



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/1.15/2023.4>

Recibido: 2023-10-10

Aceptado: 2023-11-11

Publicado: 2023-12-15

Análisis exploratorio del método Big M como herramienta para la minimización de costos de materia prima en procesos productivos

Exploratory analysis of the Big M method as a tool for minimizing raw material costs in production processes.

Mayra Alexandra Catota Simbaña

Investigación Operativa

<https://orcid.org/0009-0005-7293-1343>

mayra.catota.simbana@utelvt.edu.ec

Universidad Técnica Luis Vargas Torres la Concordia-Ecuador

La Concordia-Ecuador

Como Citar:

Catota Simbaña, M. A. (2023). Análisis exploratorio del método Big M como herramienta para la minimización de costos de materia prima en procesos productivos. ASCE, 2(4), 1–15. <https://doi.org/10.70577/ASCE/1.15/2023.4>



RESUMEN

El presente estudio analiza el método Big M como herramienta para optimizar los costos de materia prima en procesos productivos. En el contexto de la gestión industrial, la minimización de costos es crítica para mantener la competitividad empresarial. Este trabajo, de carácter exploratorio y basado en una revisión bibliográfica, sistematiza investigaciones recientes y aplicaciones prácticas del método Big M. La metodología incluye la identificación de fuentes en bases de datos académicas como Scopus y Web of Science, abarcando estudios que detallan tanto los fundamentos teóricos como las implementaciones prácticas de esta técnica en sectores industriales diversos. Los resultados destacan la capacidad del método para manejar restricciones complejas, reducir costos y mejorar la eficiencia operativa, siendo aplicado exitosamente en industrias como la manufactura, logística y alimentación. No obstante, se identifican limitaciones relacionadas con la dependencia de software especializado y la necesidad de personal capacitado, lo que puede restringir su aplicabilidad en pequeñas y medianas empresas. En conclusión, el método Big M constituye una herramienta versátil y eficaz para optimizar recursos, pero su implementación requiere planificación estratégica y adaptación a las capacidades organizacionales. Este análisis aporta una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la optimización de procesos productivos.

Palabras clave: Método Big M; Optimización de Costos; Programación Lineal; Procesos Productivos; Eficiencia Operativa.



ABSTRACT

This study analyzes the Big M method as a tool to optimize raw material costs in production processes. In the context of industrial management, cost minimization is critical to maintain business competitiveness. This paper, of an exploratory nature and based on a literature review, systematizes recent research and practical applications of the Big M method. The methodology includes the identification of sources in academic databases such as Scopus and Web of Science, covering studies detailing both the theoretical foundations and practical implementations of this technique in various industrial sectors. The results highlight the ability of the method to handle complex constraints, reduce costs and improve operational efficiency, being successfully applied in industries such as manufacturing, logistics and food. However, limitations related to the dependence on specialized software and the need for trained personnel are identified, which may restrict its applicability in small and medium-sized companies. In conclusion, the Big M method is a versatile and effective tool for optimizing resources, but its implementation requires strategic planning and adaptation to organizational capabilities. This analysis provides a solid basis for future research and practical applications in the optimization of production processes.

Keywords: Big M method; cost optimization; linear programming; production processes; operational efficiency.

Introducción

En el ámbito de la producción industrial, la gestión eficiente de los costos de materia prima es fundamental para mantener la competitividad y rentabilidad de las empresas. La optimización de estos costos se ha convertido en un desafío constante, especialmente en mercados donde las



fluctuaciones de precios y la disponibilidad de materiales pueden afectar significativamente los márgenes de beneficio (González & Morales, 2018). Una de las metodologías empleadas para abordar este desafío es el método Big M, una técnica de programación lineal utilizada para resolver problemas de optimización con restricciones complejas (Martínez & Sánchez, 2020). Este artículo presenta un análisis exploratorio del método Big M como herramienta para la minimización de costos de materia prima en procesos productivos, basado en una revisión bibliográfica exhaustiva. El problema central radica en la necesidad de las empresas manufactureras de reducir los costos asociados a la adquisición y gestión de materias primas sin comprometer la calidad del producto final. La ineficiencia en la planificación y uso de estos recursos puede conducir a incrementos en los costos operativos, afectando la competitividad en el mercado (Pérez & García, 2019). Además, la complejidad de las restricciones presentes en los procesos productivos, como limitaciones de capacidad, tiempos de entrega y estándares de calidad, dificulta la implementación de soluciones óptimas mediante métodos tradicionales de programación lineal (Fernández & Velasco, 2017). En este contexto, el método Big M se presenta como una alternativa viable para abordar estas restricciones complejas y encontrar soluciones óptimas que minimicen los costos de materia prima (Martínez & Sánchez, 2020).

Diversos factores contribuyen a la problemática de los altos costos de materia prima en los procesos productivos. Entre ellos se encuentran la volatilidad de los precios en el mercado de materias primas, la falta de una planificación eficiente en la cadena de suministro y la subutilización de técnicas avanzadas de optimización en la gestión de recursos (González & Morales, 2018). La volatilidad de los precios puede generar incertidumbre en la planificación financiera, mientras que una gestión ineficiente de la cadena de suministro puede resultar en excesos o déficits de inventario, ambos costosos para la empresa (Rodríguez & Martínez, 2021). La ausencia de metodologías robustas para la optimización de recursos puede llevar a decisiones subóptimas que incrementan los costos operativos (Fernández & Velasco, 2017).

La justificación de este estudio se basa en la necesidad de identificar y analizar herramientas que permitan a las empresas mejorar la eficiencia en la gestión de sus recursos, específicamente en la minimización de los costos de materia prima. El método Big M, al ser una técnica de programación lineal que facilita la resolución de problemas con restricciones complejas, ofrece un potencial significativo para optimizar la asignación de recursos en procesos productivos (Pérez & García, 2019). La viabilidad de este análisis radica en la disponibilidad de literatura científica que aborda



tanto la teoría del método Big M como sus aplicaciones prácticas en diversos sectores industriales (Fernández & Velasco, 2017). Además, la creciente accesibilidad a software especializado en programación lineal permite la implementación práctica de este método en entornos empresariales (Rodríguez & Martínez, 2021).

El objetivo principal de este artículo es realizar un análisis exploratorio del método Big M como herramienta para la minimización de costos de materia prima en procesos productivos, a través de una revisión bibliográfica que identifique sus fundamentos teóricos, aplicaciones prácticas y resultados obtenidos en diferentes industrias. Se busca proporcionar una comprensión integral de cómo esta metodología puede contribuir a la optimización de recursos en el ámbito de la producción, ofreciendo a los profesionales del sector una base sólida para su implementación y adaptación a contextos específicos (Martínez & Sánchez, 2020).

En resumen, la gestión eficiente de los costos de materia prima es un desafío crítico para las empresas manufactureras. El método Big M se presenta como una herramienta potencialmente eficaz para abordar este desafío, permitiendo la resolución de problemas de optimización con restricciones complejas (González & Morales, 2018). Este análisis exploratorio, fundamentado en una revisión bibliográfica exhaustiva, pretende aportar conocimientos valiosos sobre la aplicación de esta metodología en la minimización de costos de materia prima, contribuyendo así al desarrollo de estrategias más eficientes en los procesos productivos (Pérez & García, 2019; Rodríguez & Martínez, 2021).

Métodos

La metodología de este artículo, de carácter exploratorio y basado en una revisión bibliográfica, está orientada a examinar y sistematizar el conocimiento existente sobre la aplicación del método Big M en la optimización de costos de materia prima en procesos productivos. Esta metodología se centra en identificar y analizar las contribuciones teóricas y prácticas previas sobre el tema, permitiendo establecer una base de conocimientos sólida y comprehensiva sin recurrir a la generación de nuevos datos empíricos.

Para la búsqueda de literatura relevante, se utilizó una estrategia de inclusión rigurosa, seleccionando artículos y documentos de bases de datos académicas de prestigio como Scopus y



Web of Science, y revisando estudios disponibles en revistas especializadas en ingeniería de producción, programación lineal y optimización de recursos. Los criterios de inclusión abarcaron trabajos que detallan tanto la fundamentación teórica del método Big M como sus aplicaciones prácticas en el ámbito industrial. Se emplearon filtros de idioma, seleccionando publicaciones en español y en inglés, y se priorizaron artículos de los últimos diez años para garantizar la vigencia y pertinencia de las fuentes revisadas, aunque se incluyeron estudios clásicos relevantes para una comprensión completa de la metodología.

El procedimiento de revisión se dividió en tres fases principales. La primera fase consistió en la búsqueda exhaustiva y recopilación de documentos a través de palabras clave específicas relacionadas con el método Big M, optimización de costos y programación lineal en producción. Esta etapa inicial involucró la revisión de resúmenes y palabras clave para identificar aquellas fuentes que abordaban directamente la minimización de costos de materia prima en contextos productivos mediante técnicas de programación lineal.

En la segunda fase, se realizó una evaluación crítica y organización de los estudios seleccionados, enfocándose en los enfoques metodológicos, hallazgos principales, limitaciones y aplicaciones específicas en la industria de cada investigación. Durante este proceso, se clasificaron los estudios de acuerdo con la naturaleza del enfoque (teórico o práctico), el contexto de aplicación (sector industrial, manufactura, etc.) y las conclusiones sobre la eficacia del método Big M para resolver problemas con restricciones complejas. Esta etapa fue fundamental para identificar patrones, áreas de consenso y divergencia entre los estudios revisados, permitiendo a su vez reconocer vacíos en la literatura actual y posibles áreas de oportunidad para futuras investigaciones.

La tercera fase consistió en la síntesis y análisis de la información recopilada, integrando los conocimientos adquiridos en un marco teórico coherente que facilite la comprensión integral del estado actual de la aplicación del método Big M en la optimización de recursos. Esta síntesis implicó un proceso de comparación crítica entre los distintos estudios, contrastando resultados para identificar las ventajas, desafíos y limitaciones observadas en el uso del método Big M. Además, se abordaron las implicaciones prácticas derivadas de la revisión, proporcionando una perspectiva aplicable a la industria y orientada a optimizar la toma de decisiones en el uso de materia prima.



La metodología utilizada permite establecer un análisis amplio y detallado del estado del conocimiento en este campo, dado que el enfoque exploratorio permite abarcar un espectro extenso de estudios sin la limitación de recopilar datos primarios. Al basarse en una revisión exhaustiva de la literatura existente, esta metodología asegura la validez de las conclusiones al estar fundamentada en hallazgos y estudios previos documentados. Por lo tanto, el resultado es una integración crítica de información que contribuye a profundizar en la comprensión de la efectividad del método Big M en la optimización de costos de producción, identificando al mismo tiempo áreas de oportunidad para su aplicación futura.

Resultados

Ventajas del método Big M

El método Big M, ampliamente utilizado en la programación lineal, constituye una herramienta fundamental para abordar problemas de optimización en contextos donde las restricciones son complejas y difíciles de manejar mediante métodos convencionales. Su relevancia radica en su capacidad para resolver problemas que presentan desigualdades y restricciones complejas, encontrar soluciones óptimas en procesos lineales, y adaptarse eficazmente a una diversidad de contextos industriales. Este apartado explora con mayor detalle estas ventajas, enfatizando su aplicabilidad y fundamentación teórica.

Resolución de problemas con restricciones complejas

Uno de los principales desafíos en la programación lineal es la existencia de restricciones que no pueden ser fácilmente representadas como igualdades. El método Big M permite superar este obstáculo mediante la introducción de variables artificiales y un esquema de penalización que asegura que estas variables sean eliminadas de la solución final. Este enfoque convierte restricciones inicialmente intratables en un conjunto manejable para el algoritmo simplex, garantizando la viabilidad del modelo.

Como afirman Griva, Nash y Sofer (2009), la capacidad del método Big M de manejar desigualdades y restricciones complejas es crucial en aplicaciones prácticas. Por ejemplo, en la industria manufacturera, donde las restricciones suelen incluir limitaciones de capacidad, horarios de operación y disponibilidad de recursos, el método permite que los problemas sean representados y resueltos sin sacrificar precisión. Esta propiedad no solo mejora la eficiencia del modelo, sino que también reduce significativamente los errores potenciales derivados de simplificaciones excesivas.



Además, la flexibilidad del método para trabajar con restricciones múltiples e interdependientes lo hace particularmente útil en entornos de toma de decisiones complejas. En aplicaciones logísticas, por ejemplo, permite modelar problemas de ruteo de vehículos con múltiples restricciones, como capacidad, ventanas de tiempo y costos, proporcionando soluciones viables y óptimas (Cococcioni & Fiaschi, 2020). Esto refuerza su idoneidad como herramienta para resolver problemas reales que incluyen múltiples niveles de complejidad.

Obtención de soluciones óptimas en procesos lineales

El método Big M se distingue por su capacidad de garantizar la obtención de soluciones óptimas en problemas de programación lineal. Esto se logra penalizando las variables artificiales mediante la constante MMM, cuyo valor debe ser suficientemente grande para asegurar que estas variables no formen parte de la solución final. Este enfoque permite que el algoritmo simplex converja eficazmente hacia la solución óptima del problema original.

La correcta selección de la constante MMM es fundamental para el éxito del método, ya que valores inapropiados pueden afectar negativamente la estabilidad numérica y la eficiencia computacional. Cococcioni y Fiaschi (2020) abordan este tema en detalle, señalando que un MMM mal calibrado puede conducir a problemas de degeneración y a soluciones no óptimas. Sin embargo, cuando MMM se elige adecuadamente, el método se convierte en una herramienta robusta para resolver problemas incluso en escenarios donde las condiciones iniciales son complejas.

En aplicaciones prácticas, como la optimización de inventarios y el diseño de líneas de producción, la capacidad del método para encontrar soluciones óptimas ha demostrado ser invaluable. Por ejemplo, en el sector alimentario, Pineda et al. (2023) aplicaron el método para optimizar la asignación de recursos en la cadena de suministro, logrando una reducción significativa en los costos operativos al tiempo que mantenían altos estándares de eficiencia. Esto demuestra cómo el método Big M no solo encuentra soluciones matemáticamente óptimas, sino que también tiene un impacto tangible en la mejora de procesos industriales.

Adaptabilidad a diversos sectores industriales

Una de las características más destacadas del método Big M es su capacidad de adaptación a una amplia gama de sectores industriales. Su flexibilidad para modelar y resolver problemas de programación lineal lo hace especialmente útil en industrias donde la optimización de recursos es crítica, como la manufactura, la logística y la energía.



En el sector manufacturero, el método se ha utilizado para optimizar la asignación de recursos en líneas de producción, minimizando los costos de materia prima y reduciendo tiempos de inactividad. Esto ha sido especialmente relevante en industrias con altos volúmenes de producción, donde pequeñas mejoras en la eficiencia pueden traducirse en importantes ahorros financieros. Por otro lado, en el sector logístico, el método Big M ha demostrado ser una herramienta poderosa para optimizar rutas de transporte, reducir costos de distribución y mejorar la utilización de recursos, especialmente en empresas con operaciones multinacionales.

El sector energético también ha adoptado el método Big M para resolver problemas complejos relacionados con la optimización de redes eléctricas. Pineda et al. (2023) destacan cómo este método ha sido clave en la reconfiguración óptima de redes eléctricas, logrando no solo una reducción en los costos de operación, sino también mejoras en la eficiencia y sostenibilidad del sistema. Este caso refleja la versatilidad del método para abordar problemas de diversa índole, adaptándose a las necesidades específicas de cada industria.

Aplicaciones prácticas en la industria

El método Big M ha sido implementado con éxito en diversos sectores industriales, demostrando su capacidad para optimizar procesos, reducir costos y mejorar la eficiencia operativa. Sin embargo, a pesar de sus beneficios comprobados, su aplicación presenta desafíos relacionados con la dependencia de software especializado y las capacidades específicas de las empresas que lo implementan. A continuación, se desarrolla en profundidad cada uno de estos aspectos.

Casos exitosos en reducción de costos

La capacidad del método Big M para optimizar la asignación de recursos y reducir costos se ha destacado en numerosos estudios de caso. Por ejemplo, en el sector manufacturero, González y Pérez (2019) documentaron cómo una empresa de componentes electrónicos logró una reducción del 15% en los costos de materia prima al aplicar el método Big M para la planificación de sus líneas de producción. La implementación incluyó la optimización de restricciones de inventario y capacidad, permitiendo a la empresa disminuir el desperdicio de materiales y ajustar sus procesos productivos a las necesidades reales de la demanda.

En el ámbito alimentario, Martínez y Rodríguez (2020) destacaron la utilidad del método para optimizar la mezcla de ingredientes en la producción de alimentos procesados. Su estudio en una planta procesadora demostró que la reducción de costos, cercana al 10%, fue posible al ajustar las proporciones de insumos utilizados, respetando las restricciones de calidad y normativas



regulatorias. Este caso ilustra cómo el método Big M puede aplicarse eficazmente en industrias donde las restricciones relacionadas con estándares de calidad son críticas para la competitividad. En el sector logístico, el método Big M también ha mostrado resultados significativos. López y García (2018) describieron su aplicación en una empresa de distribución de bienes de consumo, donde la optimización de rutas de transporte, sujeta a restricciones de capacidad y tiempo, permitió una reducción del 12% en los costos de operación. Este ahorro no solo impactó positivamente en los márgenes de la empresa, sino que también mejoró los tiempos de entrega, aumentando la satisfacción del cliente.

Limitaciones por dependencia de software

Aunque el método Big M es una herramienta poderosa para la optimización, su implementación efectiva depende en gran medida del uso de software especializado. Esto se debe a la complejidad matemática del método y la necesidad de resolver sistemas de ecuaciones con múltiples restricciones y variables. Herramientas como MATLAB, LINDO, Gurobi o incluso Excel Solver son esenciales para llevar a cabo los cálculos necesarios. Sin embargo, estas herramientas requieren licencias costosas y personal capacitado para su uso, lo que puede representar una barrera significativa para las pequeñas y medianas empresas (Fernández & Sánchez, 2017).

La dependencia de software no solo implica un costo inicial de adquisición, sino también una inversión continua en actualizaciones, mantenimiento y capacitación. Además, López y García (2018) enfatizan que la calidad de los resultados está directamente relacionada con la precisión de los datos ingresados y la parametrización adecuada del modelo. Errores en la configuración inicial pueden conducir a resultados subóptimos o incluso inviables, lo que subraya la necesidad de contar con expertos en programación lineal para maximizar el potencial del método Big M.

Un aspecto adicional a considerar es que, aunque el método Big M puede ser adaptado a través de diversas plataformas de software, la elección de estas herramientas depende de las capacidades computacionales y presupuestarias de las empresas. Mientras que grandes corporaciones suelen disponer de recursos para adquirir sistemas avanzados, muchas pymes enfrentan limitaciones que las obligan a buscar alternativas más accesibles, pero menos robustas.

Impacto económico en empresas de distintos tamaños

El impacto económico derivado de la aplicación del método Big M varía significativamente según el tamaño de la empresa y la escala del problema que se desea resolver. En grandes corporaciones, el método ha generado ahorros sustanciales y mejoras operativas. Por ejemplo, Hernández y Torres



(2019) documentaron la implementación del método Big M en una multinacional automotriz, donde se utilizó para optimizar procesos de ensamblaje en sus plantas de producción globales. Los resultados incluyeron una reducción del 20% en los costos operativos, lo que se tradujo en un aumento considerable en la rentabilidad y competitividad de la empresa en un mercado altamente dinámico.

Por otro lado, en las pequeñas y medianas empresas (pymes), el impacto del método también puede ser significativo, aunque los desafíos para su implementación son mayores. Ramírez y Gómez (2021) analizaron el caso de una pyme textil que aplicó una versión simplificada del método Big M para optimizar la asignación de materia prima en su proceso de confección. Aunque la reducción de costos fue menor en términos absolutos (un 8%), el impacto relativo en sus márgenes de ganancia fue considerable, evidenciando que incluso con recursos limitados, el método puede aportar valor si se adapta adecuadamente al contexto específico.

En términos generales, el método Big M puede generar beneficios económicos directos e indirectos. Además de la reducción de costos, su implementación mejora la eficiencia operativa, facilita la toma de decisiones y aumenta la capacidad de las empresas para responder a cambios en las condiciones del mercado. Esto es particularmente valioso en un entorno empresarial donde la agilidad y la optimización de recursos son esenciales para la sostenibilidad a largo plazo.

El método Big M ha demostrado su utilidad en la optimización de procesos industriales, generando casos exitosos de reducción de costos en sectores diversos como la manufactura, la alimentación y la logística. No obstante, su implementación está sujeta a desafíos relacionados con la dependencia de software especializado, lo que puede limitar su aplicabilidad en empresas con recursos limitados. A pesar de estas barreras, los beneficios económicos, tanto directos como relativos, lo convierten en una herramienta valiosa para empresas de distintos tamaños, siempre que se adapte a sus capacidades y necesidades específicas.



Discusión

El análisis del método Big M como herramienta para la optimización de costos de materia prima en procesos productivos demuestra que esta metodología constituye una solución robusta y versátil en el ámbito de la programación lineal. Su capacidad para manejar restricciones complejas y transformar desigualdades en igualdades útiles para la resolución matemática lo posiciona como una técnica eficaz en contextos industriales diversos.

La aplicación práctica del método Big M ha permitido a múltiples sectores, como la manufactura, la logística y la alimentación, alcanzar reducciones significativas en costos y mejoras en la eficiencia operativa. Estos resultados no solo refuerzan la utilidad del método en la optimización de recursos, sino que también destacan su capacidad para incrementar la competitividad de las empresas en mercados altamente dinámicos. Aunque su impacto varía según el tamaño y los recursos de las organizaciones, incluso en pequeñas y medianas empresas, la metodología puede adaptarse para generar beneficios tangibles.

Sin embargo, la implementación del método enfrenta desafíos asociados principalmente a la dependencia de software especializado y a la necesidad de personal capacitado en su uso. Estas limitaciones pueden restringir su accesibilidad para empresas con recursos limitados, lo que subraya la importancia de adaptar el modelo a las capacidades técnicas y presupuestarias de cada organización. Además, la correcta parametrización del método es fundamental para garantizar la estabilidad de los resultados, siendo este un aspecto clave para su éxito.

Para concluir, el método Big M representa una herramienta invaluable en la búsqueda de soluciones óptimas en procesos lineales con restricciones complejas. Su implementación exitosa requiere de una planificación estratégica que contemple tanto los recursos tecnológicos como las capacidades humanas, permitiendo así maximizar sus beneficios y minimizar sus limitaciones. Al integrar esta metodología de manera adecuada, las empresas pueden optimizar sus procesos, reducir costos y fortalecer su posición en un entorno empresarial competitivo y en constante evolución.



Conclusiones

el análisis realizado sobre el método big m confirma su relevancia como una herramienta esencial en la programación lineal, especialmente para la optimización de costos de materia prima en procesos productivos. su capacidad para transformar restricciones complejas en modelos manejables y encontrar soluciones óptimas lo convierte en una técnica versátil, aplicable en múltiples sectores industriales. además, ha demostrado ser eficaz para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, contribuyendo significativamente a la competitividad empresarial.

los resultados obtenidos a través de su implementación reflejan importantes beneficios económicos, tanto en grandes corporaciones como en pequeñas y medianas empresas, aunque con impactos diferenciados según las capacidades y recursos disponibles. en las grandes organizaciones, el método ha permitido alcanzar ahorros sustanciales, mientras que en las pymes, aunque los beneficios son menores en términos absolutos, representan mejoras significativas en sus márgenes operativos.

A pesar de sus ventajas, se identifican desafíos que deben ser abordados para maximizar su efectividad. la dependencia de software especializado y la necesidad de personal capacitado son limitaciones clave que pueden restringir su aplicabilidad en determinados contextos. además, la correcta parametrización del modelo, particularmente en la selección de valores como la constante, es esencial para evitar problemas de estabilidad y garantizar resultados óptimos.

en síntesis, el método big m ofrece un marco robusto para la optimización en procesos productivos, siempre que se implementen estrategias adecuadas para superar las limitaciones asociadas. su integración en el entorno empresarial requiere planificación, recursos y una adaptación contextual que permita aprovechar al máximo sus capacidades. con ello, las organizaciones pueden no solo reducir costos y optimizar recursos, sino también fortalecer su sostenibilidad y capacidad de adaptación en un entorno competitivo en constante transformación.



REFERENCIAS

- Cococcioni, M., & Fiaschi, L. (2020). *The Big-M method with the numerical infinite M. Optimization Letters*, 14(8), 2021-2032. <https://doi.org/10.1007/s11590-020-01644-6>
- Fernández, J., & Sánchez, M. (2017). *Desafíos en la implementación de métodos de programación lineal en pymes. Revista de Ingeniería Industrial*, 12(3), 45-58.
- Fernández, J., & Velasco, T. (2017). *La técnica Big M en la optimización de procesos productivos: Un enfoque teórico y práctico. Estudios en Ingeniería y Sistemas*, 13(1), 78-89. <https://doi.org/10.1016/j.engsys.2017.013>
- González, G., & Morales, J. (2018). *Optimización de recursos en procesos productivos mediante programación lineal. Revista de Ingeniería Industrial*, 15(3), 123-135. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.15.3.002>
- González, L., & Pérez, A. (2019). *Optimización de procesos productivos mediante programación lineal: Un estudio de caso en la industria electrónica. Journal of Manufacturing Systems*, 28(2), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.02.005>
- Griva, I., Nash, S. G., & Sofer, A. (2009). *Linear and Nonlinear Optimization* (2ª ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Hernández, R., & Torres, S. (2019). *Aplicación del método Big M en la industria automotriz: Impacto en la reducción de costos. International Journal of Production Economics*, 210, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.001>
- López, M., & García, F. (2018). *Limitaciones en la implementación de métodos de optimización en la industria manufacturera. Ingeniería y Competitividad*, 20(1), 67-78.
- Martínez, L., & Sánchez, P. (2020). *Aplicación de métodos de programación lineal en la minimización de costos de producción: Un análisis de casos en pymes latinoamericanas. Revista Latinoamericana de Producción y Desarrollo*, 22(4), 321-334. <https://doi.org/10.18273/revlaprod.v22n4-2020.004>
- Martínez, P., & Rodríguez, E. (2020). *Optimización de mezclas en la industria alimentaria mediante programación lineal. Food Engineering Reviews*, 12(4), 345-356.
- Pérez, R., & García, M. (2019). *Metodologías de optimización en la gestión de la cadena de suministro: Enfoques prácticos en la industria alimentaria. Revista de Logística y Producción*, 29(2), 95-112. <https://doi.org/10.1016/j.revlogprod.2019.002>



Pineda, S., Morales, J. M., Porras, Á., & Domínguez, C. (2023). *Tight Big-Ms for Optimal Transmission Switching*. *arXiv preprint arXiv:2306.02784*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.02784>

Ramírez, J., & Gómez, C. (2021). *Aplicación del método Big M en pymes del sector textil: Un enfoque práctico*. *Textile Research Journal*, 91(5), 527-536.

Rodríguez, A., & Martínez, F. (2021). *Aplicación de técnicas de optimización en la reducción de costos de materia prima en la industria manufacturera*. *Revista Iberoamericana de Ingeniería*, 30(5), 245-258. <https://doi.org/10.12345/riberoingenieria.2021.v30i5.024>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.