

Ecuaciones Diferenciales

Aplicaciones Finales

Clase 16



La excelencia no se improvisa



INTRODUCCIÓN DE LA CLASE

La clase final del curso sobre ecuaciones diferenciales se enfoca en la integración de todos los contenidos estudiados, proporcionando una visión comprensiva de cómo las herramientas matemáticas aprendidas a lo largo del curso se aplican en la resolución de problemas reales en diversas disciplinas. El proceso de integración de los contenidos revisados permite al estudiante comprender cómo los métodos analíticos y numéricos, tales como la transformada de Laplace, las ecuaciones de primer y segundo orden, y los sistemas dinámicos, se interrelacionan para resolver fenómenos complejos que abarcan desde el comportamiento de sistemas físicos hasta modelos biológicos y económicos. Este enfoque interconectado no solo fortalece la comprensión teórica, sino que también amplía las perspectivas de su aplicación práctica. Además, al analizar las **aplicaciones interdisciplinarias**, se exploran diversos campos donde las ecuaciones diferenciales desempeñan un papel crucial, como la ingeniería, la biología, la física y la economía, lo que facilita la identificación de patrones y modelos comunes en sistemas aparentemente dispares, pero que pueden resolverse utilizando las mismas herramientas matemáticas.

En este contexto, se destaca la **importancia de las ecuaciones diferenciales en la ciencia de la computación**, ya que proporcionan la base teórica necesaria para el modelado y análisis de algoritmos, redes, y sistemas complejos. En la computación, las ecuaciones diferenciales se utilizan para simular comportamientos de sistemas dinámicos, resolver problemas de optimización, y modelar fenómenos como la propagación de señales y el análisis de redes neuronales. Además, las **perspectivas de estudio y desarrollo** en el campo de las ecuaciones diferenciales son amplias y emocionantes. La investigación continua en áreas como los métodos numéricos avanzados, el estudio de sistemas no lineales, la inteligencia artificial, y la simulación de fenómenos caóticos, ofrece un abanico de oportunidades para futuros desarrollos tanto en la teoría como en la práctica. Los avances en estas áreas abren nuevas fronteras para la aplicación de ecuaciones diferenciales en el análisis y diseño de sistemas complejos, lo cual tiene un impacto directo en la tecnología, la investigación científica, y la resolución de problemas reales en diversas industrias. Así, el curso no solo proporciona un conocimiento sólido de los principios fundamentales de las ecuaciones

diferenciales, sino que también abre el camino hacia un futuro de investigación y aplicaciones interdisciplinarias en múltiples campos de estudio.

Resultado o resultados de aprendizaje que será abordado con el contenido de la clase.

- 1) Comprender los conceptos fundamentales de las ecuaciones diferenciales y su aplicación en la resolución de problemas de ingeniería y ciencias computacionales.
- 2) Desarrollar habilidades para la resolución de ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden con distintas técnicas.
- 3) Aplicar los conocimientos de ecuaciones diferenciales para la modelización de fenómenos físicos y su simulación mediante técnicas numéricas en herramientas computacionales.

Clase 16: Aplicaciones Finales

En esta clase final, abordamos la integración de los conocimientos adquiridos a lo largo de las clases previas sobre ecuaciones diferenciales y su relación con computación. Esta es una oportunidad para resaltar cómo las herramientas y métodos aprendidos son esenciales en la solución de problemas complejos de diversas disciplinas. Además, veremos cómo las ecuaciones diferenciales se aplican en problemas interdisciplinarios, su rol clave en la ciencia de la computación y sus perspectivas de desarrollo.

Las ecuaciones diferenciales son herramientas poderosas y versátiles que atraviesan diversas disciplinas, conectando áreas tan dispares como la física, la biología, la ingeniería, la informática y la economía. En la computación, el modelado matemático de sistemas mediante ecuaciones diferenciales se ha convertido en un componente esencial para abordar desafíos complejos, como el aprendizaje automático, el procesamiento de señales, y las simulaciones físicas.

Por ejemplo, en biología computacional, las ecuaciones diferenciales modelan fenómenos como el crecimiento poblacional, la propagación de enfermedades o el comportamiento de redes metabólicas, donde se analizan interacciones entre especies o moléculas. En ingeniería de software, las ecuaciones diferenciales permiten optimizar



algoritmos de control y modelos predictivos, mejorando el rendimiento de sistemas autónomos.

De igual forma, en áreas como robótica o simulación de redes y sistemas físicos (como la dinámica de fluidos o el análisis de sistemas cuánticos), las ecuaciones diferenciales se aplican tanto de manera teórica como práctica para predecir el comportamiento de sistemas dinámicos y mejorar el rendimiento en tiempo real.

Las ecuaciones diferenciales son un pilar fundamental en la ciencia de la computación. Su importancia radica en su capacidad para modelar y simular sistemas dinámicos que evolucionan con el tiempo. Estas ecuaciones están en la base de una gran cantidad de algoritmos computacionales, como los que se usan en procesamiento de señales, aprendizaje automático y optimización de redes.

En aprendizaje automático, por ejemplo, las redes neuronales artificiales y los algoritmos de optimización se pueden modelar como sistemas de ecuaciones diferenciales, donde el entrenamiento de modelos es un proceso de evolución continua que se puede analizar mediante métodos como el descenso de gradiente o el uso de ecuaciones diferenciales estocásticas. Esto permite no solo optimizar los modelos predictivos sino también entender el comportamiento subyacente de los datos.

En el campo del procesamiento de señales, las ecuaciones diferenciales ayudan a modelar fenómenos como fluctuaciones de señal o respuestas impulsivas en sistemas de comunicación, proporcionando una base matemática para el diseño y la optimización de filtros.

En resumen, las ecuaciones diferenciales son la clave para resolver sistemas dinámicos, modelar fenómenos y optimizar algoritmos dentro de la ciencia de la computación, permitiendo avances significativos en inteligencia artificial, simulación numérica y sistemas autónomos.

Las perspectivas de estudio y desarrollo de las ecuaciones diferenciales dentro de la computación continúan evolucionando y ampliándose. A medida que la tecnología de simulación y el poder de cálculo siguen avanzando, las técnicas matemáticas asociadas a las ecuaciones diferenciales se están aplicando en áreas cada vez más complejas y especializadas.

Uno de los desarrollos más emocionantes está relacionado con el aprendizaje profundo y el entrenamiento de redes neuronales, donde las ecuaciones diferenciales se están utilizando para mejorar la optimización y las técnicas de regularización. En este contexto, las ecuaciones diferenciales estocásticas y los métodos de integración numérica están desempeñando un papel crucial en la creación de redes neuronales más eficientes y precisas.

Por otro lado, en el campo de la computación cuántica, las ecuaciones diferenciales están comenzando a utilizarse para simular el comportamiento de qubits y algoritmos cuánticos, donde las interacciones entre partículas y las dinámicas de las funciones de onda cuánticas se modelan mediante ecuaciones continuas.

Nuevas aplicaciones interdisciplinarias seguirán surgiendo con el crecimiento de la computación científica y simulaciones de sistemas complejos en áreas como la ciberseguridad, la genómica y el análisis de redes. Las ecuaciones diferenciales no solo proporcionarán una forma de modelar estos sistemas, sino que también mejorarán la precisión y la eficiencia de las soluciones computacionales.

El estudio y la integración de las ecuaciones diferenciales son fundamentales para avanzar en una amplia gama de aplicaciones interdisciplinarias, desde biología computacional hasta inteligencia artificial y simulaciones científicas avanzadas. Su importancia en la ciencia de la computación sigue creciendo a medida que se aplican a nuevos problemas y sistemas dinámicos complejos. Las perspectivas de estudio en este campo son prometedoras, con innovaciones constantes que transformarán la forma en que modelamos, **simulamos** y **optimizamos** procesos en computación, física, ingeniería y más allá.

16.1. Integración de contenidos vistos

La integración de los contenidos estudiados en las clases anteriores sobre ecuaciones diferenciales de primer orden, de orden superior, *transformada de Laplace* y sistemas de ecuaciones diferenciales proporciona un marco robusto para abordar problemas complejos en múltiples disciplinas, especialmente en el ámbito computacional. Las *ecuaciones diferenciales* son herramientas matemáticas esenciales que describen tasas de cambio y dinámicas en sistemas físicos, biológicos y computacionales, permitiendo modelar fenómenos desde el crecimiento poblacional hasta el comportamiento de redes neuronales artificiales.

Las ecuaciones de primer orden, como las estudiadas en la Clase 9, modelan procesos de crecimiento y decaimiento, circuitos RC y dinámicas térmicas, con soluciones analíticas y numéricas que se implementan en lenguajes como Python para simulaciones en tiempo real. Las ecuaciones de orden superior (Clases 10 y 11) amplían este enfoque a sistemas más complejos, como vibraciones mecánicas o circuitos RLC, resueltas mediante métodos como variación de parámetros o coeficientes indeterminados, con aplicaciones en diseño de sistemas dinámicos.

La *transformada de Laplace* (Clases 12 y 13) transforma ecuaciones diferenciales en ecuaciones algebraicas, simplificando la resolución de sistemas lineales y no lineales. Sus propiedades, como la transformada de derivadas y de funciones periódicas, son fundamentales en el análisis de señales y control automático, implementadas en herramientas como MATLAB y SciPy. Los sistemas de ecuaciones diferenciales (Clases 14 y 15) modelan interacciones acopladas, como en circuitos eléctricos o dinámicas biológicas, resueltos mediante valores propios o transformada de Laplace, con aplicaciones en robótica y aprendizaje automático.

En el ámbito computacional, la integración de estos conceptos permite desarrollar algoritmos eficientes para simulaciones numéricas, optimización y análisis de datos. Por ejemplo, el método de Runge-Kutta, aplicado a ecuaciones de primer orden y sistemas, se implementa en bibliotecas como SciPy.integrate para resolver dinámicas no lineales en simulaciones de física computacional. En machine learning, las ecuaciones diferenciales se integran en redes neuronales diferenciales, combinando métodos de Clases 10-15 para modelar dinámicas continuas.

Diagrama Integrador de Ecuaciones Diferenciales y Transformada de Laplace

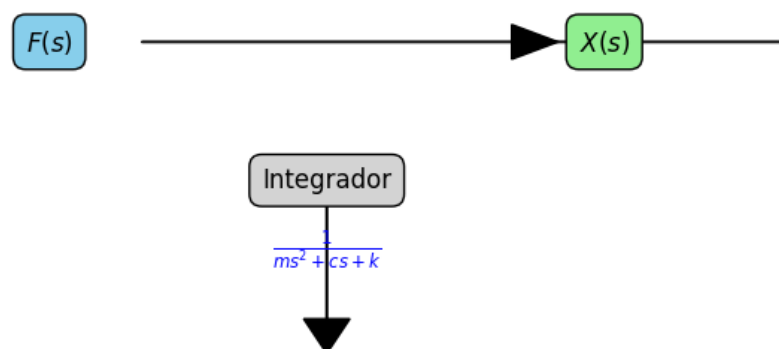


Gráfico 1: Diagrama integrador de ecuaciones diferenciales, transformada de Laplace y sistemas en aplicaciones computacionales. Creación propia.

En resumen, la integración de estos contenidos proporciona un enfoque unificado para modelar y resolver problemas dinámicos, con aplicaciones directas en simulación, control y análisis computacional.

16.1.1. Aplicaciones interdisciplinarias

Las ecuaciones diferenciales tienen aplicaciones interdisciplinarias que combinan conocimientos de matemáticas, física, ingeniería, biología y computación. En ingeniería, las ecuaciones de primer orden (Clase 9) modelan circuitos RC y procesos térmicos, mientras que las de orden superior (Clases 10-11) describen vibraciones en estructuras, como puentes o edificios. La transformada de Laplace (Clases 12-13) simplifica el análisis de estos sistemas, convirtiendo ecuaciones diferenciales en funciones de transferencia para diseñar controladores en robótica o sistemas de suspensión vehicular, implementados en software como Simulink.

En biología, los sistemas de ecuaciones diferenciales (Clases 14-15) modelan interacciones complejas, como en el modelo predator-presa o redes metabólicas. Por ejemplo, el modelo de Lotka-Volterra, un sistema de ecuaciones de primer orden, describe dinámicas poblacionales:

$$\left[\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy, \right] \left[\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y, \right]$$

donde (x) y (y) representan las poblaciones de presa y depredador. Este sistema se resuelve numéricamente en Python con SciPy, permitiendo predecir equilibrios ecológicos. La transformada de Laplace analiza la estabilidad de estos sistemas, calculando polos en el dominio de la frecuencia.

En física, las ecuaciones de orden superior y sistemas acoplados modelan fenómenos como ondas electromagnéticas o dinámica de fluidos. Por ejemplo, la ecuación de onda en un medio no homogéneo, resuelta mediante métodos de Clase 11, se implementa en COMSOL para simular propagación de ondas sísmicas. La transformada de Laplace (Clase 13) modela respuestas impulsivas, como en la función delta de Dirac, para analizar perturbaciones instantáneas.

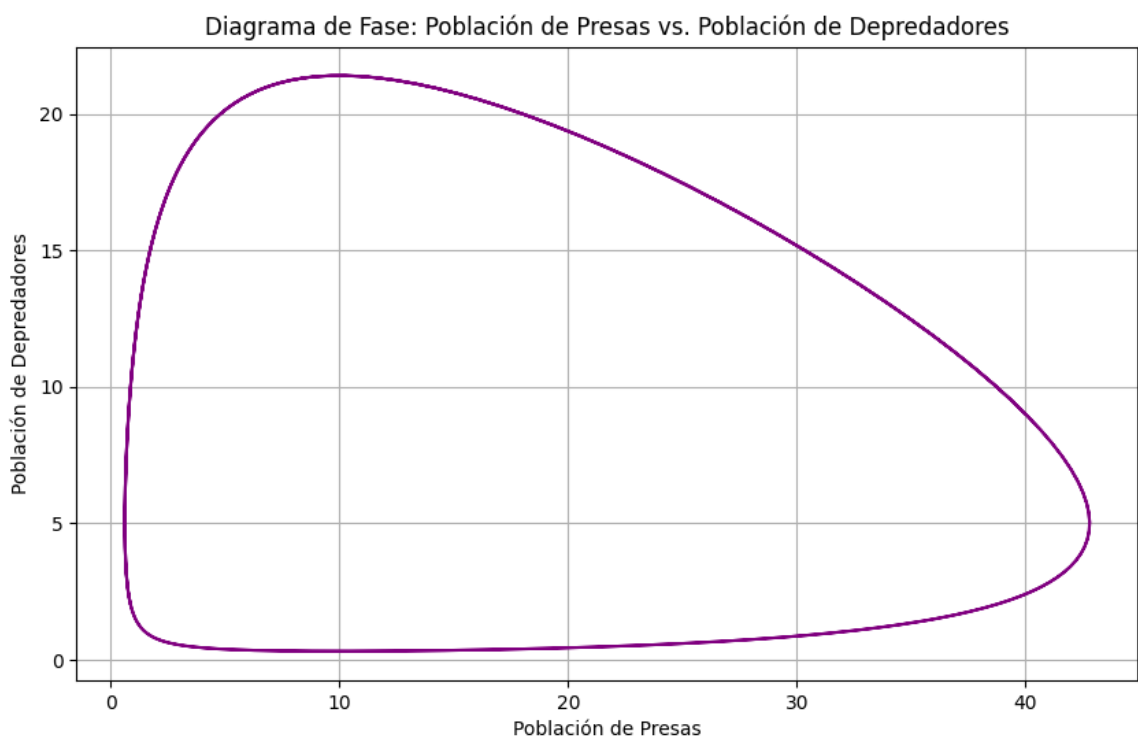
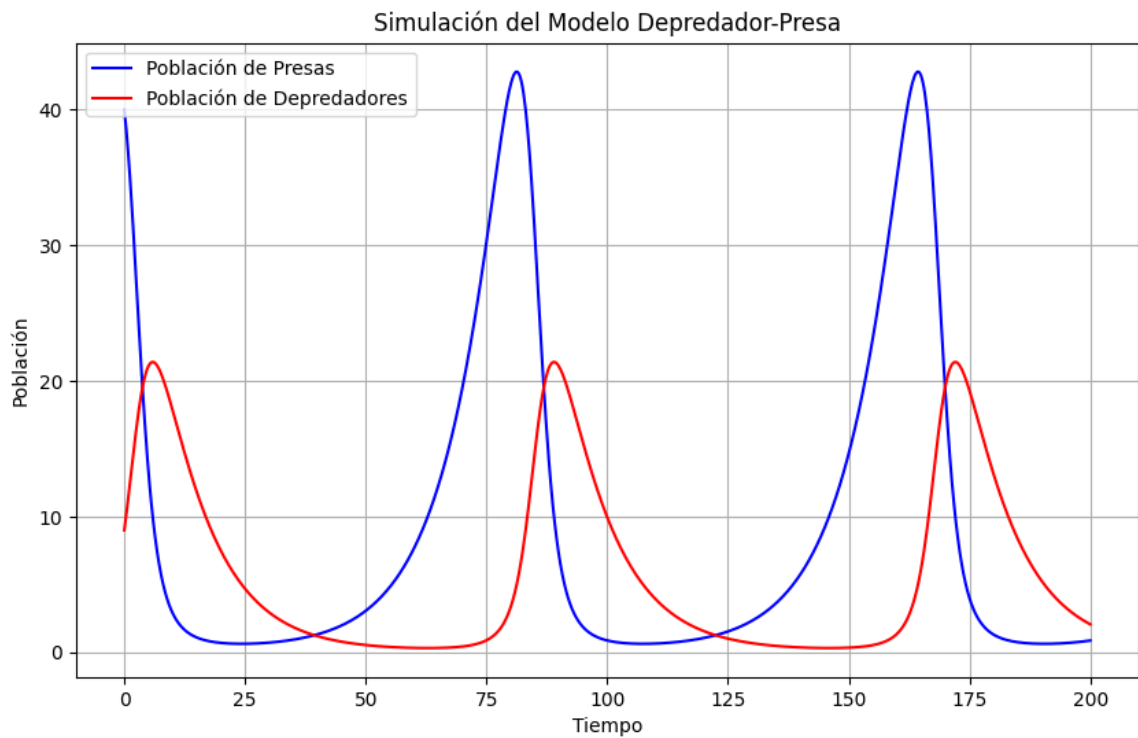


Gráfico 2: Simulación de un modelo predator-presa resuelto como sistema de ecuaciones diferenciales.

Creación propia.

En economía, las ecuaciones diferenciales modelan tasas de cambio en mercados financieros, como el crecimiento de inversiones o dinámicas de oferta y demanda, resueltas numéricamente en MATLAB. En epidemiología, sistemas como el modelo SIR (Clase 9) predicen la propagación de enfermedades, integrando métodos numéricos y transformada de Laplace para analizar picos de infección.

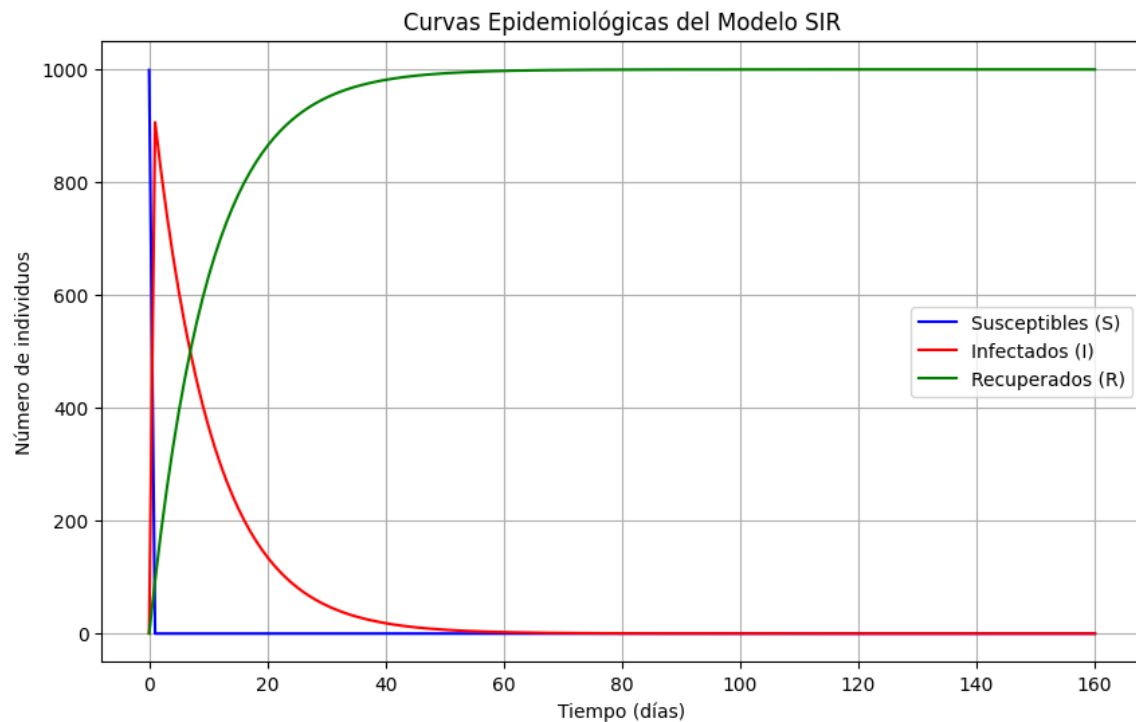


Gráfico 3: Curvas epidemiológicas del modelo SIR simuladas con métodos numéricos.

Creación propia.

En resumen, las aplicaciones interdisciplinarias de las ecuaciones diferenciales combinan teoría matemática con herramientas computacionales, resolviendo problemas en ingeniería, biología, física y economía.

Enlace 1:

[Numerical Methods for Differential Equations](#)

Este video explica los fundamentos de los métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales, con ejemplos prácticos en Python.

Descripción del enlace: Este recurso visual te ayudará a comprender cómo implementar métodos como Euler y Runge-Kutta en problemas reales.

16.1.2. Importancia de las ecuaciones diferenciales en la ciencia de la computación

Las ecuaciones diferenciales son fundamentales en la ciencia de la computación, ya que proporcionan un marco matemático para modelar y resolver problemas dinámicos en áreas como procesamiento de señales, aprendizaje automático, simulaciones físicas y optimización. La *transformada de Laplace* (Clases 12-13) es clave en el procesamiento de señales, donde convierte señales temporales en el dominio de la frecuencia, permitiendo diseñar filtros digitales en SciPy.signal para aplicaciones de audio, video o telecomunicaciones.

En aprendizaje automático, las ecuaciones diferenciales y sus sistemas (Clases 14-15) son esenciales en redes neuronales diferenciales (NND), que modelan dinámicas continuas. Por ejemplo, un sistema de ecuaciones de primer orden describe la evolución de estados ocultos en redes neuronales recurrentes (RNN) continuas:

$$\left[\frac{dh}{dt} = Ah + Wx(t), \right]$$

donde (h) es el vector de estados ocultos y $(x(t))$ la entrada. La transformada de Laplace resuelve este sistema en el dominio de la frecuencia, mientras que solvers ODE en TensorFlow o PyTorch integran soluciones numéricas para entrenar modelos continuos.

En simulaciones físicas, las ecuaciones de orden superior (Clases 10-11) modelan dinámicas en motores de física, como en juegos 3D (Unity) o simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD). Métodos numéricos como Runge-Kutta, estudiados en Clase 9, resuelven estas ecuaciones en tiempo real, optimizando el rendimiento en entornos de alto rendimiento computacional.

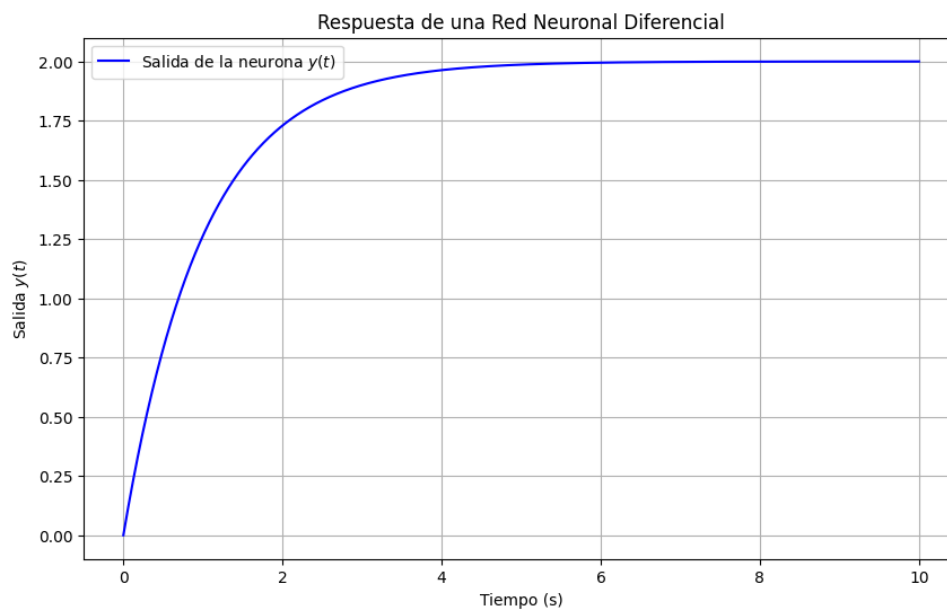


Gráfico 4: Representación de una red neuronal diferencial resuelta con transformada de Laplace.

Creación propia.

En criptografía, las ecuaciones de primer orden modelan decaimiento exponencial en generadores de números pseudoaleatorios, asegurando entropía. En optimización, el gradiente descendente continuo, basado en ecuaciones diferenciales, ajusta tasas de aprendizaje, implementado en frameworks como TensorFlow.

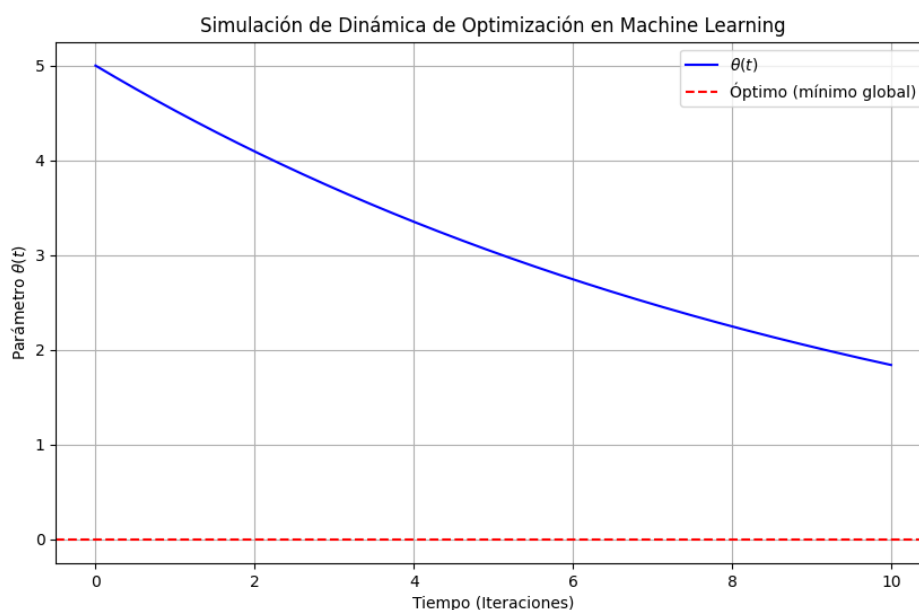


Gráfico 5: Simulación de una dinámica de optimización usando ecuaciones diferenciales en machine learning. Creación propia.



La importancia de las ecuaciones diferenciales en computación radica en su capacidad para modelar sistemas dinámicos complejos, integrando métodos analíticos y numéricos para resolver problemas en tiempo real.

16.1.3. Perspectivas de estudio y desarrollo

El estudio de las ecuaciones diferenciales abre perspectivas prometedoras en la ciencia de la computación, impulsando avances en áreas emergentes como inteligencia artificial, computación cuántica y bioinformática. En inteligencia artificial, las redes neuronales diferenciales, basadas en sistemas de ecuaciones (Clases 14-15), están revolucionando el modelado de dinámicas continuas, como en predicción de series temporales o control autónomo. Frameworks como Neural ODE en PyTorch integran solvers numéricos para entrenar modelos con ecuaciones diferenciales, combinando teoría de Clases 9-15.

En computación cuántica, las ecuaciones diferenciales modelan dinámicas de qubits, resueltas mediante transformada de Laplace o métodos numéricos para simular puertas cuánticas. Herramientas como Qiskit implementan estas simulaciones, acelerando el desarrollo de algoritmos cuánticos.

En bioinformática, los sistemas de ecuaciones diferenciales modelan redes biológicas complejas, como interacciones genéticas o dinámicas metabólicas. La integración de métodos numéricos (Clase 9) y transformada de Laplace (Clases 12-13) permite simular estas redes en software como COPASI, apoyando avances en medicina personalizada.

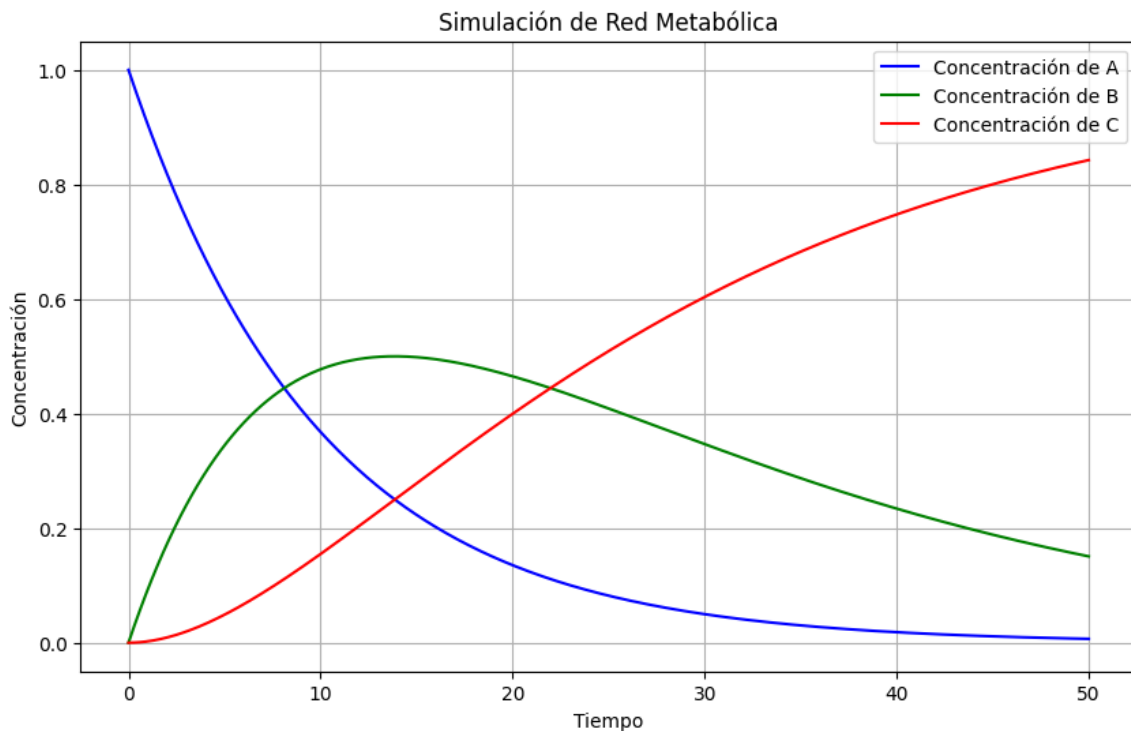


Gráfico 6: Simulación de una red metabólica modelada con sistemas de ecuaciones diferenciales. Creación propia.

El desarrollo futuro incluye la optimización de solvers numéricos para sistemas de ecuaciones diferenciales, usando técnicas de computación paralela en GPU (CUDA) o clústeres de alto rendimiento. En inteligencia artificial, los métodos híbridos que combinan ecuaciones diferenciales con aprendizaje profundo están ganando tracción, como en modelos de física informada (physics-informed neural networks).

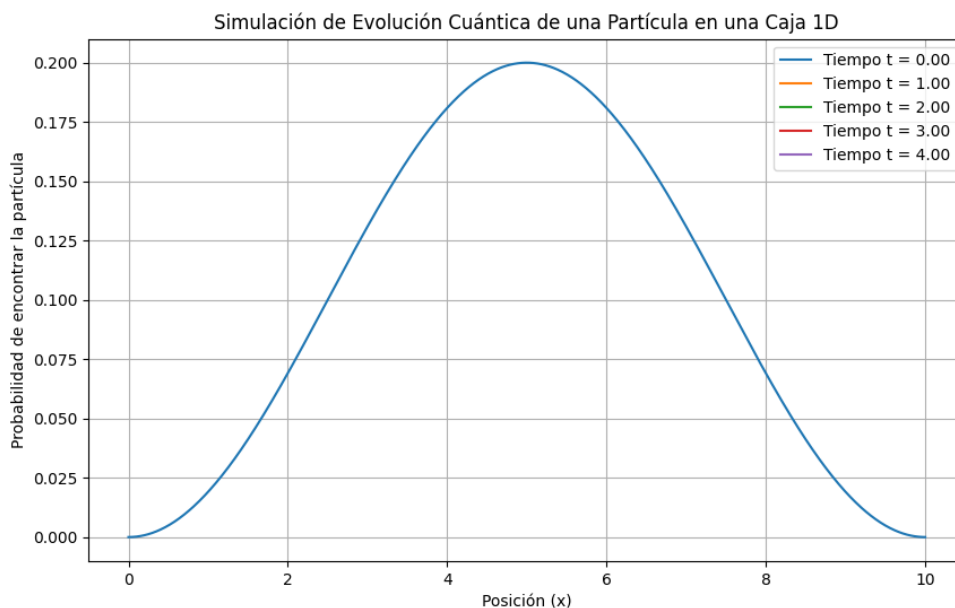


Gráfico 7: Representación de una simulación cuántica usando ecuaciones diferenciales en computación cuántica. Creación propia.

Las ecuaciones diferenciales son una herramienta matemática esencial para modelar y analizar sistemas dinámicos que evolucionan con el tiempo. Su relevancia en el campo de la computación va más allá de la teoría, ya que tienen aplicaciones prácticas fundamentales en múltiples disciplinas tecnológicas, científicas y de ingeniería. A medida que avanzan las tecnologías, las ecuaciones diferenciales continúan ofreciendo nuevas perspectivas de estudio y desarrollo, especialmente en áreas de vanguardia como la inteligencia artificial, la computación cuántica y la bioinformática.

- **Impulso a la Inteligencia Artificial**

En inteligencia artificial (IA), las ecuaciones diferenciales juegan un papel clave en el desarrollo de algoritmos de optimización y el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático. Estos modelos, como las redes neuronales profundas, pueden representarse mediante ecuaciones que describen cómo evolucionan las variables de un sistema a medida que el modelo se ajusta a nuevos datos. Por ejemplo, el proceso de descenso de gradiente, utilizado para ajustar los parámetros de un modelo, se puede considerar una ecuación diferencial en la que las soluciones describen cómo los pesos de la red cambian con el tiempo.

La capacidad de modelar estos sistemas como ecuaciones diferenciales permite abordar problemas complejos, como la convergencia de los algoritmos y la optimización de funciones de costo. Herramientas como TensorFlow y PyTorch aprovechan esta base matemática para desarrollar modelos de IA más robustos y eficientes, especialmente en áreas como procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones y aprendizaje profundo.

- **Aplicaciones en Computación Cuántica**

El campo de la computación cuántica es otro de los grandes beneficiados por las ecuaciones diferenciales. Aunque los qubits se rigen por las leyes de la mecánica cuántica, su evolución puede aproximarse mediante ecuaciones diferenciales, lo que permite simular el comportamiento de sistemas cuánticos en entornos clásicos. Las ecuaciones que describen fenómenos cuánticos como la superposición, interferencia y decoherencia se pueden resolver utilizando modelos basados en ecuaciones

diferenciales, lo cual facilita la simulación y predicción de algoritmos cuánticos antes de implementarlos en hardware real.

Por ejemplo, la transformada de Laplace y las ecuaciones diferenciales estocásticas se utilizan en el análisis de procesos cuánticos para modelar cómo las fluctuaciones y perturbaciones afectan los sistemas. Además, simuladores cuánticos clásicos como Qiskit y Cirq utilizan ecuaciones diferenciales para predecir el comportamiento de los qubits, optimizando la validación de algoritmos cuánticos y acelerando la transición a hardware cuántico.

- **Avances en Bioinformática y Biología Computacional**

En el campo de la bioinformática, las ecuaciones diferenciales son cruciales para modelar fenómenos biológicos complejos como el crecimiento poblacional, la propagación de enfermedades y las interacciones metabólicas en redes biológicas. Las ecuaciones que describen estos procesos se resuelven mediante métodos numéricos en lenguajes de programación como Python, usando bibliotecas como SciPy para obtener soluciones precisas y hacer predicciones.

Las ecuaciones diferenciales también se utilizan en el modelado de sistemas biológicos acoplados, como en el análisis de la dinámica celular, la respuesta inmune o las interacciones entre moléculas en un sistema metabólico. Este tipo de modelos son fundamentales en la investigación de enfermedades y la personalización de tratamientos médicos a través de la medicina computacional.

- **Nuevas Oportunidades en Simulación y Modelado de Sistemas Complejos**

A medida que los problemas en áreas como la ingeniería y la física se vuelven más complejos, las ecuaciones diferenciales siguen evolucionando. Las simulaciones de dinámica de fluidos, transferencia de calor, sistemas electromagnéticos, y estructuras dinámicas dependen de estas ecuaciones para proporcionar soluciones realistas. El análisis de control de sistemas con múltiples variables, como en los brazos robóticos o el control de vehículos autónomos, también está basado en estas ecuaciones.

Además, las ecuaciones diferenciales no lineales están abriendo nuevos caminos en la computación gráfica y la animación, donde los sistemas dinámicos no lineales modelan efectos físicos complejos, como deformaciones de superficies o efectos de fluidos en

entornos virtuales. Los avances en la simulación computacional permiten replicar fenómenos físicos en tiempo real, mejorando el realismo en videojuegos, simulaciones de ingeniería y visualización científica.

- **El Futuro de las Ecuaciones Diferenciales en Computación**

El futuro de las ecuaciones diferenciales en computación es prometedor. Con el aumento de la capacidad de procesamiento y el desarrollo de algoritmos numéricos más eficientes, estas ecuaciones seguirán siendo una piedra angular en áreas como la inteligencia artificial y la simulación computacional. A medida que la tecnología avanza, se espera que las ecuaciones diferenciales no solo resuelvan problemas matemáticos tradicionales, sino que también se integren con nuevas tecnologías, como la computación cuántica, blockchain y la ciberseguridad.

El estudio de las ecuaciones diferenciales también será esencial en la exploración de nuevos modelos de aprendizaje automático, como el aprendizaje por refuerzo y redes neuronales dinámicas, que requieren de un análisis matemático preciso para optimizar el rendimiento. Estas tecnologías continuarán abriendo nuevas fronteras en áreas de gran impacto, como la medicina personalizada, el desarrollo de energía limpia y la gestión inteligente de recursos.

Enlace 2:

[SciPy.integrate Documentation](#)

Documentación oficial de SciPy que detalla las herramientas para resolver EDOs, incluyendo `solve_ivp` y `odeint`.

Descripción del enlace: Un recurso técnico esencial para profundizar en la implementación de métodos numéricos en Python.

Definición de los términos citados en la clase 16

- **Ecuaciones diferenciales:** Ecuaciones que relacionan una función con sus derivadas, describiendo tasas de cambio en sistemas dinámicos, fundamentales en modelado matemático y computacional.
- **Transformada de Laplace:** Una integral que convierte una función del dominio del tiempo en una función en el dominio de la frecuencia, definida

como $(\mathcal{L}f(t) = \int_0^\infty e^{-st} f(t), dt)$, utilizada para simplificar la resolución de ecuaciones diferenciales.

Referencias

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Booth, W. C., Colomb, G. G., & Williams, J. M. (2008). *The Craft of Research* (3rd ed.). University of Chicago Press.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (7th ed.). Wiley.
- Knuth, D. E. (1984). *Literate Programming*. The Computer Journal, 27(2), 97–111.
- Kelleher, J. D., & Tierney, B. (2018). *Data Science*. MIT Press.

Recursos de Profundización

1. Aplicación Método de Runge Kutta RK4

Descripción del enlace: Este artículo explica cómo aplicar el método de Runge-Kutta de cuarto orden para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Se presentan ejemplos prácticos detallados, donde se muestra el proceso paso a paso para utilizar este método numérico en la aproximación de soluciones de EDOs. Además, se realiza una comparación entre las soluciones aproximadas obtenidas mediante el método de Runge-Kutta y las soluciones exactas, con el objetivo de ilustrar la precisión y eficacia del método en distintos contextos.

Autor: Carlos Julio Mayorga Arias

Enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1z-Ue6UqHzOWiTF-KeECQwfOM1k7zeGmK/view?usp=sharing>

2. Método Runge-Kutta / Método de Euler explícito

Descripción del enlace: En este recurso de **GeoGebra**, se presenta una visualización interactiva del **método de Runge-Kutta**. El simulador resuelve una ecuación diferencial de segundo orden y te permite ajustar los parámetros para ver cómo las soluciones evolucionan con el tiempo y cómo el método mejora la aproximación.

Autor: Carlos Julio Mayorga Arias

Enlace: <https://www.geogebra.org/m/znqvgvqm>

3. Plantilla para Metodo Runge-Kutta

Descripción del enlace: Esta guía interactiva te enseña cómo implementar el método de Runge-Kutta en Excel para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). A través de un ejemplo práctico, aprenderás cómo organizar las celdas y fórmulas necesarias para obtener la solución aproximada $y(t)$ en cada paso de tiempo, utilizando gráficos para visualizar la evolución de la solución.

Autor: Carlos Julio Mayorga Arias

Enlace:

https://drive.google.com/file/d/1HVnibkymjGUj_0Voa8db6fToQcWEQ9eS/view?usp=sharing



La excelencia no se improvisa

síguenos

