

Aplicaciones de los Sistemas Matemáticos en la Resolución de Problemas de Optimización en Ingeniería y Finanzas.

Applications of Mathematical Systems in Solving Optimization Problems in Engineering and Finance.

Autores:

Juana Raquel López Martínez¹, Bryan Steeven Ramos López², Keyla Roxana Ramos López³, Darwin Joel Lozada López⁴.

¹Universidad Internacional de La Rioja, Milagro, Ecuador, rakebryme@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-4326-0769>

²Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador, steeven10f@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-1142-0514>

³Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador, keylaroxi240@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-7321-736X>

⁴Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, darwinlozada02@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-3770-0392>

Autor de Correspondencia: Juana Raquel López Martínez, rakebryme@gmail.com

Reception: 11-January-2025 **Acceptance:** 10-February-2025 **Published:** 05-March-2025

Como citar este artículo:

López Martínez, J. R., Ramos López, B. S., Ramos López, K. R., & Lozada López, D. J. (2025). Aplicaciones de los Sistemas Matemáticos en la Resolución de Problemas de Optimización en Ingeniería y Finanzas. *Sapiens International Multidisciplinary Journal*, 2(2), 1-12. <https://doi.org/10.71068/w7f8s746>

Resumen

La optimización juega un papel clave en la ingeniería y las finanzas, permitiendo resolver problemas complejos bajo restricciones específicas. En América Latina, su aplicación resulta fundamental para mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y la toma de decisiones en escenarios inciertos. Este estudio tiene como objetivo analizar la implementación de modelos matemáticos avanzados en optimización y su impacto en distintos sectores. La metodología se basa en el desarrollo y aplicación de algoritmos de optimización, modelos algebraicos y análisis numérico, considerando estudios de caso en planificación de redes eléctricas, diseño estructural sostenible y gestión de portafolios financieros. Se emplearon métodos como la optimización lineal y no lineal, programación dinámica y heurísticas avanzadas, evaluando su efectividad en la reducción de costos, incremento de la eficiencia operativa y mejora en la sostenibilidad de proyectos. Los resultados evidencian que la optimización contribuye significativamente a la innovación tecnológica y al desarrollo sostenible, aunque enfrenta desafíos relacionados con la complejidad computacional y la necesidad de datos de alta calidad. Se identificó que la integración de inteligencia artificial y computación de alto rendimiento puede mejorar la aplicabilidad de estos modelos, permitiendo soluciones más precisas y escalables. Este estudio resalta la importancia de estrategias adaptativas para superar limitaciones técnicas y maximizar el impacto de la optimización en sectores estratégicos, fomentando su adopción en contextos con recursos limitados y promoviendo la toma de decisiones basadas en modelos matemáticos robustos.

Palabras clave: optimización, modelos matemáticos, eficiencia, sostenibilidad.

Abstract

Optimization plays a key role in engineering and finance, enabling the resolution of complex problems under specific constraints. In Latin America, its application is essential for improving resource management efficiency and decision-making in uncertain scenarios. This study aims to analyze the implementation of advanced mathematical optimization models and their impact on various sectors. The methodology is based on the development and application of optimization algorithms, algebraic models, and numerical analysis, considering case studies in power grid planning, sustainable structural design, and financial portfolio management. Methods such as linear and nonlinear optimization, dynamic programming, and advanced heuristics were employed, evaluating their effectiveness in cost reduction, increased operational efficiency, and improved project sustainability. The results show that optimization significantly contributes to technological innovation and sustainable development, although it faces challenges related to computational complexity and the need for high-quality data. It was identified that the integration of artificial intelligence and high-performance computing can enhance the applicability of these models, enabling more precise and scalable solutions. This study highlights the importance of adaptive strategies to overcome technical limitations and maximize the impact of optimization in strategic sectors, fostering its adoption in resource-limited contexts and promoting decision-making based on robust mathematical models.

Keywords: optimization, mathematical models, efficiency, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la optimización es una disciplina clave tanto en ingeniería como en finanzas, ya que permite encontrar soluciones óptimas a problemas complejos bajo restricciones específicas. En el contexto de América Latina, estas aplicaciones son esenciales debido a los retos asociados con la gestión eficiente de recursos limitados y la toma de decisiones en entornos inciertos. La implementación de sistemas matemáticos, que incluyen modelos algebraicos, análisis numérico y algoritmos avanzados, ha permitido abordar problemas como la planificación de redes eléctricas (Geidl & Andersson, 2010), el diseño de estructuras sostenibles (Martins & Lambe, 2013) y la gestión de portafolios financieros (Fabozzi et al., 2014). Este enfoque no solo mejora la eficiencia, sino que también fomenta la innovación tecnológica y el desarrollo regional. Sin embargo, aún existen desafíos sobre cómo implementar este enfoque de manera efectiva en los procesos de optimización y toma de decisiones.

Este estudio se fundamenta en la necesidad de responder a los desafíos actuales mediante estrategias innovadoras. Según Boyd y Vandenberghe (2014), la teoría de la optimización proporciona fundamentos matemáticos esenciales para encontrar soluciones óptimas mediante modelos determinísticos y estocásticos. Además, autores como Raiffa y Schlaifer (2012) destacan que la teoría de decisiones es fundamental para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. La investigación contribuirá a cerrar brechas en la comprensión de cómo estos sistemas impactan directamente en la ingeniería y las finanzas, especialmente en el desarrollo de estrategias eficientes para América Latina.

Este estudio se basa en las siguientes teorías bases: Teoría de la Optimización (Boyd & Vandenberghe, 2014), además también de la Teoría de Decisiones (Raiffa & Schlaifer, 2012), la Teoría de Sistemas (Sterman, 2000) y para finalizar la Teoría del Control (Åström & Murray, 2012).

La teoría de la optimización, planteada por Boyd y Vandenberghe (2014), describe los fundamentos matemáticos utilizados para encontrar soluciones óptimas en problemas complejos mediante modelos determinísticos y estocásticos. Este enfoque permite estructurar soluciones eficientes a través de métodos de programación lineal, no lineal y dinámica. Según Bertsimas y Tsitsiklis (2014), la optimización desempeña un papel crucial en la mejora de procesos industriales y financieros al proporcionar modelos precisos para la toma de decisiones estratégicas. En este sentido, Fabozzi et al. (2014) destacan que en el ámbito financiero, la optimización es clave para la gestión de portafolios y la mitigación de riesgos.

Por otro lado, la teoría de decisiones se centra en la elección de estrategias óptimas en condiciones de incertidumbre. Raiffa y Schlaifer (2012) sostienen que este enfoque permite evaluar diversas alternativas mediante herramientas matemáticas como la teoría de juegos y el análisis bayesiano. En el contexto latinoamericano, la toma de decisiones

basada en modelos matemáticos es crucial para mitigar riesgos en sectores estratégicos como la energía y las finanzas (Bazilian et al., 2012).

La teoría de sistemas, según Sterman (2000), proporciona un marco conceptual para modelar y entender sistemas complejos en ingeniería y finanzas. Este enfoque holístico permite la integración de múltiples variables interdependientes, facilitando la identificación de patrones y optimización de procesos. Finalmente, la teoría del control, planteada por Åström & Murray (2012), se aplica en la regulación y optimización de sistemas dinámicos, asegurando su estabilidad y eficiencia operativa.

Estudios previos han abordado aplicaciones específicas de los sistemas matemáticos en problemas de optimización. En ingeniería, investigaciones destacan el uso de métodos de programación lineal para optimizar redes logísticas y sistemas energéticos (Bertsimas & Tsitsiklis, 2014). En el ámbito financiero, se han empleado algoritmos genéticos y modelos de optimización robusta para la gestión de riesgos y la asignación de activos (Markowitz et al., 2016). Sin embargo, persiste una falta de análisis comprensivo sobre su aplicación integrada en contextos latinoamericanos, lo que limita su impacto potencial (Martinelli & Filoso, 2008).

La optimización matemática se posiciona como una herramienta innovadora que transforma la manera en que se resuelven problemas complejos en ingeniería y finanzas. Fabozzi et al. (2014) afirman que este enfoque permite mejorar la eficiencia y la precisión en la toma de decisiones estratégicas. Sterman (2000) añade que la integración de modelos matemáticos en la gestión de sistemas dinámicos fomenta la adaptabilidad y sostenibilidad. Esta metodología no solo enriquece los procesos de optimización, sino que también prepara a las instituciones y empresas para enfrentar los desafíos de un mundo interconectado y altamente competitivo.

Además, investigaciones recientes han demostrado que el uso de sistemas matemáticos en la optimización contribuye a la reducción de costos operativos y al incremento de la productividad en sectores clave. Por ejemplo, en la industria energética, la aplicación de modelos de optimización ha permitido mejorar la eficiencia en la distribución y el consumo de energía, reduciendo desperdicios y costos asociados (Bazilian et al., 2012). Asimismo, en el ámbito financiero, la implementación de algoritmos avanzados ha optimizado la asignación de activos y la gestión del riesgo, proporcionando estrategias más robustas y adaptativas ante escenarios de crisis económica (Fabozzi et al., 2014).

La optimización en América Latina enfrenta desafíos específicos, como la falta de infraestructura tecnológica adecuada y la escasez de profesionales altamente capacitados en el uso de modelos matemáticos avanzados. En este sentido, es fundamental la colaboración entre el sector académico, el sector empresarial y los gobiernos para promover la capacitación en técnicas de optimización y mejorar el acceso a tecnologías innovadoras. Como señala Martinelli y Filoso (2008), la implementación exitosa de estos sistemas requiere de políticas públicas que fomenten la investigación, el desarrollo y la transferencia de conocimientos en esta área.

Investigaciones adicionales han mostrado que la optimización matemática también juega un papel clave en la gestión de la producción industrial (Glover & Laguna, 2013) y en la logística de transporte en América Latina (Crainic & Laporte, 2016). Además, la integración de inteligencia artificial en estos modelos ha demostrado mejorar significativamente la precisión y velocidad en la toma de decisiones (Russell & Norvig, 2021). Por último, estudios recientes resaltan la importancia del aprendizaje automático en la optimización financiera, especialmente en la predicción de mercados y la gestión de riesgos (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2017).

Este artículo complementa los estudios previos al proporcionar evidencia empírica sobre la aplicación específica de los sistemas matemáticos en la optimización, enfocándose en el desarrollo de estrategias eficientes para América Latina.

El objetivo general de este estudio es analizar el impacto de los sistemas matemáticos en la optimización de problemas en ingeniería y finanzas. En concordancia con nuestro objetivo, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuyen los sistemas matemáticos al desarrollo de soluciones óptimas en problemas de ingeniería y finanzas?

Consideramos que la aplicación de estrategias matemáticas de optimización mejora significativamente la toma de decisiones en estos ámbitos, promoviendo soluciones más eficientes, sostenibles e innovadoras. Esta metodología proporciona herramientas dinámicas para abordar problemas complejos y generar soluciones más efectivas mediante la integración de modelos matemáticos avanzados.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se realizó bajo un enfoque de revisión sistemática, con el objetivo de analizar la aplicación de sistemas matemáticos en optimización dentro de la ingeniería y las finanzas en América Latina. La revisión sistemática permitió una recopilación estructurada y exhaustiva de información, facilitando la identificación de tendencias, desafíos y oportunidades en el uso de herramientas matemáticas para la optimización (Kitchenham & Charters, 2007).

Para garantizar la rigurosidad metodológica, se adoptó un proceso de selección basado en criterios explícitos de inclusión y exclusión, evitando sesgos y asegurando la relevancia de los estudios analizados (Petticrew & Roberts, 2006). Se priorizaron aquellos estudios que presentaran evidencia empírica sobre la aplicación de modelos de optimización en sectores estratégicos de la región.

Se incluyeron artículos publicados entre 2010 y 2024 que abordaran la aplicación de herramientas matemáticas en la optimización dentro de América Latina. Se seleccionaron estudios empíricos, revisiones bibliográficas y estudios de caso que presentaran enfoques cuantitativos o cualitativos con aplicaciones reales (Cooper, Hedges, & Valentine, 2019).

Además, se priorizaron investigaciones publicadas en revistas indexadas y conferencias especializadas en el área.

Se excluyeron aquellos estudios que no se centraran en América Latina, que no proporcionaran información clara sobre su metodología o que no presentaran evidencia suficiente sobre la efectividad de las herramientas de optimización utilizadas. También se descartaron documentos de opinión sin respaldo metodológico y estudios con datos incompletos o poco verificables.

Las bases de datos utilizadas incluyeron Scielo, Google Scholar, JSTOR, IEEE Xplore y Web of Science, asegurando una cobertura amplia de publicaciones relevantes (Falagas, Pitsouni, Malietzis, & Pappas, 2008). Se consultaron además documentos de organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), que proporcionan información valiosa sobre políticas y estrategias de optimización en la región.

La búsqueda de literatura se realizó utilizando palabras clave como "optimización matemática en América Latina", "modelos algebraicos en ingeniería", "gestión financiera con algoritmos avanzados" y "inteligencia artificial en optimización". Se aplicaron filtros por idioma (español e inglés), por relevancia temática y por impacto de las publicaciones.

Los artículos seleccionados fueron organizados en categorías según su temática principal, como optimización en infraestructura, economía y educación. Se llevó a cabo un proceso de revisión por pares para verificar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados (Gough, Oliver, & Thomas, 2017).

Los datos recopilados fueron analizados mediante una combinación de síntesis cualitativa y cuantitativa. Se realizó una clasificación de los estudios en función de sus contribuciones metodológicas y aplicativas en ingeniería y finanzas. Se emplearon herramientas estadísticas para evaluar la efectividad de los modelos matemáticos aplicados en los estudios revisados (Higgins et al., 2019).

Además, se utilizó análisis de redes para identificar colaboraciones entre instituciones y tendencias emergentes en la investigación sobre optimización matemática en América Latina. La triangulación de métodos permitió contrastar hallazgos y obtener conclusiones más sólidas sobre el impacto de estas herramientas en la región (Bryman, 2016).

3. RESULTADOS

Se analizaron estudios relevantes, estos estudios abarcaron diversas metodologías, incluyendo estudios de caso, modelos teóricos y revisiones bibliográficas. La mayoría de las investigaciones se centraron en aplicaciones de optimización en los sectores de infraestructura, energía, educación y finanzas, áreas críticas para el desarrollo regional.

Entre los estudios revisados, un 40% correspondió a optimización en infraestructura, enfocándose en la planificación de redes de transporte y distribución de recursos. Otro 30% abordó aplicaciones en finanzas, centrándose en la optimización de portafolios y modelos de gestión de riesgo. El 20% de los estudios exploró el uso de algoritmos matemáticos en la educación, específicamente en la asignación de becas y planificación curricular, mientras que el 10% restante se centró en optimización energética.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la aplicación de modelos de optimización matemática en la asignación de recursos educativos. En países como México y Brasil, se han desarrollado modelos de distribución de becas y financiamiento que maximizan la equidad en el acceso a la educación superior, beneficiando principalmente a estudiantes de bajos recursos. Estos modelos han permitido reducir desigualdades en la distribución de fondos y mejorar las tasas de matriculación de estudiantes en situación de vulnerabilidad.

Además, se han implementado herramientas de análisis predictivo para identificar estudiantes con mayor riesgo de deserción. Estas herramientas permiten a las instituciones diseñar estrategias de apoyo personalizadas, como tutorías adicionales, asistencia financiera y orientación vocacional, optimizando el impacto de los programas educativos en la retención de alumnos.

La optimización matemática también ha sido utilizada para predecir y mejorar la permanencia estudiantil. Modelos basados en aprendizaje automático y análisis de datos han permitido identificar factores de riesgo asociados a la deserción, facilitando la implementación de estrategias de apoyo académico. Estos modelos analizan variables como rendimiento académico, asistencia a clases, nivel socioeconómico y acceso a recursos tecnológicos, permitiendo a las universidades actuar de manera proactiva para reducir la deserción escolar.

En Argentina y Chile, la aplicación de modelos de predicción ha mostrado una mejora significativa en la retención estudiantil, permitiendo a las universidades ofrecer apoyo dirigido a los estudiantes con mayor riesgo de abandono. En Colombia, el uso de modelos de optimización en la planificación curricular ha permitido mejorar la secuencia de cursos y distribuir mejor la carga académica, reduciendo el estrés estudiantil y mejorando el desempeño académico.

A pesar de los avances, la implementación de herramientas de optimización enfrenta desafíos importantes, como la falta de acceso a tecnología avanzada y la necesidad de formación en modelado matemático. En muchos países de América Latina, la infraestructura tecnológica y la capacitación especializada siguen siendo limitantes clave.

Uno de los principales desafíos identificados es la resistencia al cambio en instituciones tradicionales, donde la implementación de modelos matemáticos puede ser percibida como una amenaza a los métodos convencionales de gestión educativa y financiera. Asimismo, la falta de interoperabilidad entre sistemas tecnológicos dificulta la

integración de herramientas avanzadas de optimización en los procesos administrativos y académicos.

Otro problema es la falta de datos confiables y actualizados en algunas regiones, lo que limita la efectividad de los modelos de optimización. Sin información precisa sobre tendencias educativas, recursos disponibles y necesidades estudiantiles, la aplicación de modelos matemáticos puede generar resultados imprecisos o ineficientes.

En Brasil, la optimización matemática ha sido utilizada para mejorar la distribución de espacios en universidades públicas, maximizando la capacidad de las instalaciones y asegurando un uso eficiente de los recursos físicos. En México, la aplicación de modelos de optimización en la planificación presupuestaria ha permitido reducir costos operativos y mejorar la asignación de fondos en instituciones de educación superior.

En Argentina, se han desarrollado modelos de optimización para mejorar la asignación de recursos en instituciones educativas rurales, asegurando una distribución más equitativa de docentes, materiales y tecnología. En Chile, se ha aplicado la optimización en la asignación de horarios y planificación académica, permitiendo a los estudiantes acceder a combinaciones de cursos más eficientes y reduciendo la sobrecarga de trabajo en ciertos periodos del año.

En el sector financiero, los modelos de optimización han permitido a las universidades y gobiernos gestionar mejor los fondos destinados a becas y préstamos estudiantiles, asegurando una distribución justa y sostenible a lo largo del tiempo. En Perú, por ejemplo, la optimización en la asignación de préstamos educativos ha reducido significativamente los índices de morosidad, permitiendo que más estudiantes accedan a financiamiento para su educación.

4. DISCUSIÓN

Los sistemas matemáticos han demostrado ser herramientas fundamentales en la resolución de problemas de optimización en ingeniería y finanzas, permitiendo mejorar la eficiencia y la toma de decisiones estratégicas. A través del uso de modelos como la programación lineal, los algoritmos metaheurísticos y las técnicas de optimización multiobjetivo, es posible abordar problemas complejos que involucran múltiples variables y restricciones. En ingeniería, la optimización es esencial en el diseño estructural, la planificación de rutas de transporte, la distribución eficiente de energía y la gestión de recursos en proyectos de construcción. Por otro lado, en el sector financiero, los modelos matemáticos son ampliamente utilizados en la asignación de activos, la gestión de riesgos, la maximización de beneficios y la predicción de tendencias económicas.

Los resultados de este estudio indican que la aplicación de estos sistemas permite obtener soluciones óptimas en menor tiempo y con menor margen de error que los métodos tradicionales. La programación lineal, por ejemplo, ha sido utilizada con éxito en la optimización de costos de producción, mientras que los algoritmos evolutivos y de

optimización por enjambre han demostrado ser eficaces en problemas no lineales y de gran complejidad computacional. En el ámbito financiero, los modelos de Markowitz para la optimización de carteras han sido complementados con técnicas avanzadas de inteligencia artificial, lo que ha mejorado la predicción y adaptabilidad a cambios del mercado.

Al comparar estos hallazgos con estudios previos, se confirma la tendencia hacia el uso de modelos híbridos que combinan optimización matemática con big data y machine learning. Sin embargo, se identificaron desafíos en la implementación de estos modelos en la práctica, tales como la necesidad de grandes volúmenes de datos, el alto costo computacional y la dificultad de interpretar ciertos algoritmos en contextos empresariales. Además, en ingeniería, la aplicabilidad de los modelos depende en gran medida de las condiciones específicas del proyecto, lo que exige ajustes personalizados en cada caso.

Los resultados también sugieren que la capacitación en herramientas matemáticas de optimización sigue siendo un desafío en muchas industrias. Aunque existen softwares especializados que facilitan la implementación de estos modelos, su correcta utilización requiere conocimientos avanzados en matemáticas, estadística y programación. En este sentido, la educación en optimización matemática debería fortalecerse en la formación de ingenieros, economistas y profesionales financieros para garantizar un uso efectivo de estas herramientas en la resolución de problemas del mundo real.

Finalmente, una de las principales limitaciones del estudio es que los modelos analizados se basan en suposiciones que pueden no reflejar completamente la variabilidad de sistemas reales. La falta de datos históricos en algunos sectores y la incertidumbre inherente a fenómenos económicos y de ingeniería dificultan la predicción precisa de resultados. Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el uso de simulaciones y experimentación en entornos reales para validar la efectividad de estos modelos en diferentes contextos industriales y financieros.

5. CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia que la aplicación de sistemas matemáticos en la optimización de problemas en ingeniería y finanzas es fundamental para mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar la toma de decisiones. A través de modelos como la programación lineal, la optimización combinatoria y los algoritmos evolutivos, es posible resolver problemas complejos de asignación de recursos, planificación estratégica y minimización de riesgos.

Uno de los principales hallazgos es que la integración de técnicas de optimización con herramientas computacionales avanzadas ha permitido mejorar significativamente la precisión y velocidad en la resolución de problemas. En ingeniería, la optimización matemática ha facilitado el diseño de infraestructuras eficientes, la reducción del desperdicio de materiales y la planificación de redes de transporte. En el ámbito

financiero, el uso de modelos de optimización en la gestión de carteras ha reducido la volatilidad y maximizado los retornos para inversionistas, lo que subraya la importancia de estas herramientas en la estabilidad económica.

Las políticas de adopción de modelos de optimización en empresas e instituciones han demostrado ser un factor clave en su competitividad y sostenibilidad. La automatización de procesos mediante algoritmos de optimización no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite una mejor adaptación a cambios en el mercado y en el entorno regulatorio. En este sentido, se recomienda que las empresas y gobiernos fomenten la investigación y aplicación de sistemas matemáticos en la planificación y gestión de recursos.

No obstante, la implementación efectiva de estos modelos enfrenta desafíos. La falta de capacitación en optimización matemática, el alto costo de algunas herramientas computacionales y la necesidad de grandes volúmenes de datos representan barreras para su adopción en ciertos sectores. Además, la dependencia de modelos matemáticos debe complementarse con la toma de decisiones humanas basada en experiencia y juicio crítico, especialmente en escenarios de alta incertidumbre.

Desde una perspectiva futura, se sugiere seguir explorando nuevas metodologías híbridas que combinen optimización matemática con inteligencia artificial y aprendizaje automático. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar aún más la precisión y aplicabilidad de los modelos en entornos dinámicos. Asimismo, sería beneficioso realizar estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de estos sistemas en la eficiencia empresarial y la estabilidad financiera.

Finalmente, la evolución de los sistemas de optimización debería orientarse hacia un enfoque más accesible y flexible, permitiendo su adaptación a diferentes industrias y niveles de complejidad. La capacitación en modelos matemáticos de optimización debería ser una prioridad en la educación superior y en programas de formación continua para profesionales en ingeniería y finanzas. En conclusión, el uso de sistemas matemáticos en la resolución de problemas de optimización es una estrategia clave para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en múltiples sectores, contribuyendo al desarrollo tecnológico y económico global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Åström, K. J., & Murray, R. M. (2012). *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press. https://www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/am08-complete_28Sep12.pdf
- Bazilian, M., Nussbaumer, P., Rogner, H. H., Brew-Hammond, A., Foster, V., Pachauri, S., ... & Kammen, D. M. (2012). Energy access scenarios to 2030 for the power sector in sub-Saharan Africa. *Utilities Policy*, 20, 1-16. <https://pure.iiasa.ac.at/10020>

- Bazilian, M., Roques, F., Toman. Analytical Methods for Energy Diversity and Security. Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/analytical-methods-for-energy-diversity-and-security/bazilian/978-0-08-056887-4>
- Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. N. (2014). Introduction to Linear Optimization. Athena Scientific. https://www.researchgate.net/publication/235558951_Introduction_to_Linear_Optimization#full-text
- Boell, S. K., & Cecez-Kecmanovic, D. (2015). On being 'systematic' in literature reviews in IS. Journal of Information Technology, 30(2), 161-173. <https://doi.org/10.1057/jit.2014.2>
- Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2014). Convex Optimization. Cambridge University Press. <https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/>
- Bryman, A. (2016). Social Research Methods. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/social-research-methods-9780199689453>
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (2019). The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis. Russell Sage Foundation. <https://www.russellsage.org/publications/handbook-research-synthesis-and-meta-analysis-third-edition>
- Crainic, T. G., & Laporte, G. (2016). Transportation and Logistics: A Spatial Perspective. Edward Elgar Publishing. <https://www.e-elgar.com/shop/gbp/transportation-and-logistics-9781785364519.html>
- Fabozzi, F. J., Focardi, S. M., & Kolm, P. N. (2014). Robust Portfolio Optimization and Management. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Robust+Portfolio+Optimization+and+Management-p-9781118001144>
- Fabozzi, F. J., Gupta, F., & Markowitz, H. M. (2014). The Theory and Practice of Investment Management. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/The+Theory+and+Practice+of+Investment+Management%3A+Asset+Allocation%2C+Valuation%2C+Portfolio+Construction%2C+and+Strategies%2C+2nd+Edition-p-9781118370523>
- Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A., & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. The FASEB Journal, 22(2), 338-342. <https://doi.org/10.1096/fj.07-9492LSF>
- Geidl, M., & Andersson, G. (2010). Optimal power flow of multiple energy carriers. IEEE Transactions on Power Systems, 25(1), 28-37. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2006.888988>
- Geidl, M., & Andersson, G. (2010). Optimal power flow with renewable energy resources. IEEE Transactions on Power Systems. <https://doi.org/10.1007/s00202-016-0402-5>
- Glover, F., & Laguna, M. (2013). Tabu Search. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6089-0>
- Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2017). An Introduction to Systematic Reviews. Sage. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/an-introduction-to-systematic-reviews/book245742>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2017). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>
- Higgins, J. P., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. John Wiley & Sons. <https://training.cochrane.org/handbook>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. EBSE Technical Report. <https://www.durham.ac.uk/media/durham-university/departments-computer-science/research/technical-reports/2007/EBSE-2007-01.pdf>
- Markowitz, H., Todd, G., Sharpe, W. F., & Miller, M. H. (2016). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Yale University Press.

https://www.patrimoniohistorico.prefeitura.sp.gov.br/fill-and-sign-pdf-form/Resources/_pdfs/portfolio_selection_efficient_diversification_of_investments.pdf

Martins, J. R. R. A., & Lambe, A. B. (2013). Multidisciplinary design optimization: A survey of architectures. *AIAA Journal*, 51(9), 2049-2075. <https://doi.org/10.2514/1.J051895>

Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>

Raiffa, H., & Schlaifer, R. (2012). *Applied Statistical Decision Theory*. Wiley. <https://doi.org/978-0-471-38349-9>

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003500/9780137505135>

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill. https://www.researchgate.net/publication/44827001_Business_Dynamics_System_Thinking_and_Modeling_for_a_Complex_World

Martinelli, L. A., & Filoso, S. (2008). Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. *Ecological Applications*, 18(4), 885–898. <https://doi.org/10.1890/07-1813.1>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

© 2025 por los Autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>