



El papel de las matemáticas en la modelación y simulación de sistemas de ingeniería

The role of mathematics in the modeling and simulation of engineering systems

O papel da matemática na modelação e simulação de sistemas de engenharia

Estalin Fabián Mejía-Hidalgo ^I
estalin.mejia@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-0215-2237>

Ronny Gonzalo Pomboza-Granizo ^{II}
gonzalo.pomboza@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6109-0922>

Hugo Renato Jacome-Cartagena ^{III}
hugo.jacome@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-0726-4080>

Marco Antonio Santillan-Tasigchana ^{IV}
marco.santillant@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-3248-0410>

Correspondencia: estalin.mejia@unach.edu.ec

Ciencias Matemáticas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 septiembre de 2025 * **Aceptado:** 10 de octubre de 2025 * **Publicado:** 07 de noviembre de 2025

- I. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- II. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

El presente estudio analiza el papel fundamental que desempeñan las matemáticas en la modelación y simulación de sistemas de ingeniería, considerando su influencia en la precisión, la optimización y la toma de decisiones técnicas, a partir de una metodología cualitativa basada en la revisión documental y el análisis comparativo de resultados, se evidencia que las matemáticas constituyen el lenguaje esencial que permite representar fenómenos físicos, estructurales y computacionales mediante modelos formales y verificables, los resultados obtenidos demuestran que el rigor matemático mejora la exactitud de las simulaciones, reduce los márgenes de error y favorece la validación de los modelos frente a los datos reales, se constató que la integración de métodos matemáticos avanzados con herramientas computacionales incrementa la eficiencia operativa, la capacidad predictiva y la sostenibilidad de los sistemas, otro hallazgo relevante indica que la formación matemática de los ingenieros es determinante para la calidad de los modelos desarrollados, lo que sugiere fortalecer la enseñanza de matemáticas aplicadas en los programas académicos de ingeniería, se concluye que las matemáticas no solo cumplen una función instrumental, sino estratégica, al posibilitar el diseño, análisis y control de sistemas complejos, consolidándose como un pilar indispensable para la innovación y la ingeniería del futuro.

Palabras clave: Matemáticas aplicadas; Modelación; Simulación; Ingeniería; Optimización.

Abstract

This study analyzes the fundamental role of mathematics in the modeling and simulation of engineering systems, considering its influence on accuracy, optimization, and technical decision-making. Using a qualitative methodology based on document review and comparative analysis of results, the study demonstrates that mathematics constitutes the essential language for representing physical, structural, and computational phenomena through formal and verifiable models. The results show that mathematical rigor improves the accuracy of simulations, reduces error margins, and facilitates the validation of models against real-world data. It was also found that integrating advanced mathematical methods with computational tools increases operational efficiency, predictive capacity, and the sustainability of systems. Another relevant finding indicates that the mathematical training of engineers is crucial for the quality of the developed models, suggesting a need to strengthen the teaching of applied mathematics in engineering academic programs. The study concludes that mathematics not only fulfills an instrumental function but also a strategic one,

enabling the design, analysis, and control of complex systems, thus establishing itself as an indispensable pillar for innovation and the engineering of the future.

Keywords: Applied mathematics; Modeling; Simulation; Engineering; Optimization.

Resumo

Este estudo analisa o papel fundamental da matemática na modelação e simulação de sistemas de engenharia, considerando a sua influência na precisão, otimização e tomada de decisões técnicas. Recorrendo a uma metodologia qualitativa baseada na revisão documental e na análise comparativa de resultados, o estudo demonstra que a matemática constitui a linguagem essencial para representar fenómenos físicos, estruturais e computacionais através de modelos formais e verificáveis. Os resultados mostram que o rigor matemático melhora a precisão das simulações, reduz as margens de erro e facilita a validação dos modelos com base em dados do mundo real. Verificou-se também que a integração de métodos matemáticos avançados com ferramentas computacionais aumenta a eficiência operacional, a capacidade preditiva e a sustentabilidade dos sistemas. Outra descoberta relevante indica que a formação matemática dos engenheiros é crucial para a qualidade dos modelos desenvolvidos, sugerindo a necessidade de reforçar o ensino da matemática aplicada nos cursos de engenharia. O estudo conclui que a matemática não desempenha apenas uma função instrumental, mas também estratégica, possibilitando o projeto, a análise e o controlo de sistemas complexos, estabelecendo-se, assim, como um pilar indispensável para a inovação e a engenharia do futuro.

Palavras-chave: Matemática aplicada; Modelagem; Simulação; Engenharia; Otimização.

Introducción

En el contexto contemporáneo de la ingeniería, caracterizado por la complejidad creciente de los sistemas y procesos, las matemáticas se erigen como el lenguaje fundamental que permite representar, comprender y transformar la realidad técnica, la modelación y simulación de sistemas de ingeniería dependen intrínsecamente de la capacidad de formular expresiones matemáticas que describan de manera precisa los fenómenos físicos, químicos, eléctricos, mecánicos o estructurales que conforman dichos sistemas, a pesar del papel esencial de las matemáticas, persiste una problemática recurrente: la dificultad de integrar adecuadamente los modelos matemáticos con las

condiciones reales del entorno operativo, lo que puede generar discrepancias entre las simulaciones teóricas y los resultados empíricos, esta brecha entre el modelo y la realidad constituye uno de los principales desafíos actuales para la ingeniería moderna (De Loiola Araújo & De Lima, 2020).

El problema radica por un lado, en la creciente complejidad de los sistemas que involucran múltiples variables interdependientes y dinámicas no lineales y por otro, en la limitada comprensión o aplicación rigurosa de los fundamentos matemáticos por parte de algunos profesionales o estudiantes de ingeniería, los modelos simplificados, las suposiciones excesivas o el uso inadecuado de herramientas computacionales conducen a simulaciones poco fiables o carentes de valor predictivo, de ahí que se haga necesario revalorizar el papel de las matemáticas como herramienta de razonamiento lógico y abstracto, capaz de sustentar el diseño, la optimización y el control de sistemas complejos con un enfoque científico riguroso (Albarracín & Gorgorió, 2013).

El objetivo principal de este estudio es analizar el papel de las matemáticas en los procesos de modelación y simulación de sistemas de ingeniería, identificando su importancia en la comprensión de los fenómenos, la toma de decisiones técnicas y la optimización de procesos, se busca destacar la relación entre la formación matemática y la capacidad de los ingenieros para construir modelos precisos y eficientes, que respondan a las necesidades reales de la industria y la sociedad, este objetivo se enmarca en la necesidad de promover una visión interdisciplinaria que conecte la teoría matemática con la práctica ingenieril, favoreciendo la innovación tecnológica y la sostenibilidad de los sistemas productivos (Aguilera-Eguía et al., 2021).

La metodología empleada se enmarca dentro de un enfoque cualitativo, orientado a la comprensión profunda de las percepciones, experiencias y fundamentos teóricos que explican el vínculo entre las matemáticas y la ingeniería, a través del análisis documental y la revisión bibliográfica de fuentes académicas, científicas y técnicas, se examinan distintos enfoques teóricos sobre la modelación matemática, los métodos de simulación y las aplicaciones en diversas ramas de la ingeniería, tales como la civil, mecánica, eléctrica, industrial y de sistemas, esta metodología permite explorar no solo los fundamentos técnicos de la modelación, sino también los aspectos epistemológicos y formativos que determinan cómo los ingenieros conceptualizan y aplican los modelos matemáticos en la práctica profesional (Coa-Mamani et al., 2023).

Desde una perspectiva cualitativa, se analizan también casos representativos y experiencias reportadas en estudios previos, donde la aplicación de modelos matemáticos ha permitido optimizar

procesos, reducir costos, mejorar la eficiencia energética o anticipar fallas estructurales, este tipo de análisis aporta una comprensión integral del papel de las matemáticas como herramienta de predicción, control y mejora continua, a diferencia de los enfoques puramente cuantitativos, la investigación cualitativa permite reflexionar sobre la dimensión conceptual del conocimiento matemático, su valor formativo y su influencia en la toma de decisiones de ingeniería, más allá de la mera aplicación instrumental de fórmulas o algoritmos (Barquero, 2015).

Los principales resultados esperados de este estudio apuntan a evidenciar que la modelación matemática constituye el eje estructurador de la ingeniería moderna, se espera demostrar que los modelos matemáticos no solo representan la realidad, sino que también la interpretan y la transforman al permitir prever comportamientos futuros, evaluar escenarios alternativos y diseñar soluciones óptimas, los resultados buscan resaltar que la simulación, sustentada en modelos rigurosos, constituye una herramienta indispensable para validar teorías, reducir riesgos y disminuir costos experimentales, la incorporación de herramientas matemáticas avanzadas como el análisis numérico, la estadística aplicada, la teoría de control, los métodos diferenciales o la optimización multicriterio potencia la capacidad de los ingenieros para enfrentar sistemas altamente complejos, tales como redes energéticas, sistemas de transporte inteligente o procesos industriales automatizados (Stewart et al., 2002).

Se prevé que el estudio aporte una reflexión sobre la necesidad de fortalecer la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas dentro de los programas de ingeniería, no solo como un conjunto de técnicas, sino como una forma de pensamiento crítico y abstracto que facilita la resolución de problemas reales, el vínculo entre matemáticas, modelación y simulación debe concebirse como una triada inseparable para el avance del conocimiento científico y tecnológico, comprender este vínculo permitirá formar profesionales más competentes, capaces de diseñar modelos con fundamentos sólidos y de interpretar los resultados de manera responsable y creativa, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la innovación dentro del campo de la ingeniería (Plaza Gálvez & Plaza Gálvez, 2016).

Marco Teórico

Matemáticas

Las matemáticas constituyen una de las formas más antiguas y universales del conocimiento humano, son el lenguaje mediante el cual el ser humano describe, interpreta y transforma la

realidad, permitiendo expresar fenómenos complejos de manera lógica, estructurada y cuantificable, las matemáticas pueden definirse como una ciencia formal que estudia las propiedades, relaciones y estructuras abstractas, utilizando el razonamiento deductivo para establecer verdades universales, su objetivo fundamental es representar y analizar patrones, magnitudes y variaciones, proporcionando las herramientas necesarias para comprender el comportamiento de los sistemas tanto naturales como artificiales (Carrillo-Yañez et al., 2018).

Más allá de su carácter teórico, las matemáticas desempeñan un papel instrumental en el desarrollo científico y tecnológico, a través de la modelación y la simulación, esta disciplina posibilita la formulación de modelos que representan de manera simplificada los procesos reales, facilitando el análisis, la predicción y la optimización de resultados, las matemáticas son la base sobre la cual se construyen los modelos físicos, químicos, mecánicos o eléctricos que explican el funcionamiento de los sistemas, su aplicación permite transformar observaciones empíricas en ecuaciones, y estas, a su vez, en herramientas predictivas capaces de anticipar el comportamiento de un sistema bajo diferentes condiciones (R. J. Conde-Carmona et al., 2021).

El pensamiento matemático se caracteriza por su rigor lógico y su capacidad para abstraer la realidad, es decir, para aislar los elementos esenciales de un fenómeno y representarlos mediante símbolos y relaciones formales, esta abstracción permite que los ingenieros y científicos trabajen con modelos generalizables, los cuales pueden aplicarse a distintas situaciones sin necesidad de experimentar directamente con el sistema real, las matemáticas no solo describen la realidad, sino que también posibilitan su transformación mediante la optimización, el control y la simulación de escenarios hipotéticos (R. Conde-Carmona & Padilla Escorcía, 2021).

En el ámbito de la ingeniería, las matemáticas se manifiestan en diversas áreas: desde el cálculo diferencial e integral, que permite estudiar el cambio y la variación; hasta la estadística y la probabilidad, que facilitan la toma de decisiones bajo incertidumbre. La teoría de sistemas, las ecuaciones diferenciales, la optimización lineal y no lineal y el análisis numérico son otras ramas fundamentales que hacen posible la modelación computacional de sistemas complejos, cada una de estas áreas contribuye al diseño de modelos precisos que, al ser implementados en entornos de simulación, ofrecen soluciones eficientes a problemas reales (Acevedo-Rincon, 2020).

Las matemáticas constituyen un elemento central en el desarrollo del pensamiento crítico y analítico de los ingenieros. Su estudio fomenta la capacidad de formular hipótesis, analizar causas y efectos, y razonar de manera estructurada para llegar a conclusiones válidas, más que un conjunto

de fórmulas, las matemáticas deben entenderse como una forma de pensamiento, una herramienta cognitiva que estimula la creatividad y la innovación en la resolución de problemas (Padilla-Escorcia et al., 2022).

Las matemáticas son el pilar que sustenta la modelación y simulación de sistemas de ingeniería, al proporcionar el marco lógico y cuantitativo que permite comprender, representar y predecir el comportamiento de los fenómenos técnicos, su dominio garantiza la coherencia entre la teoría y la práctica, entre el diseño conceptual y la implementación real, convirtiéndolas en una herramienta esencial para el progreso científico, tecnológico e industrial (“Matemática Como Ciencia Del Saber,” 2016).

Modelación y Simulación

En el ámbito científico y tecnológico, los conceptos de modelo y simulación constituyen pilares fundamentales para la comprensión, el análisis y la optimización de los sistemas de ingeniería, un modelo puede definirse como una representación abstracta, simplificada y estructurada de un fenómeno, proceso o sistema real, su propósito principal es describir y explicar el comportamiento de dicho sistema mediante relaciones matemáticas, lógicas o simbólicas que permiten analizar su dinámica interna y predecir su evolución bajo distintas condiciones, por su parte, la simulación es el proceso mediante el cual se ejecuta un modelo generalmente con ayuda de herramientas computacionales para estudiar el comportamiento del sistema representado y evaluar los efectos de diferentes variables o escenarios sin intervenir directamente en la realidad (Whitmeyer et al., 2008).

Los modelos surgen de la necesidad de comprender sistemas complejos que no pueden ser observados o experimentados de manera directa por limitaciones de tiempo, costo o riesgo, en ingeniería, un modelo se formula a partir de principios teóricos, leyes físicas, datos experimentales y suposiciones que permiten traducir los fenómenos reales a expresiones matemáticas, estas expresiones suelen adoptar la forma de ecuaciones diferenciales, funciones estadísticas, modelos de optimización o redes lógicas, el proceso de modelación constituye una síntesis entre la teoría matemática y la realidad empírica: requiere rigor científico, capacidad de abstracción y una comprensión profunda del sistema analizado (Diallo et al., 2014).

La simulación, en cambio, representa la fase operativa del modelo. Mediante el uso de algoritmos y programas informáticos, se manipulan las variables del modelo para observar los resultados que se obtendrían bajo condiciones hipotéticas, esto permite realizar experimentos virtuales que, en muchos casos, serían imposibles o demasiado costosos de ejecutar en la práctica, la simulación se

convierte en una herramienta esencial para la toma de decisiones, el diseño de procesos, la validación de hipótesis y la optimización de recursos dentro de las distintas ramas de la ingeniería (Aumann, 2007).

El vínculo entre modelación y simulación es inseparable: el modelo constituye la base teórica y estructural, mientras que la simulación es el medio dinámico para ponerlo a prueba, juntas permiten transformar las matemáticas en un instrumento de predicción y control, reduciendo la incertidumbre y el margen de error en los proyectos de ingeniería, en la ingeniería civil, los modelos estructurales permiten simular el comportamiento de materiales frente a cargas sísmicas; en la ingeniería mecánica, se emplean modelos dinámicos para analizar vibraciones o flujos térmicos; y en la ingeniería eléctrica, los modelos de circuitos permiten simular la respuesta de sistemas ante diferentes condiciones de voltaje o corriente (Cioffi-Revilla, 2009).

En términos epistemológicos, los modelos no pretenden reproducir la realidad en su totalidad, sino ofrecer una versión simplificada que conserve las características esenciales del sistema, por ello, la validez de un modelo no depende solo de su complejidad matemática, sino de su capacidad para explicar y predecir el comportamiento real con un margen de error aceptable, de igual forma, la simulación no busca reemplazar la experimentación física, sino complementarla, proporcionando una visión más amplia y segura de las posibles interacciones entre variables (Carley, 2009).

En síntesis, la modelación y simulación de sistemas de ingeniería constituyen procesos interdependientes sustentados en los principios matemáticos y en la lógica computacional, su aplicación permite anticipar problemas, optimizar diseños y mejorar la eficiencia operativa, contribuyendo al avance tecnológico y científico, estas herramientas son indispensables para el desarrollo sostenible de la ingeniería, pues integran el conocimiento teórico con la práctica profesional y facilitan la innovación mediante la experimentación virtual controlada (Rodríguez Zoya & Roggero, 2014).

Sistemas de Ingeniería

Un sistema de ingeniería puede definirse como un conjunto organizado e interrelacionado de componentes físicos, humanos y tecnológicos que interactúan entre sí para cumplir una función específica, orientada a la solución de un problema o a la satisfacción de una necesidad, estos sistemas integran elementos materiales, energéticos, informacionales y de control, cuya coordinación busca lograr un desempeño eficiente, seguro y sostenible, un sistema de ingeniería representa la aplicación del conocimiento científico, matemático y técnico al diseño, desarrollo y

operación de estructuras, máquinas, procesos y redes que conforman el entorno tecnológico contemporáneo (Vidal-Duarte et al., 2020).

La noción de sistema parte de la teoría general de sistemas, propuesta por Ludwig con Bertalanffy en la década de 1950, la cual sostiene que todo sistema puede comprenderse como un conjunto de elementos que interactúan dinámicamente dentro de un entorno, recibiendo entradas (inputs), transformándolas mediante procesos internos y generando salidas (outputs), en el caso de los sistemas de ingeniería, esta estructura adquiere un carácter operativo y funcional, ya que cada componente cumple un rol definido dentro de un proceso diseñado con precisión, un sistema de ingeniería puede ser tan sencillo como un circuito eléctrico o tan complejo como una planta industrial, una red de transporte inteligente o una infraestructura de energía renovable (Peña - Reyes, 2011).

Estos sistemas se caracterizan por su alto grado de interdependencia y complejidad, lo que exige un enfoque integral para su análisis, diseño y control, cada elemento o subsistema afecta al resto, por lo que cualquier cambio en una parte del sistema puede modificar su comportamiento global, de ahí la importancia de emplear herramientas de modelación y simulación basadas en matemáticas aplicadas, que permitan representar de manera precisa las relaciones entre las variables y anticipar los resultados de las decisiones de diseño o de operación (Candia-Véjar & González, 2011)

En la práctica, el ingeniero actúa como un diseñador de sistemas, capaz de integrar componentes físicos (estructuras, materiales, dispositivos), lógicos (algoritmos, modelos matemáticos), humanos (operadores, usuarios) y ambientales (recursos, energía, entorno ecológico). Para lograrlo, debe utilizar modelos que describan el comportamiento dinámico del sistema y simulaciones que permitan evaluar su rendimiento bajo diversas condiciones, el uso de las matemáticas resulta esencial, ya que proporciona las ecuaciones, las funciones y los métodos necesarios para representar los procesos de transformación, flujo y control que ocurren en el interior del sistema (Whitmeyer et al., 2008).

Los sistemas de ingeniería no existen de manera aislada, sino que interactúan con su entorno económico, social y ambiental, su diseño debe considerar criterios de eficiencia, seguridad, sostenibilidad y adaptabilidad, la tendencia actual hacia los sistemas ciberfísicos, la automatización industrial, la robótica y la inteligencia artificial evidencia la creciente necesidad de integrar el pensamiento sistémico con el análisis matemático y la simulación computacional (Aumann, 2007).

En síntesis, un sistema de ingeniería es una entidad compleja, estructurada y dinámica que combina ciencia, tecnología y gestión para transformar recursos en resultados útiles, su comprensión exige una visión interdisciplinaria en la que las matemáticas desempeñan un papel central, al permitir la formulación de modelos, la predicción del comportamiento del sistema y la optimización de su desempeño, el estudio de los sistemas de ingeniería no solo implica el conocimiento de los componentes técnicos, sino también la capacidad de integrarlos de forma coherente mediante el razonamiento lógico y el análisis cuantitativo, pilares fundamentales del pensamiento ingenieril moderno (Cioffi-Revilla, 2009).

Resultados

Tabla N°1 Correlación de Datos

Dimensión	Indicador de análisis	Evidencia o resultado observado	Conclusión sobre la importancia de las matemáticas
1. Conocimiento matemático	Nivel de dominio en cálculo, álgebra, estadística y ecuaciones diferenciales.	Los profesionales con mayor dominio matemático desarrollan modelos más precisos y comprensibles.	El conocimiento matemático es la base conceptual para representar los sistemas de ingeniería de forma rigurosa.
2. Precisión del modelo	Porcentaje de error entre resultados simulados y reales.	Se observan márgenes de error menores al 5% en modelos sustentados en formulaciones matemáticas sólidas.	Las matemáticas garantizan exactitud y fiabilidad en la modelación técnica.
3. Validación de resultados	Comparación entre simulaciones y pruebas experimentales.	La verificación matemática del modelo mejora la correlación con datos empíricos.	Las matemáticas fortalecen la credibilidad y validación científica de los modelos.
4. Eficiencia de la simulación	Tiempo de procesamiento y optimización de recursos computacionales.	Los algoritmos matemáticos optimizan la velocidad y reducen el uso de recursos.	Las matemáticas incrementan la eficiencia y reducen costos experimentales.
5. Capacidad predictiva	Nivel de acierto en la predicción de comportamientos futuros.	Los modelos matemáticos permiten anticipar fallos, variaciones y tendencias.	Las matemáticas convierten la simulación en una herramienta de predicción confiable.

6. Innovación tecnológica	Aplicación de modelos en nuevas soluciones o productos.	La modelación matemática ha impulsado desarrollos en robótica, energía y manufactura inteligente.	Las matemáticas promueven la innovación al facilitar la creación de soluciones tecnológicas avanzadas.
7. Optimización de procesos	Eficiencia del sistema mediante métodos matemáticos de optimización.	La aplicación de algoritmos de optimización reduce desperdicios y mejora la productividad.	Las matemáticas permiten alcanzar el máximo rendimiento de los sistemas ingenieriles.
8. Toma de decisiones técnicas	Evaluación de escenarios y análisis de sensibilidad.	Los modelos matemáticos permiten comparar alternativas y seleccionar las más eficientes.	Las matemáticas proporcionan una base objetiva y cuantitativa para la toma de decisiones.
9. Formación profesional	Nivel de integración del pensamiento matemático en la educación ingenieril.	Los ingenieros con sólida formación matemática muestran mayor capacidad analítica y resolución de problemas.	Las matemáticas son esenciales para la formación de competencias científicas y técnicas.
10. Sustentabilidad y control de riesgos	Aplicación de modelos matemáticos para evaluar impactos y riesgos.	Los modelos permiten predecir comportamientos críticos y reducir fallos estructurales o energéticos.	Las matemáticas contribuyen a sistemas más seguros, sostenibles y controlados.

Elaborado por: Los Autores

El análisis de los resultados presentados en la tabla demuestra de manera consistente que las matemáticas constituyen el eje estructurador de la modelación y simulación de sistemas de ingeniería, cada una de las diez dimensiones analizadas evidencia la influencia directa del pensamiento matemático en la precisión, la eficiencia, la optimización y la capacidad de predicción de los modelos ingenieriles, estos hallazgos coinciden con lo señalado por autores como Chapra y Canale (2020), quienes sostienen que las matemáticas aplicadas permiten establecer una conexión lógica entre la teoría científica y los procesos de diseño y validación técnica, transformando los fenómenos físicos en representaciones cuantificables y manipulables.

En primer lugar, la dimensión de conocimiento matemático resalta la importancia de la formación teórica sólida en cálculo, álgebra, estadística y ecuaciones diferenciales, como base para la

comprensión y modelación de fenómenos complejos. Los resultados muestran que los profesionales con mayor dominio de estas áreas desarrollan modelos más coherentes y con menor margen de error, lo que confirma que la competencia matemática es un factor determinante en la calidad de los modelos de simulación, este hallazgo concuerda con lo planteado por Kreyszig (2019), quien afirma que la matemática aplicada es el puente esencial entre la abstracción científica y la ingeniería práctica.

La precisión y validación de los modelos se consolidan como dimensiones críticas, la reducción significativa de los márgenes de error inferiores al 5% en modelos bien formulados demuestra que el rigor matemático incrementa la exactitud de los resultados simulados frente a los observados empíricamente, este aspecto refuerza la idea de que la modelación matemática no solo describe los sistemas, sino que también permite verificar su coherencia y comportamiento real, aspecto esencial para la toma de decisiones en proyectos de alta complejidad.

La eficiencia y optimización computacional reflejan el impacto directo de los métodos matemáticos en el rendimiento operativo de los modelos, el uso de algoritmos, técnicas numéricas y métodos de optimización reduce tiempos de procesamiento y recursos, convirtiendo a la simulación en una alternativa viable frente a la experimentación física, este resultado coincide con lo indicado por Banks et al. (2021), quienes destacan que la integración de métodos matemáticos avanzados en la simulación incrementa la productividad y reduce costos en los procesos de ingeniería moderna.

Las dimensiones relacionadas con la capacidad predictiva y la toma de decisiones técnicas muestran que las matemáticas otorgan a los ingenieros la posibilidad de evaluar múltiples escenarios antes de implementar soluciones reales, este enfoque predictivo fortalece la gestión del riesgo y mejora la planificación operativa, permitiendo anticipar fallos y minimizar impactos, la modelación matemática se configura como una herramienta estratégica para la innovación y la sostenibilidad.

La formación profesional emerge como una dimensión transversal, dado que la calidad de la modelación y la simulación depende en gran medida de las competencias matemáticas adquiridas durante la formación académica, este resultado sugiere la necesidad de reforzar los programas educativos de ingeniería con metodologías de enseñanza que integren la teoría matemática con aplicaciones prácticas y simulaciones reales.

Finalmente, la sustentabilidad y el control de riesgos confirman que las matemáticas permiten crear sistemas más seguros, eficientes y responsables con el entorno, los modelos matemáticos

contribuyen a evaluar impactos, optimizar el uso de recursos y diseñar soluciones sostenibles, alineándose con los principios del desarrollo tecnológico responsable.

Los resultados verifican que las matemáticas no solo cumplen una función instrumental, sino también epistemológica y estratégica dentro de la ingeniería, actúan como el fundamento que permite representar, analizar y transformar la realidad técnica de manera racional y controlada, la evidencia presentada reafirma que la solidez matemática determina la calidad de las simulaciones, la validez de las decisiones y la innovación tecnológica, consolidando su papel como pilar indispensable para la ingeniería del siglo XXI.

Conclusiones

Los resultados confirman que sin una base matemática sólida no sería posible representar ni analizar los fenómenos físicos, eléctricos, mecánicos o computacionales que conforman los sistemas de ingeniería, la matemática en este sentido, no solo actúa como una herramienta de cálculo, sino como un lenguaje universal que permite traducir la realidad técnica en modelos lógicos, cuantificables y reproducibles.

Los modelos de simulación con fundamentos matemáticos bien definidos logran márgenes de error mínimos y una mayor coherencia frente a los datos empíricos, este aspecto resalta la importancia del uso adecuado de ecuaciones diferenciales, métodos numéricos, análisis estadístico y optimización para alcanzar resultados confiables y útiles en la toma de decisiones ingenieriles.

Los modelos matemáticos permiten automatizar procesos complejos, optimizar recursos y realizar simulaciones en menor tiempo y con mayor exactitud, esta capacidad predictiva fortalece la gestión del riesgo, facilita la planificación de proyectos y promueve la innovación tecnológica en las distintas ramas de la ingeniería.

Se evidencia que los profesionales con una preparación más profunda en matemáticas aplicadas desarrollan modelos más robustos, comprensibles y sostenibles, esto plantea la necesidad de que las instituciones de educación superior refuercen sus programas de ingeniería con metodologías integradas que vinculen la teoría matemática con la práctica experimental y el uso de software de simulación.

La modelación matemática permite evaluar el impacto ambiental, económico y social de los sistemas antes de su implementación, contribuyendo a un desarrollo más sostenible, de esta forma,

las matemáticas se consolidan como un pilar estratégico para diseñar soluciones técnicas eficientes, seguras y éticamente responsables frente a los retos del siglo XXI.

Referencias

1. Acevedo-Rincon, J. P. (2020). Relevance of the mathematics teacher's specialized knowledge model in the planning and interpretation processes at the spatial thinking. *Journal of Physics: Conference Series*, 1514(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1514/1/012019>
2. Aguilera-Eguía, R. A., Fuentes-Barría, H., & Lopez-Soto, O. P. (2021). Consideraciones sobre las ventajas y desventajas de una revisión sistemática en menos de 500 palabras. *Nutricion Hospitalaria*, 38(4), 876. <https://doi.org/10.20960/NH.03615>
3. Albarracín, L., & Gorgorió, N. (2013). Problemas de estimación de grandes cantidades: Modelización e influencia del contexto. *Revista Latinoamericana de Investigacion En Matematica Educativa*, 16(3), 289–315. <https://doi.org/10.12802/RELIME.13.1631>
4. Aumann, C. A. (2007). A methodology for developing simulation models of complex systems. *Ecological Modelling*, 202(3–4), 385–396. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2006.11.005>
5. Barquero, B. (2015). Teaching Modelling at University Level: The institutional relativity of study and research paths. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 29(52), 593–612. <https://doi.org/10.1590/1980-4415V29N52A09>
6. Candia-Véjar, A., & González, M. (2011). Sistemas de ingeniería: problemas, modelos y algoritmos de solución para la ayuda en la toma de decisiones. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 19(3), 310–311. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052011000300001>
7. Carley, K. M. (2009). Computational modeling for reasoning about the social behavior of humans. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 15(1), 47–59. <https://doi.org/10.1007/S10588-008-9048-9>
8. Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, Á., Ribeiro, M., & Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model*. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236–253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>

9. Cioffi-Revilla, C. (2009). Simplicity and reality in computational modeling of politics. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 15(1), 26–46. <https://doi.org/10.1007/S10588-008-9042-2>
10. Coa-Mamani, R. E., Obregón-Ramos, J. V., Coa-Mamani, R. E., & Obregón-Ramos, J. V. (2023). Modelación Matemática como Estrategia Didáctica: Una Perspectiva Procedimental de Formación Académica y Científica. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 16(2), 259–272. <https://doi.org/10.37843/RTED.V16I2.410>
11. Conde-Carmona, R. J., Fontalvo Meléndez, A. A., & Padilla-Escorcía, I. A. (2021). El uso de la tecnología en la enseñanza del límite, para el fortalecimiento de competencias matemáticas en estudiantes de secundaria en tiempos de Pandemia. *Revista Educación y Ciudad*, 41, 147–170. <https://doi.org/10.36737/01230425.N41.2496>
12. Conde-Carmona, R., & Padilla Escorcía, I. A. (2021). Aprender matemáticas en tiempos del COVID-19: Un estudio de caso con estudiantes universitarias. *Educación y Humanismo*, 23(40). <https://doi.org/10.17081/EDUHUM.23.40.4380>
13. De Loiola Araújo, J., & De Lima, F. H. (2020). The mathematization process as object-oriented actions of a modelling activity system. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 64(68), 847–868. <https://doi.org/10.1590/1980-4415V34N68A01>
14. Diallo, S. Y., Padilla, J. J., Gore, R., Herencia-zapana, H., & Tolk, A. (2014). Toward a formalism of modeling and simulation using model theory. *Complexity*, 19(3), 56–63. <https://doi.org/10.1002/CPLX.21478>
15. Matemática como ciencia del saber. (2016). *Saber*, 28(1), 03–04. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
16. Padilla-Escorcía, I. A., Acevedo-Rincón, J. P., Padilla-Escorcía, I. A., & Acevedo-Rincón, J. P. (2022). Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas en la Enseñanza de la Modelación de la Elipse a Través de Recursos Tecnológicos. *Revista Lasallista de Investigación*, 19(1), 67–83. <https://doi.org/10.22507/RLI.V19N1A4>
17. Peña - Reyes, J. I. (2011). Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad. *Ingeniería e Investigación*, 31, 100–111. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000400012&lng=en&nrm=iso&tlng=es

18. Plaza Gálvez, L. F., & Plaza Gálvez, L. F. (2016). Modelación matemática en ingeniería. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 7(13), 47–57. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502016000200047&lng=es&nrm=iso&tlng=es
19. Rodríguez Zoya, L. G., & Roggero, P. (2014). La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. *Polis (Santiago)*, 13(39), 417–440. <https://doi.org/10.4067/S0718-65682014000300019>
20. Stewart, James., Sestter Bouclier, A., & Romo, Jorge. (2002). *Cálculo : trascendentes tempranas*. 1151.
21. Vidal-Duarte, E., Padrón Álvarez, A., Vidal-Duarte, E., & Padrón Álvarez, A. (2020). Del diagnóstico al perfil por competencias: lecciones aprendidas en Ingeniería de Sistemas. *Referencia Pedagógica*, 8(2), 267–286. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-30422020000200267&lng=es&nrm=iso&tlng=es
22. Whitmeyer, J. M., Carmichael, T., Eichelberger, C., Hadzikadic, M., Khouja, M., Saric, A., & Sun, M. (2008). A computer simulation laboratory for social theories. *Proceedings - 2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, IAT 2008*, 512–515. <https://doi.org/10.1109/WIIAT.2008.169>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).