diseño de redes para la compra de recursos; y el operativo, que se basa en la planificación de rutas.

Las redes de distribución implican varios procesos de producción, de tal manera que las variables de decisión ayudan a distinguir los factores en el proceso de la cadena de distribución. En este caso, se estimaron cuatro variables con respecto a la información de los artículos, como son la siembra, la cosecha,

**Tabla 2.** Nivel de decisión en los informes considerados

No.	Autor	Notación	Nivel de decisión			
			Estratégico	Táctico	Operativo	Combinado
1	Guimarães et al. (2020)	ILP			x	
2	Palma-Cancino et al. (2019)	ILP		x		
3	Villamarín et al. (2019)	ILP	x			
4	Liu et al. (2018)	DP				x
5	Yavari y Zaker (2020)	ILP	x			
6	Motevalli-Taher et al. (2020)	SM				x
7	Sablón-Cossío et al. (2021)	MINLP	x			
8	Cajamarca et al. (2022)	SM		x		
9	Fang et al. (2018)	MOPL		x		
10	López et al. (2021)	MOLP		x		
11	Maya et al. (2021)	MOLP				x
12	Paredes-Rodríguez et al. (2022)	ILP	x			
13	Muñoz-Pinzón et al. (2020)	SM	x			
14	Granillo-Macías et al. (2019)	ILP	x			
15	Arango-Pastrana (2019)	SM	x			
16	Milošević et al. (2021)	SM			x	
17	Enciso-Caicedo et al. (2018)	MOLP		x		
18	Salas-Navarro et al. (2019)	MINLP	x			
19	Dai et al. (2018)	MINLP			x	
20	Giraldo-Picon et al. (2018)	SM			x	
21	Ferreira et al. (2019)	MINLP			x	
22	Villegas et al. (2020)	SM			x	
23	Escobar et al. (2021)	MOLP				x
24	Lozano et al. (2020)	ILP			x	
25	Ardianto y Mudjahidin (2022)	DP			x	
26	Tabares et al. (2022)	ILP	x			
27	Boskadabi et al. (2022)	MILNP	x			
28	Tavana et al. (2022)	MOLP				x
29	Siddiqui et al. (2018)	ILP	x			
30	Vivar-Astudillo et al. (2020)	HYB		x		



la producción, la distribución y el inventario. La [Tabla 3](#) muestra la conceptualización de cada investigación con respecto a las variables de decisión. Entre las variables de inventario, siembra y cosecha, se pudo notar un estudio menor, mientras que las investigaciones de distribución y producción reportaron un alto nivel de estudio para las empresas resilientes.

[Taco et al. \(2019\)](#) dedujeron que la red de suministros se considera primordial para las empresas que distribuyen sus productos en distintos sitios. [Villamarín et al. \(2019\)](#) indicaron que la cadena de distribución busca la forma más efectiva de trasladar productos finales a los centros de almacenamientos sin tener problemas, con el objetivo de minimizar costos. Las actividades relacionadas con el transporte suelen presentar contratiempos como el tráfico, alza de combustible, entre otros ([Guimarães et al., 2020](#)).

**Tabla 3.** Clasificación respecto a las variables de decisión

No.	Autor	Notación	Variantes de decisión o etapas de producción				
			Siembra	Cosecha	Producción	Distribución	Inventario
1	Guimarães et al. (2020)	ILP				x	
2	Palma-Cancino et al. (2019)	ILP	x	x	x		
3	Villamarín et al. (2019)	ILP			x	x	x
4	Liu et al. (2018)	DP					x
5	Yavari y Zaker (2020)	ILP			x	x	
6	Motevalli-Taher et al. (2020)	SM	x	x	x	x	
7	Sablón-Cossío et al. (2021)	MINLP			x		x
8	Cajamarca et al. (2022)	SM			x		
9	Fang et al. (2018)	MOPL				x	x
10	López et al. (2021)	MOLP				x	
11	Maya et al. (2021)	MOLP	x		x		
12	Paredes-Rodríguez et al. (2022)	ILP				x	
13	Muñoz-Pinzón et al. (2020)	SM				x	
14	Granillo-Macías et al. (2019)	ILP				x	
15	Arango-Pastrana (2019)	SM				x	
16	Milošević et al. (2021)	SM				x	
17	Enciso-Caicedo et al. (2018)	MOLP				x	
18	Salas-Navarro et al. (2019)	MINLP			x	x	
19	Dai et al. (2018)	MINLP			x		x
20	Giraldo-Picon et al. (2018)	SM			x		
21	Ferreira et al. (2019)	MINLP				x	
22	Villegas et al. (2020)	SM			x	x	
23	Escobar et al. (2021)	MOLP			x		x
24	Lozano et al. (2020)	ILP			x	x	
25	Ardianto y Mudjahidin (2022)	DP	x	x	x	x	
26	Tabares et al. (2022)	ILP				x	
27	Boskadabi et al. (2022)	MINLP				x	
28	Tavana et al. (2022)	MOLP				x	
29	Siddiqui et al. (2022)	ILP				x	x
30	Vivar-Astudillo et al. (2022)	HYB	x	x	x	x	

Según [Enciso-Caicedo et al. \(2018\)](#), los problemas de distribución en las empresas se solucionan a partir de análisis matemáticos, modelados, diagnósticos y simulación, obteniendo resultados óptimos para mejorar la eficiencia en las redes de distribución, cuyo objetivo es la entrega de mercancía en buen estado y a un mínimo costo.

Por otro lado, [Milošević et al. \(2021\)](#) demostraron mejoras en la redes de distribución para productos colocados en almacenes a partir de un modelado matemático de distribución, con el objetivo de optimizar la demanda y minimizar los costos de transporte en las empresas. En esta línea, [Dai et al. \(2018\)](#) presentaron un modelado de PL para mejorar el inventario y el traslado de productos a un bajo costo.

Según [Ardianto y Mudjahidin \(2022\)](#), la gestión de redes de distribución mejoró la cosecha en las empresas acuícolas, al identificar los eslabones que afectan al sector larvario.

Bajo estos conceptos, las empresas deberían considerar las redes de distribución para fortalecer la resiliencia y poder aumentar la calidad de entrega, con el objetivo de mejorar su línea de distribución.

## Problemas de transbordo

Para la resolución de problemas de transbordo, se presentan técnicas de transportación llamadas *amortiguadores*, que se basan en nodos que representan a las fábricas, almacenes y destinos finales ([Sierra et al., 2015](#)). De tal manera, las técnicas utilizadas involucran modelos de transbordo, que van en aumento en las redes de distribución, pues aportan a la optimización de los flujos de productos, cuidando la calidad de las unidades y reduciendo los costos de transporte, a su vez fortaleciendo los centros de distribución y satisfaciendo la demanda del mercado. Cabe recordar que, para la solución del problema de redes de distribución con transbordo, se emplea un enfoque basado en la programación lineal y el modelo de transporte.

[Sacoman \(2021\)](#) señaló que los sistemas de transbordo son una variante del modelo original de transporte, que se acopla a la distribución de productos e insumos mediante lugares llamados nodos fuente, transitorios y destino. En cambio, el modelo de transporte solo se enfoca en trasladar mercancía por medio de nodos fuente hasta nodos destino.

## Redes de distribución

Las redes de distribución son un proceso primordial para las empresas resilientes, el cual se basa en trasladar productos desde las plantas a diferentes centros de almacenamiento, para luego transportarlos a los destinos finales ([Chípuli y Flores de la Mota, 2021](#)). La estructura de las redes de distribución ofrece ventajas competitivas para las empresas al minimizar los costos generados por la fabricación o distribución y favorecer los recursos de las empresas ([Sánchez et al., 2021](#)).

[Granillo-Macías et al. \(2019\)](#) determinaron que la satisfacción del cliente debe estar presente en toda actividad comercial, pues las redes de distribución se encargan de fortalecer la cadena de suministros de las empresas por medio de sistemas o modelos que contribuyen al traslado de los productos e insumos desde las fábricas productoras a diferentes destinos finales.

[Motevalli-Taher et al. \(2020\)](#) dedujeron que el modelo de redes de distribución se compone de varias conexiones entre las fábricas y los centros de acopio, a partir de las cuales se trasladan los productos e insumos desde las plantas hacia los almacenes y distintos puntos de venta, como se muestra en la [Figura 2](#).

La [Figura 2](#) nos indica la configuración de la red de distribución mediante nodos para el traslado de productos finales. Las flechas indican los costos unitarios de transporte por cada ruta, desde los nodos fuente hasta los nodos de demanda de cada destino.



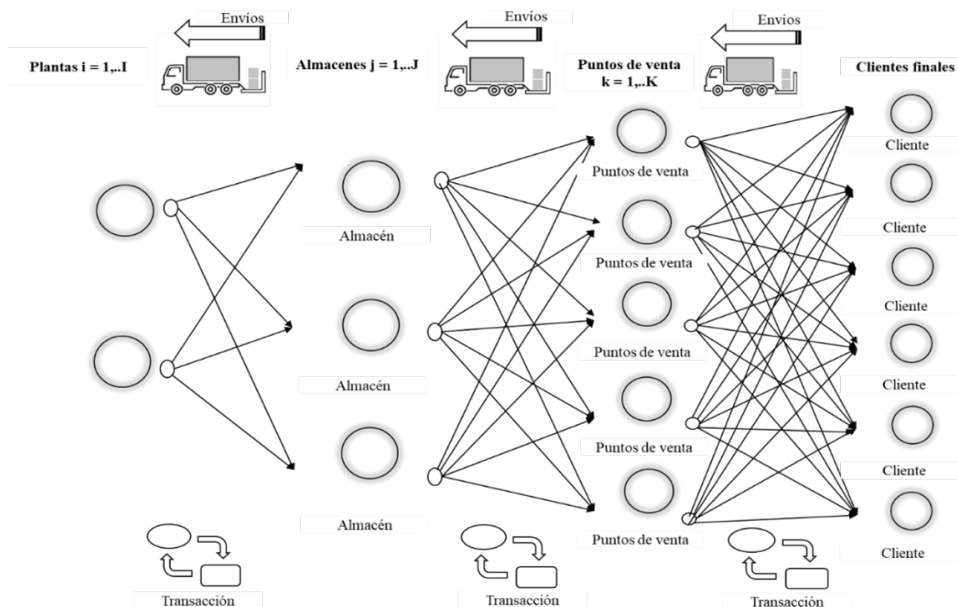


Figura 2. Estructura de conexión de una red de distribución

## Redes de distribución con transbordo

[Samuel et al. \(2021\)](#) indicaron que, con el transcurso de los años, han aumentado los procesos de distribución, utilizando metodologías para dar solución a problemáticas con respecto a la toma de decisiones en el traslado de productos terminados hasta a los clientes finales. Así, los modelos de redes brindan una estructura para la solución de problemas relacionados con la distribución.

Las redes de distribución con transbordo están vinculadas a empresas que afirman una correcta entrega de insumos en cada destino final. Las entidades de suministros buscan favorecer las demandas y ofertas de los clientes finales ([García, 2020](#)).

En las redes de distribución se debe tener en cuenta el análisis de los factores que intervienen en la cadena de suministros, los cuales se clasifican en almacenamiento, fabricantes y distribución. En otras palabras, esto se interpreta como el envío que se realiza de forma directa ([Paz y González, 2013](#)).

Desde luego, [Sierra et al. \(2015\)](#) señalaron la distribución con transbordo como un sistema para el traslado de productos desde los nodos de origen hacia los almacenes y destinos. Su modelo integra la tarifa de traslado de productos, la demanda final y la producción de las plantas. Estos aspectos son esenciales para satisfacer la demanda de los clientes finales y a su vez minimizar los costos logísticos y mejorar la resiliencia de las organizaciones.

## Procedimiento

Con respecto al estudio de la cadena de suministros en las empresas, se han publicado, entre los años 2015 y 2022, alrededor de 382 artículos referentes al tema. En este contexto, para el estudio del transbordo en cuanto a calidad, fiabilidad y minimización de costos, hay 83 artículos publicados en JCP (*Journal of Cleaner Production*). Los resultados de los informes de las redes de distribución con transbordo son de gran impacto, pues se enfocan en la reducción de costos de recursos y el mejoramiento de la productividad ([Shokouhifar et al., 2021](#)).

Para las empresas, en los últimos años ha incrementado el valor de las redes de distribución, lo cual implica la obligación de estructurar una cadena de distribución con transbordo para mejorar la toma de decisiones con respecto al traslado de los productos. Hoy en día, los sistemas de transbordo son una parte clave para las organizaciones, pues favorecen la calidad en sus decisiones y aspectos importantes (Samuel *et al.*, 2021).

Para el proceso de las redes de distribución, se analizaron las metodologías de investigación de operaciones (Figura 3), la solución de problemas y las rutas de distribución, con el fin de lidiar con problemas relacionados con la distribución, el transporte y el transbordo, *i.e.*, la fuente principal del análisis.

Para elaborar redes de distribución con transbordo, se deben considerar las siguientes etapas:

- *Identificar el problema:* Determinar la problemática actual de la organización y presentar sus prioridades.
- *Diagnóstico del sistema de distribución:* Presentar un análisis para valorar y comprender las cualidades del estudio, como fundamento para la red de distribución.
- *Diseño de red:* Presentar mejoras para la entidad con base en un modelado matemático de distribución para resolver el problema.
- *Aplicación de la red:* Aplicación de la red creada para fortalecer la cadena de distribución.

### Resiliencia empresarial

La resiliencia es la capacidad para soportar dificultades y recuperarse, una capacidad sostenida en las empresas que utilizan medios disponibles como la distribución, la planificación y la logística, entre otros para poder contestar a los sucesos presentados y brindarles solución, así como para recuperarse de sus efectos (Castagnola *et al.*, 2021). La resiliencia, en el ámbito de las empresas, constituye un factor importante, al referirse a la capacidad de enfrentar los obstáculos y adaptarse a cualquier situación inesperada, superando los contratiempos en los que se ven envueltos las organizaciones (Denckla *et al.*, 2020).

La resiliencia empresarial se enfoca en fortalecer y brindar nuevas oportunidades para el progreso de cada organización. En el contexto particular de la resiliencia y las redes de distribución, existe una relación con diferentes aspectos para mejorar la resiliencia de una empresa, como se muestra en la Figura 4.

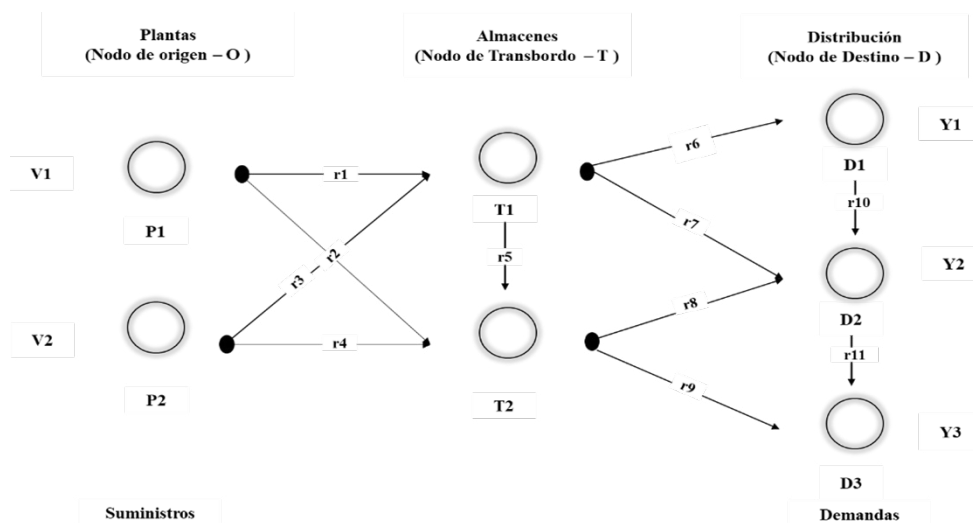


Figura 3. Estructura de una red de distribución con transbordo

Esto, debido a que el objetivo es buscar la optimización entre los puntos esenciales dentro de la capacidad empresarial, lo cual se basa en adaptarse a los nuevos cambios en la cadena de suministros y recuperarse aumentando las ventas, mejorando la distribución y reduciendo la vulnerabilidad para que la empresa se mantenga sostenible.

Con respecto a la pregunta de investigación, se establece que los problemas de distribución generan riesgos en las empresas, de tal manera que se puede controlar y reducir los costos de distribución. En este contexto, se tiene que las redes de distribución con transbordo contribuyen a la minimización de los valores que generan las empresas, y que la buena planificación y el control de las redes de distribución permiten una reducción de costos de distribución, por motivo de un aumento en los valores de transporte.

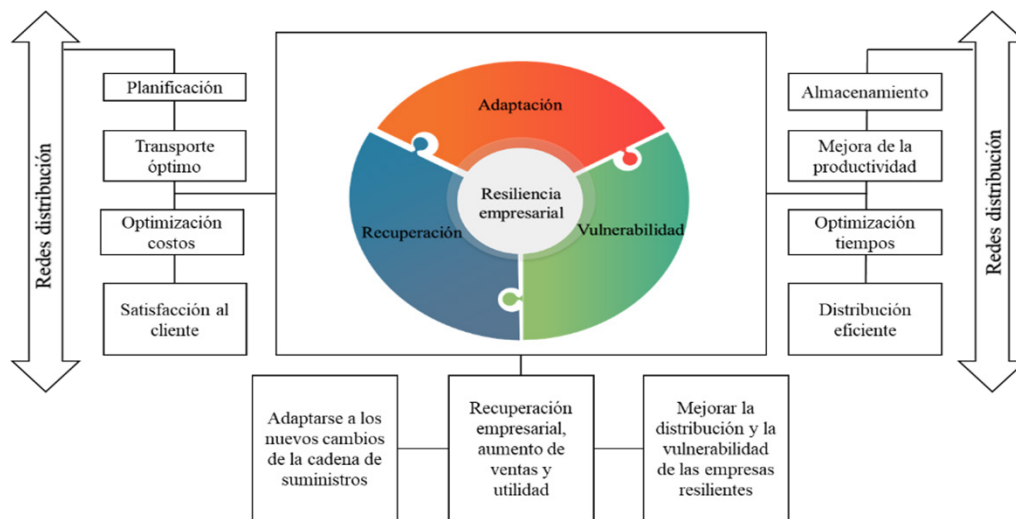


Figura 4. Aspecto de la resiliencia empresarial en las redes de distribución

## DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática demostró la importancia de las redes de distribución con transbordo para las empresas resilientes. Se considera que la RSL sobre redes de distribución es primordial para obtener información sobre los sistemas de transbordo.

Del total de los datos obtenidos, se demuestra que gran parte de los informes detalla soluciones para redes de distribución con transbordo por medio de la programación lineal. [Yavari y Zaker \(2020\)](#) presentaron un estudio enfocado en la programación lineal como solución en los aspectos comercial y económico de las industrias dedicadas a la distribución de productos, con base en un modelo de red de distribución para mejorar el traslado y la planificación de los productos terminados.

Autores como [Guimarães et al. \(2020\)](#) se enfocaron en un modelo de redes de distribución para mejorar la cadena de suministros de las empresas industriales, elaborando un sistema matemático para minimizar los costos de distribución y aumentar las utilidades de dichas entidades.

[Liu et al. \(2018\)](#) indicaron que, para la cadena de suministros, se evidencian varios problemas con el traslado de los productos hacia los destinos finales, por lo cual analizaron problemas de transbordo, enfocándose en un modelo distribución que permitió enviar cierta cantidad a los distintos almacenes y a cada punto de venta, en aras de minimizar los costos de transbordo.

[Villamarín et al. \(2019\)](#) analizaron un algoritmo de transporte basado en programación lineal para las redes de distribución en empresas de combustibles, cuyo objetivo fue la colocación de almacenes de acopio para cada destino. En el transcurso del estudio, se aplicaron varios sistemas de transporte como Vogel, esquina noroeste, costo menor y Russel. Una vez aplicados los métodos, se obtuvieron resultados que resaltan la minimización de los costos de distribución para el traslado de combustible.

Por otro lado, [Enciso-Caicedo et al. \(2018\)](#) utilizaron un *software* con un modelo matemático y la metodología de rutas de distribución para identificar las vías más cortas que puedan generar menos de tiempo de llegada y minimizar los costos logísticos relacionados con el transporte.

[Siddiqui et al. \(2018\)](#) señalaron problemas en la red de distribución de una empresa de productos petroleros, para la cual se utilizó un sistema de optimización basado en programación lineal. Aquí, a partir de un *software*, se presentó la solución del traslado de los productos petroleros por medio de tuberías marítimas a los centros de almacenamiento, favoreciendo la cadena de distribución de la empresa.

[Fang et al. \(2018\)](#) indicaron que las redes de distribución con programación lineal sirven para mejorar la productividad de las empresas, de tal modo que se enfocaron en reducir los costos totales. Por otro lado, [Sablón-Cossío et al. \(2021\)](#) y [Arango-Pastrana \(2019\)](#) señalaron que la cadena de distribución enfocada en la simulación aporta a la determinación del número de vehículos necesarios para trasladar los productos e insumos terminados, mejorando la competitividad y la distribución de la empresa.

Las redes de distribución y la resiliencia empresarial son dos factores relevantes para el beneficio en las organizaciones. Se determinó que, dentro de las entidades, la distribución y la resiliencia tienen un gran impacto, al evitar pérdidas comerciales, pues la resiliencia sirve para afrontar contratiempos relacionados con la distribución, planteando soluciones o métodos que favorezcan el traslado adecuado de las cantidades producidas, mejorando el rendimiento de las redes de distribución con transbordo en las empresas.

## CONCLUSIONES

Mediante una revisión sistemática de la literatura (RSL), se recopiló información de los artículos analizados para realizar una investigación más clara y precisa, determinando los beneficios de aplicar las redes de distribución con transbordo para mejorar la resiliencia de las empresas.

El objetivo de las redes de distribución con transbordo es favorecer a las empresas, brindando un mayor control de distribución para los productos finales, precautelando los riesgos al transportar las mercancías y minimizando los costos de transporte.

En cuanto a los resultados de los diferentes trabajos analizados, los más consistentes son los que resaltan la reducción de costos y tiempos de entrega y el aumento de utilidad y calidad. Hay trabajos que estiman métodos matemáticos y de simulación basados en la programación lineal, cuyo estudio en las redes de distribución de las empresas resulta interesante, en aras de mejorar los sistemas de distribución y minimizar costos.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

**Juan-Carlos Muyulema-Allaica:** Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Validación, Escritura - Revisión y edición.

**Jean-Carlos-Rodríguez-Balón:** Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Escritura - Borrador original.

## REFERENCIAS

- Arango-Pastrana, C. A. (2019). A simulation model for the management for containers internal transport in a seaport. *Cuadernos de Administración*, 35(64), 96-109. <https://doi.org/10.25100/cdea.v35i64.7705>
- Ardianto, M. A. D., Mudjahidin (2022). Development of conceptual model integrated estimation system for fish growth and feed requirement in aquaculture supply chain management. *Procedia Computer Science*, 197, 461-468. <https://doi.org/10.1016/j.PROCS.2021.12.162>
- Boskabadi, A., Mirmozaffari, M., Yazdani, R., Farahani, A. (2022). Design of a distribution network in a multi-product, multi-period green supply chain system under demand uncertainty. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.SUSOC.2022.01.005>
- Cajamarca, E. S., Jimbo Dias, J. S., Cabrera Chalco, S. D. (2022). Estudio de la cadena de suministro de papel y cartón reciclado en la ciudad de Cuenca-Ecuador. *Ciencias Administrativas*, 20, e106. <https://doi.org/10.24215/23143738E106>
- Castagnola, C., Cotrina, J., Villegas, D. (2021). La resiliencia como factor fundamental en tiempos de Covid-19. *Propósitos y Representaciones*, 9(1), e1044. <https://doi.org/10.20511/pyr2021.v9n1.1044>
- Chípuli, P., Flores de la Mota, I. (2021). Analysis, design and reconstruction of a VRP model in a collapsed distribution network using simulation and optimization. *Case Studies on Transport Policy*, 9(4), 1440-1458. <https://doi.org/10.1016/j.CSTP.2021.07.002>
- Dai, Z., Aqlan, F., Zheng, X., Gao, K. (2018). A location-inventory supply chain network model using two heuristic algorithms for perishable products with fuzzy constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 119, 338-352. <https://doi.org/10.1016/j.CIE.2018.04.007>
- Demuner-Flores, M. del R., Saavedra-García, M. L., & Cortés-Castillo, M. del R. (2022). Rendimiento empresarial, resiliencia e innovación en PyMEs. *Investigación Administrativa*, 51(130), 1-19. <https://doi.org/10.35426/IAV51N130.01>
- Denckla, C. A., Cicchetti, D., Kubzansky, L. D., Seedat, S., Teicher, M. H., Williams, D. R., Koenen, K. C. (2020). Psychological resilience: An update on definitions, a critical appraisal, and research recommendations. *European Journal of Psychotraumatology*, 11(1), e1822064. <https://doi.org/10.1080/20008198.2020.1822064>
- Ekhuemelo, N., & Abah, T. E. T. (2019). Investigation of charcoal production in Makurdi and Guma local government areas of Benue state, Nigeria. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 7(1), 69-86. <https://doi.org/10.7770/safer-v0n0-art1557>
- Enciso-Caicedo, M. A., Arteaga Sarmiento, W. J., Guarín Cortés, N. L. (2018). Modelo de ruteo de vehículos como alternativa de transporte para la UMNG sede campus. *Revista Politécnica*, 14(27), 45-56. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a5>
- Escobar, N., Moreira, E., García, S. (2021). *Modelo de transporte para el reabastecimiento de inventario en una red de tiendas retail*. En *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology 2021*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.257>
- Fang, Y., Jiang, Y., Sun, L., Han, X. (2018). Design of green cold chain networks for imported fresh agri-products in belt and road development. *Sustainability*, 10(5), 1572. <https://doi.org/10.3390/SU10051572>
- Ferreira, L., Pérez, M., Vilariño, C. (2019). Modelo conceptual de gestión de costos logísticos ambientales en la cadena de suministros de combustibles y lubricantes. *Dirección*, 13(1), 188-207
- Gallego, L., Guerrero, Y. (2019). *Modelo lineal de transporte y transbordo*. [https://www.academia.edu/28873620/modelo\\_lineal\\_de\\_transporte\\_y\\_transbordo](https://www.academia.edu/28873620/modelo_lineal_de_transporte_y_transbordo).
- García, H. C. E. (2020). Tecnología blockchain en cadenas de suministro; mito, realidad o proyección. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 24(1), 173-188. <https://doi.org/10.30972/RFCE.2414366>



- Gardas, B. B., Raut, R. D., Cheikhrouhou, N., Narkhede, B. E. (2019). A hybrid decision support system for analyzing challenges of the agricultural supply chain. *Sustainable Production and Consumption*, 18, 19-32. <https://doi.org/10.1016/j.SPC.2018.11.007>
- Giraldo-Picon, E. L., Giraldo-García, J. A., Valderrama-Ortega, J. A. (2018). Modelo de simulación de un sistema logístico de distribución como plataforma virtual para el aprendizaje basado en problemas. *Información Tecnológica*, 29(6), 185-198. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600185>
- Granillo-Macías, R., González-Hernández, I. J., Martínez-Flores, J. L., Caballero-Morales, S. O., Olivares-Benítez, E. (2019). Hybrid model to design a distribution network in contract farming. *DYNA*, 86(208), 102-109. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V86N208.72056>
- Guevara, R. (2016). El estado del arte en la investigación. *Folios*, 44, 165-179
- Guimarães, L. R., Athayde Prata, B. De, De Sousa, J. P. (2020). Models and algorithms for network design in urban freight distribution systems. *Transportation Research Procedia*, 47, 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.101>
- Kirchherr, J., Charles, K. (2018). Enhancing the sample diversity of snowball samples: Recommendations from a research project on anti-dam movements in Southeast Asia. *PLOS ONE*, 13(8), e0201710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201710>
- Liu, H., Zhang, J., Zhou, C., Ru, Y. (2018). Optimal purchase and inventory retrieval policies for perishable seasonal agricultural products. *Omega*, 79, 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.08.006>
- López, J., Martínez, J., Naranjo, A. (2021). Modelo de ruteo para la planeación de la distribución de papa en Neiva desde la Central Surabastos usando técnicas cuantitativas. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1168&context=ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1168&context=ing_industrial)
- Lozano, A. G. G., Cascante, G. E. M., Alulema, J. C. M. (2020). Aplicación de algoritmos de optimización para la localización de centros de distribución comercial. *ECA Sinergia*, 11(1), 7-18. [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v11i1.1097](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v11i1.1097)
- Macías, R. G., Benítez, E. O., Flores, J. L. M., Robles, F. S., Hernández, I. J. G. (2017). Enfoque para la solución de un problema de transporte en la cadena de suministro agroalimentaria de la cebada en México. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 4(7), e2054. <https://doi.org/10.29057/ESS.V4I7.2054>
- Maya, T., Orjuela Castro, J. A., Herrera, M. M. (2021). Retos en el modelado de la trazabilidad en las cadenas de suministro de alimentos. *Ingeniería*, 26(2), 143-172. <https://doi.org/10.14483/23448393.15975>
- Mena-Mejía, S. A., Muyulema-Allaica, J. C., Bermeo-García, M. V., Reyes-Soriano, F. E. (2022). La norma ISO 45001:2018 y la reducción de accidentabilidad en empresas resilientes. Una revisión sistemática. *AlfaPublicaciones*, 4(3.1), 187-213. <https://doi.org/10.33262/AP.V4I3.1.247>
- Milošević, T., Pamučar, D., Chatterjee, P. (2021). Model for selecting a route for the transport of hazardous materials using a fuzzy logic system. *Vojnotehnicki Glasnik*, 69(2), 355-390. <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-29629>
- Motevalli-Taher, F., Paydar, M. M., Emami, S. (2020). Wheat sustainable supply chain network design with forecasted demand by simulation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105763. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105763>
- Muñoz-Pinzón, D. S., Polo-Roa, A., Sierra-Mantilla, E. J., Rueda-Urbe, D. (2020). Modelación matemática en estudio de agro-cadenas: una revisión de literatura. *Revista Politécnica*, 16(31), 110-137. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v16n31a9>
- Muyulema-Allaica, J. C., Ruiz-Puente, C. (2022). Framework proposal for the design of lean circular production systems based on case studies. *DYNA*, 97(5), 515-521. <https://doi.org/10.6036/10540>



- Palma-Cancino, D. J., Martínez-García, R., Álvarez-González, C. A., Camarillo-Coop, S., Peña-Marín, E. S. (2019). Esquemas de alimentación para larvicultura de pejelagarto (*Atractosteus tropicus* Gill): crecimiento, supervivencia y canibalismo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 273-281. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2092>
- Paredes-Rodríguez, A. M., Chud-Pantoja, V. L., Peña-Montoya, C. C. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. *Información Tecnológica*, 33(1), 245-258. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000100245>
- Paz, R., González, D. (2013). *Logística empresarial*. [http://nulan.mdp.edu.ar/1831/1/logistica\\_empresa.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1831/1/logistica_empresa.pdf)
- Sablón-Cossío, N., Crespo, E. O., Pulido-Rojano, A., Acevedo-Urquiaga, A. J., Ruiz-Cedeño, S. del M. (2021). Análisis de integración de la cadena de suministros en la industria textil en Ecuador. Un caso de estudio. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(1), 94-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000100094>
- Sacoman, M. (2021). Localização de empreendimentos uma abordagem através de otimização não linear. *Brazilian Journal of Development*, 7(11), 109522-109536. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-534>
- Salas-Navarro, K., Meza, J. A., Obredor-Baldovino, T., Mercado-Caruso, N. (2019). Evaluación de la cadena de suministro para mejorar la competitividad y productividad en el sector metalmecánico en Barranquilla, Colombia. *Información Tecnológica*, 30(2), 25-32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200025>
- Samuel, C. N., Diallo, C., Venkatadri, U., Ghayebloo, S. (2021). Multicomponent multiproduct closed-loop supply chain design with transshipment and economies of scale considerations. *Computers & Industrial Engineering*, 153, e107073. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107073>
- Sánchez, Y., Pérez, J., Sangroni, N., Cruz, C., Medina, Y. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 169-184
- Shokouhifar, M., Sabbaghi, M. M., Pilevari, N. (2021). Inventory management in blood supply chain considering fuzzy supply/demand uncertainties and lateral transshipment. *Transfusion and Apheresis Science*, 60(3), e103103. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2021.103103>
- Siddiqui, A., Verma, M., Verter, V. (2018). An integrated framework for inventory management and transportation of refined petroleum products: Pipeline or marine? *Applied Mathematical Modelling*, 55, 224-247. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.09.025>
- Sierra, J., Rojas, O., Zamudo, F. (2015). Modelo de transbordo multimodal multiperiodo. Solución a empresas con robustez logística. En *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2015)*.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Tabares, A., Muñoz-Delgado, G., Franco, J. F., Arroyo, J. M., Contreras, J. (2022). Multistage reliability-based expansion planning of ac distribution networks using a mixed-integer linear programming model. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 138, e107916. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107916>
- Taco, A., Flores, J., Nugent, M. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Gestión de Cadena de Suministro*, 24, e88
- Tavana, M., Kian, H., Nasr, A. K., Govindan, K., Mina, H. (2022). A comprehensive framework for sustainable closed-loop supply chain network design. *Journal of Cleaner Production*, 332, e129777. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129777>
- Vargas, M., Galeano, H. (2015). El estado del arte. *Formando Investigadores*, 6(24), 1-4
- Villamarín, J. M., Miranda, G. J., Llamuca, J. L., Suárez, W. H. (2019). Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal. *Visionario Digital*, 3(2), 63-81. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.394>
- Villegas, J., Sánchez, J., Dirnberger, J. (2020). Producción inteligente: diseño de un modelo para el proceso de implementación de cadenas de suministros inteligentes. *Revista Tecnología en Marcha*, 33, 73-82. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i7.5480>

- Vivar-Astudillo, A. Y., Erazo-Álvarez, J. C., Narváez-Zurita, C. I. (2020). La cadena de valor como herramienta generadora de ventajas competitivas para la Industria Acuícola. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(10), e4. <https://doi.org/10.35381/r.k.v6i10.686>
- Yavari, M., Zaker, H. (2020). Designing a resilient-green closed loop supply chain network for perishable products by considering disruption in both supply chain and power networks. *Computers & Chemical Engineering*, 134, e106680. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106680>

