



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE QUERÉTARO



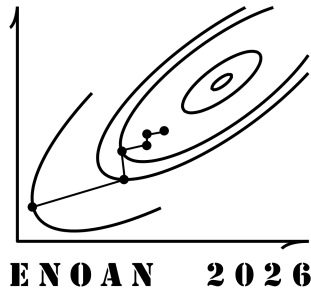
FACULTAD
DE INGENIERÍA

Escuela Nacional de Optimización y Análisis Numérico 2026

Aplicaciones Matemáticas
en la Industria

Sociedad Mexicana de Computación Científica y sus Aplicaciones
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro

Santiago de Querétaro, Querétaro, México
29 al 31 de julio de 2026



Es un honor darles la bienvenida a la edición 2026 de la Escuela Nacional de Optimización y Análisis Numérico (ENOAN), que celebramos del 29 al 31 de julio en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Deseamos que todas las personas asistentes vivan una experiencia académica enriquecedora, donde convergerán ideas innovadoras, colaboraciones fructíferas e intercambio de conocimiento de vanguardia en matemáticas aplicadas y computación científica.

Este año, dedicamos la temática a las Matemáticas Aplicadas en la Industria, reconociendo el papel fundamental que métodos como optimización, simulación numérica, modelación y estadística desempeñan en manufactura, energía, finanzas, salud y tecnologías de la información. En un contexto donde la inteligencia artificial ha irrumpido con fuerza en todos los ámbitos industriales, resulta más relevante que nunca reivindicar los principios matemáticos que subyacen a estos algoritmos. Esta escuela busca tender puentes entre la teoría y las necesidades prácticas de la industria, formando profesionales capaces de diseñar, validar y aplicar herramientas computacionales confiables.

Agradecemos profundamente a la Facultad de Ingeniería de la UAQ por acoger este evento y poner a disposición sus valiosos recursos. Reconocemos también a todos los investigadores, profesores, estudiantes y profesionales que, con admirable compromiso, se han unido contribuyendo en todas las formas posibles; su dedicación es el corazón de este prestigioso encuentro académico.

Prepárense para días de aprendizaje transformador. Los invitamos a cuestionar, debatir y proponer soluciones matemáticas sólidas que impacten los procesos industriales y que permitan que la inteligencia artificial y las tecnologías emergentes sean herramientas confiables al servicio de la sociedad. Esperamos que esta semana contribuya decisivamente en sus trayectorias profesionales.

Con la visión de seguir creciendo como comunidad y proyectando nuestra ciencia hacia el futuro, les deseamos el mayor de los éxitos en cada una de las actividades de la ENOAN 2026.

Dr. Jonathan Montalvo Urquiza
Presidente de la SMCCA

Comité Organizador Local

Dr. Iván González García (UAQ)

Dra. Luisa Ramírez Granados (UAQ)

Comité Organizador Nacional

Dr. Jonathan Montalvo Urquiza (ITESM)

Dra. Rina Betzabeth Ojeda Castañeda (UAdeC)

Dr. Jorge López López (UJAT)

Dr. Gerardo Tinoco Guerrero, (UMSNH)

Dr. Gilberto Calvillo Vives (UNAM)

Dr. Miguel Ángel Uh Zapata (CIMAT-Mérida)

Dr. Jonás Velasco Álvarez (CIMAT-Ags.)

Dra. María del Pilar Alonso Reyes (UNAM)

M. en I. Catalina Trevilla Román (UACM)

ENOAN 2026

29 al 31 de Julio

	Miércoles 29	Jueves 30	Viernes 31
8:00 - 8:30	Instalación de carteles		
8:30 - 9:00	Inauguración Parque Biotecnológico Piso 4, Auditorio		
9:00 - 10:00	CP-1 Conferencia "Diego Brício"	CP-3	CP-6
10:00 - 11:00	CP-2 Conferencia "Humberto Madrid"	Curso 1, Curso 2, Curso 3	Ponencias Escuela Sala1, Sala 2, Sala 3
11:00 - 11:30	Foto, Pausa	Pausa	Pausa
11:30 - 12:30	Curso 1, Curso 2, Curso 3	Curso 1, Curso 2, Curso 3	Ponencias Escuela Sala1, Sala 2, Sala 3
12:30 - 13:30	Curso 1, Curso 2, Curso 3	CP-4	CP-7
13:30 - 15:30	Comida	Comida	Comida
15:30 - 16:30	Curso 4, Curso 5	Curso 4, Curso 5	Ponencias Escuela Sala1, Sala 2, Sala 3
	Curso 4, Curso 5	Curso 4, Curso 5	Ponencias Escuela Sala1, Sala 2, Sala 3
17:30 - 18:30	Carteles	CP-5	Clausura Parque Biotecnológico Piso 4, Auditorio
18:30		Asamblea de Miembros de la SMCCA	

Conferencias Plenarias (Auditorio de la Facultad de Ingeniería)

- CP-1 Miguel Ángel Moreles Vázquez (*Conferencia en honor a Diego Brício*)
- CP-2 Justino Alavez Ramírez (*Conferencia en honor a Humberto Madrid*)
- CP-3 Miguel Mata Pérez
- CP-4 José Luis Figueroa González
- CP-5 Jesús Emmanuel Solís Pérez
- CP-6 Edgar Possani Espinosa
- CP-7 Martín Alfonso Gutiérrez López

Cursos de la Escuela (Sala 1, Sala 2, Sala 3)

- CE-1 César Alberto Rosales Alcántar
Leyes de Conservación y Python.
- CE-2 Joel Antonio Trejo Sánchez
Resolviendo problemas de la industria con teoría de grafos.
- CE-3 Cecilia Irene Loeza Mejía
Narrativas científicas para redacción, difusión y divulgación del conocimiento.
- CE-4 David Israel González Mena
Método de Elemento Finito para EDPs en Superficies 3D.
- CE-5 Héctor Maravillo Gómez
Introducción al análisis de datos geoespaciales con Python.

ENOAN 2026

Información de la sede

Institución

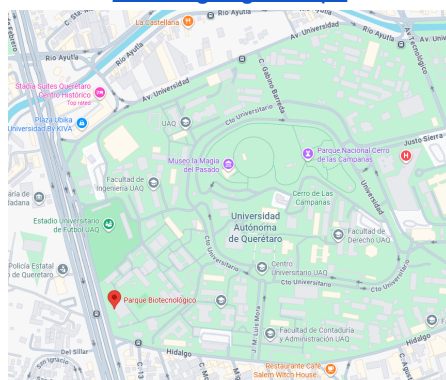
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro

Dirección

Edificio “Parque Biotecnológico”
Cerro de las Campanas, Centro Universitario
76017 Santiago de Querétaro, Qro., México

Mapa de zona

[Ver en google maps](#)



Croquis de la Facultad de Ingeniería



FACULTAD DE INGENIERÍA

- EDIFICIO A Dirección y Auditorio
- EDIFICIO B Salones
- EDIFICIO C Salones
- EDIFICIO D Centro de Cómputo
- EDIFICIO E Salones
- EDIFICIO F Cubículos
- EDIFICIO G Dirección de Posgrado
- EDIFICIO H Salones
- EDIFICIO I Salones

- 1 Parque Biotecnológico
- 2 CEDIT
- 3 Laboratorio de Mecatronica
- 4 CETEVI

E
Estacionamiento



Todas las conferencias plenarias tendrán lugar en el **Auditorio del Parque Biotecnológico**.

	Título y expositor	Día y hora
CP-1	<i>Conferencia en honor a “Diego Bricio”</i> Advección, Difusión y Semiconductores Miguel Ángel Moreles Vázquez Centro de Investigación en Matemáticas	Miércoles 29 9:00 – 10:00
CP-2	<i>Conferencia en honor a “Humberto Madrid”</i> Formando profesionales con sentido social: Experiencias en la enseñanza del Análisis Numérico mediante proyectos integradores Justino Alavez Ramírez Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	Miércoles 29 10:00 – 11:00
CP-3	Agrupamiento, análisis y predicción de mercado en una industria moderna: optimizando el futuro Miguel Mata Pérez Universidad Autónoma de Nuevo León	Jueves 30 9:00 – 10:00
CP-4	Estrategia de “proyección y levantamiento” para un modelo de flujo multicomodidad sobre una red espacio-tiempo asociado a un problema de reubicación de objetos José Luis Figueroa González Université de Lorraine, UFR MIM / LCOMS	Jueves 30 12:30 – 13:30
CP-5	Scientific Machine Learning: El encuentro entre cómputo científico y aprendizaje profundo Jesús Emmanuel Solís Pérez Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Juriquilla	Jueves 30 17:30 – 18:30
CP-6	Optimizando la producción bajo incertidumbre Edgar Possani Espinosa ITAM	Viernes 31 9:00 – 10:00
CP-7	Decidir bajo incertidumbre: el reto matemático de los Polos de Desarrollo Martín Alfonso Gutiérrez López Universidad Autónoma de Querétaro	Viernes 31 12:30 – 13:30

CP-1 Conferencia en honor a “Diego Bricio”.

Advección, Difusión y Semiconductores

Miguel Ángel Moreles Vázquez

Centro de Investigación en Matemáticas

Resumen: La advección y la difusión son fenómenos comunes en la naturaleza. El modelo matemático subyacente es en ecuaciones diferenciales parciales (EDPs). En la charla presentamos un relato panorámico de estos fenómenos y los modelos en EDPs subyacentes. Planteamos algunos problemas de incidencia, en particular el diseño de dispositivos semiconductores bajo el modelo deriva-difusión. Concluimos con algunas instantáneas de Diego, distinguido científico, comprometido mentor, y mejor persona.

CP-2 Conferencia en honor a “Humberto Madrid”.

Formando profesionales con sentido social: Experiencias en la enseñanza del Análisis Numérico mediante proyectos integradores

Justino Alavez Ramírez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Resumen: La evolución de la matemática aplicada y la computación científica en México no solo se mide por sus avances teóricos, sino por la forma en que se transmiten y transforman la realidad en las aulas universitarias. Esta plática ofrece una reflexión sobre una trayectoria de casi 40 años en la enseñanza de las matemáticas de la educación superior, con un enfoque particular en el Análisis Numérico y las Ecuaciones Diferenciales. A lo largo de esta experiencia, se ha transitado de los métodos de enseñanza tradicionales hacia estrategias activas y significativas. En esta ponencia se expondrá cómo el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se convierte en un vehículo idóneo para conectar la abstracción matemática (como el modelado y la simulación numérica) con la resolución de problemáticas reales y del entorno. Asimismo, se analizará cómo esta metodología converge de manera natural con los ejes articuladores de la Nueva Escuela Mexicana (NEM), promoviendo un aprendizaje situado, crítico, colaborativo y con un profundo sentido de responsabilidad social. El objetivo es compartir las experiencias, retos y satisfacciones de impulsar una matemática viva, demostrando que las ecuaciones que gobiernan los fenómenos de la naturaleza y la técnica también pueden ser el motor para formar ciudadanos comprometidos con el desarrollo de su comunidad.

CP-3 Agrupamiento, análisis y predicción de mercado en una industria moderna: optimizando el futuro

Miguel Mata Pérez

Universidad Autónoma de Nuevo León

Resumen: Las nuevas técnicas que se han abierto camino con el desarrollo de la inteligencia artificial permiten iniciar nuevas vías de optimización de las actividades estratégicas, tácticas y operativas en la industria moderna. En esta plática se trata el caso de una empresa dedicada a la manufactura y distribución de línea blanca instalada al noreste de México. La empresa tiene operaciones en todo el país por lo que la capacidad de respuesta que el mercado exige es bastante compleja, principalmente de recursos logísticos, donde anticipar las necesidades de su cartera de clientes se convierte en una tarea vital. Una solución ideal sería viajar al futuro para conocer dónde, en qué cantidad y qué clase de productos se demandarán para controlar mejor los recursos, reducir costos por contratación de flotas y aumentar el servicio al cliente. Así, la idea de emplear inteligencia artificial como máquina del tiempo a través de algoritmos matemáticos de agrupamiento, análisis y predicción adquiere sentido en la toma de decisiones en tiempo real con fundamento matemático y computacional. En la charla se presentan la problemática, las herramientas desarrolladas y la aplicación de un trabajo desarrollado mano a mano con la industria.

CP-4 Estrategia de "proyección y levantamiento" para un modelo de flujo multicomodidad sobre una red espacio-tiempo asociado a un problema de reubicación de objetos

José Luis Figueroa González

Université de Lorraine UFR MIM / LCOMS

Resumen: Los problemas de enrutamiento de vehículos de tipo "colecta y entrega" (pickup-and-delivery en inglés) son una familia de problemas de optimización que continúa recibiendo mucha atención debido a su relación con las tareas de transporte y logística en el mundo real. Estos problemas pueden clasificarse tomando en cuenta la naturaleza de las entregas, la cantidad de depósitos para los vehículos o el tipo de restricciones involucradas (ventanas de

tiempo, capacidades, transferencias, etcétera). En este trabajo, abordaremos una variante con transferencias y una ventana de tiempo global. Debido a que este problema surge de forma natural en el contexto de la reubicación de objetos dentro de un sistema de transporte (como por ejemplo los sistemas públicos de renta de bicicletas) podemos hablar de un problema de "reubicación" de objetos.

CP-5 Scientific Machine Learning: El encuentro entre cómputo científico y aprendizaje profundo

Jesús Emmanuel Solís Pérez

Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Juriquilla

Resumen: Durante décadas, el modelado de sistemas físicos con enfoque fraccionario ha dependido de métodos numéricos que, aunque matemáticamente rigurosos, resultan computacionalmente intensivos. El crecimiento del aprendizaje profundo (Deep Learning) ofrece una velocidad de inferencia sin precedentes, sin embargo, suele ignorar los principios de conservación, resultando en modelos de "caja negra" incapaces de generalizar fuera de su dominio de entrenamiento.

A lo largo de esta plática, abordaremos la evolución desde las limitaciones de los enfoques clásicos hasta el desarrollo de arquitecturas de vanguardia como las Neural ODEs y las Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs). Analizaremos cómo estas herramientas permiten resolver problemas inversos complejos en los que la red identifica simultáneamente la dinámica gobernante y los parámetros físicos a partir de datos experimentales. Además, se mostrará cómo la integración de operadores de orden no entero (cálculo fraccionario) dota a las arquitecturas neuronales de la capacidad para modelar sistemas con "memoria", histéresis y viscoelasticidad.

Finalmente, consolidaremos la teoría mediante casos de estudio aplicados a la industria demostrando la convergencia entre matemáticas y cómputo avanzado.

CP-6 Optimizando la producción bajo incertidumbre

Edgar Possani Espinosa

ITAM

Resumen: En un entorno industrial cada vez más complejo, donde la incertidumbre afecta desde la calidad de las materias primas hasta los tiempos de producción, la toma de decisiones eficientes se ha convertido en un desafío estratégico. Esta conferencia explorará cómo las técnicas modernas de optimización permiten enfrentar estos retos mediante modelos matemáticos capaces de integrar múltiples decisiones operativas y anticipar escenarios inciertos.

A partir de dos casos de estudio reales, se mostrarán herramientas avanzadas para mejorar el desempeño de sistemas productivos. El primero aborda la gestión integrada de compras, inventarios y procesos de corte en la industria del mueble, considerando materias primas imperfectas y perecederas. Mediante programación dinámica y modelos de corte y empacamiento, se analizará cómo factores como la calidad del material, la variabilidad de la demanda y las políticas de inventario impactan directamente en los costos y la eficiencia operativa. El segundo caso examina la programación de máquinas que procesan trabajos en lotes, un problema clave en entornos donde los cuellos de botella determinan el desempeño global de la planta. Frente a la incertidumbre en los tiempos de procesamiento, se presentarán modelos de optimización y algoritmos especializados para generar programas de producción más robustos y confiables.

Más allá de los resultados específicos, la conferencia ofrecerá una visión de cómo la modelación de la incertidumbre puede transformarse en una ventaja competitiva, permitiendo diseñar operaciones más eficientes, reducir costos, mejorar el cumplimiento de plazos y aumentar la resiliencia de los sistemas productivos.

CP-7 Decidir bajo incertidumbre: el reto matemático de los Polos de Desarrollo

Martín Alfonso Gutiérrez López

Universidad Autónoma de Querétaro

Resumen: Se plantea que la evaluación de los Polos de Desarrollo en México no es únicamente un asunto económico o territorial, sino un problema matemático de decisión multicriterio. En estos sistemas intervienen variables de distinta naturaleza: disponibilidad de agua, energía, clima, población, infraestructura, riesgo ambiental y conectividad. La ponencia muestra cómo herramientas como la normalización de variables, la ponderación multicriterio, el análisis de componentes principales, la clasificación de territorios, las fronteras de Pareto y la optimización; permiten comparar alternativas bajo incertidumbre. El objetivo no es encontrar un “mejor polo” absoluto, sino identificar condiciones de viabilidad, robustez y vulnerabilidad en polos ya existentes, así como en posibles escenarios de desarrollo industrial. La idea central es que los Polos de Desarrollo representan un laboratorio real para aplicar matemáticas: transformar datos complejos en criterios transparentes para evaluar, comparar y tomar mejores decisiones.

Los cursos de la Escuela tienen una duración de 4 horas y se realizarán los días miércoles 29 y jueves 30 de julio en las siguientes salas.

- **Aula 1:** Parque Biotecnológico 3er piso, BT33.
- **Aula 2:** Parque Biotecnológico 4o piso, BT41.
- **Aula 3:** Parque Biotecnológico 4o piso, BT42.

	Título, persona expositora e institución	Día	Hora	Lugar
CE-1	Leyes de Conservación y Python César Alberto Rosales Alcántar Centro de Investigación en Matemáticas	Miércoles 29	11:30 – 13:30	Aula 1
		Jueves 30	10:00 – 11:00 11:30 – 12:30	
CE-2	Resolviendo problemas de la industria con teoría de grafos Joel Antonio Trejo Sánchez Centro de Investigación en Matemáticas	Miércoles 29	11:30 – 13:30	Aula 2
		Jueves 30	10:00 – 11:00 11:30 – 12:30	
CE-3	Narrativas científicas para redacción, difusión y divulgación del conocimiento Cecilia Irene Loeza Mejía Tecnológico Nacional de México campus Misantla	Miércoles 29	11:30 – 13:30	Aula 3
		Jueves 30	10:00 – 11:00 11:30 – 12:30	
CE-4	Método de Elemento Finito para EDPs en Superficies 3D David Israel González Mena Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa	Miércoles 29	15:30 – 17:30	Aula 2
		Jueves 30	15:30 – 17:30	
CE-5	Introducción al análisis de datos geoespaciales con Python Héctor Maravillo Gómez Universidad Autónoma de la Ciudad de México	Miércoles 29	15:30 – 17:30	Aula 3
		Jueves 30	15:30 – 17:30	

CE-1 Leyes de Conservación y Python

Cesar Alberto Rosales Alcantar

Centro de Investigación en Matemáticas

Descripción: En este curso corto, se discutirá la solución numérica de leyes de conservación clásicas, como lo son la ecuación de transporte y la ecuación de Burgers'. Así mismo, se revisarán los algoritmos numéricos para resolver estas ecuaciones parciales mediante esquemas de volumen finito de primer, segundo y tercer orden, por medio de la plataforma Google Colab.

Programa del curso:

1. Presentación del curso. Introducción a las leyes de conservación. Discretización de la ecuación de transporte en el espacio y en el tiempo.
2. Solución numérica de la ecuación de transporte y condición CFL.
3. Ecuación de Burgers', ecuación de difusión 1D y su solución numérica.

4. Esquemas de volumen finito de primer y segundo orden. Reconstrucción de variables en las fronteras.
5. Esquema de volumen finito de tercer orden. Extensión a 2D.

Bibliografía:

- Tutorial CFD Python: 12 Steps for Navier-Stokes.
<https://lorenabarba.com/blog/cfd-python-12-steps-to-navier-stokes/>
- LeVeque, R. J., & Leveque, R. J. (1992). Numerical methods for conservation laws (Vol. 132). Basel: Birkhäuser.
- Després, B. (2017). Numerical methods for Eulerian and Lagrangian conservation laws. Birkhäuser.
- LeVeque, R. J. (2002). Finite volume methods for hyperbolic problems (Vol. 31). Cambridge university press.

Prerrequisitos de los asistentes al curso

Conocimientos sobre cálculo diferencial, ecuaciones diferenciales y programación en Python. Google Colab.

CE-2 Resolviendo problemas de la industria con teoría de grafos

Joel Antonio Trejo Sánchez

Centro de Investigación en Matemáticas

Descripción: Existe una gran variedad de problemas en la industria que pueden modelarse como un problema de teoría de grafos. Esta área de las matemáticas proporciona herramientas poderosas para representar y analizar sistemas complejos compuestos por entidades y sus interrelaciones, permitiendo obtener soluciones eficientes a problemas reales en diversos sectores productivos. En este taller se presentarán los conceptos fundamentales de la teoría de grafos y su aplicación en la resolución de problemas industriales.

Programa del curso:

1. Introducción a la teoría de grafos
2. Modelado de redes industriales
3. Problemas de rutas óptimas
4. Problemas de asignación de recursos y flujos

Bibliografía:

- Gross, J. L., Yellen, J., & Anderson, M. (2018). *Graph theory and its applications* (3rd ed.). CRC Press.

Prerrequisitos de los asistentes al curso

Fundamentos de matemática discreta y algoritmos. Python.

CE-3 Narrativas científicas para redacción, difusión y divulgación del conocimiento

Cecilia Irene Loeza Mejía

Tecnológico Nacional de México campus Misantla

Descripción: La generación de conocimiento científico y tecnológico no concluye con la obtención de resultados. La capacidad para comunicar hallazgos es una competencia esencial para investigadores, estudiantes y profesionales de las matemáticas aplicadas, la ingeniería y las ciencias computacionales. Sin embargo, con frecuencia los resultados de investigación no se adecuan a las características, necesidades y nivel de conocimiento de diferentes audiencias, limitando su comprensión, impacto y transferencia.

Este curso tiene como propósito fortalecer las competencias de comunicación científica mediante el desarrollo de narrativas científicas orientadas a la redacción académica, la difusión especializada y la divulgación del conocimiento.

Programa del curso:

1. Del pensamiento científico a la comunicación del conocimiento

- a. Características del pensamiento científico
 - b. La comunicación como parte del proceso científico
 - c. Impacto de la comunicación en la generación y transferencia de conocimiento
2. Diferencias entre redacción, difusión y divulgación
 - a. Objetivos de cada modalidad
 - b. Audiencias y canales de comunicación
3. Principios de las narrativas científicas
 - a. ¿Qué es una narrativa científica?
 - b. La construcción de historias a partir de resultados científicos
 - c. Elementos de una narrativa
4. Narrativas científicas para artículos académicos
 - a. Tipos de artículos
 - b. Estructura del artículo científico
 - c. Errores comunes
5. Narrativas científicas para difusión y divulgación
 - a. Identificación de audiencias y adaptación del mensaje
 - b. Medios de divulgación y difusión
 - c. Comunicación científica en medios digitales
 - d. Técnicas de discursos
6. Ejemplos de narrativas científicas

Bibliografía:

- Loeza-Mejía, C. I. (2026). Rutas de aprendizaje. Cecilia Loeza. <https://cecilialoeza.com/courses.html>
- Paul, R., & Elder, L. (2019). The thinker's guide to scientific thinking: Based on critical thinking concepts and principles (4th ed.). Rowman & Littlefield. <https://doi.org/10.5771/9781538133842>
- Schimel, J. Writing Science: How to Write Papers That Get Cited and Proposals That Get Funded. Oxford University Press. https://wp.optics.arizona.edu/kupinski/wp-content/uploads/sites/91/2023/01/Writing_Science_Joshua_Schimel.pdf

Prerrequisitos de los asistentes al curso

Interés en comunicar resultados científicos, tecnológicos o de investigación.

CE-4 Método de Elemento Finito para EDPs en Superficies 3D

David Israel González Mena

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

Descripción: El método de elemento finito constituye una de las herramientas más importantes para la aproximación numérica de ecuaciones diferenciales parciales. En años recientes, el estudio de problemas definidos sobre superficies ha adquirido una gran relevancia debido a sus aplicaciones en biología matemática, ciencia de materiales, procesamiento de imágenes, dinámica de fluidos sobre membranas y modelación geométrica. El objetivo de este curso es introducir los fundamentos matemáticos y computacionales del método de elemento finito aplicado a ecuaciones diferenciales parciales definidas sobre superficies tridimensionales inmersas en $\mathbb{R}^3$. Se presentarán los conceptos geométricos básicos necesarios para definir operadores diferenciales tangenciales, tales como el gradiente tangencial y el operador de Laplace–Beltrami. Posteriormente se derivará la formulación variacional de problemas elípticos modelo sobre superficies cerradas y se discutirá la construcción de aproximaciones poligonales mediante mallas triangulares. A partir de esta discretización geométrica se desarrollará el método de elemento finito superficial, mostrando cómo construir espacios de aproximación, ensamblar matrices y resolver numéricamente problemas tipo Laplace–Beltrami. Acto seguido, se extenderá esta metodología a problemas parabólicos

dependientes del tiempo. Asimismo, se presentarán ejemplos computacionales ilustrativos sobre superficies de interés como la esfera, el toro y otras más.

Programa del curso:

1. Introducción y motivación. EDPs sobre superficies y aplicaciones.
2. Conceptos requeridos para superficies inmersas en ortogonales en tres dimensiones. Proyecciones ortogonales, gradiente tangencial y operador de Laplace-Beltrami. Ejemplos del operador de Laplace-Beltrami en diversas superficies. Comparación con el operador de Laplace estándar.
3. Formulación variacional de problemas elípticos sobre superficies.
4. Discretización de superficies mediante mallas triangulares.
5. Método del Elemento Finito Lineal. Ensamble de las matrices de masa, de rigidez y vector de carga.
6. Generación por computadora de mallas triangulares para regiones planas y superficies. Algoritmos para generación de mallas triangulares. Análisis de calidad de mallas.
7. Solución numérica por computadora de la ecuación Laplace-Beltrami en su forma elíptica.
8. Extensión a problemas parabólicos. Discretización espacial y temporal de la ecuación Laplace-Beltrami en su forma parabólica. Solución numérica por computadora de la ecuación Laplace-Beltrami.

Bibliografía:

- González Mena, D. I. Patrones de Turing sobre superficies tridimensionales. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México, 2024.
- González Mena, D. I., Valencia, L. H. Numerical Turing Patterns Formation on 3D Surfaces with a Linear Finite Element Method. *Indice. Gener.*, No. 96, 2024.
- Johnson, C. (2009). Numerical solution of partial differential equations by the finite element method. Courier Corporation.
- Dziuk, G. Finite Elements for the Beltrami Operator on Arbitrary Surfaces. *Partial Differential Equations and Calculus of Variations*, Springer, 1988, pp. 142–155.
- Dziuk, G., Elliott, C. M. Finite Element Methods for Surface PDEs. *Acta Numerica*, Vol. 22, 2013, pp. 289–396.
- Brenner, S. C., Scott, L. R. The Mathematical Theory of Finite Element Methods. Springer, 2008.

Prerrequisitos de los asistentes al curso

- Álgebra lineal
- Cálculo vectorial y multivariable
- Conocimiento de ecuaciones diferenciales parciales básicas
- MATLAB o Python con Visual Studio Code. Para Python se requiere que los asistentes tengan previamente instaladas las bibliotecas NumPy, SciPy y Matplotlib.

CE-5 Introducción al análisis de datos geoespaciales con Python

Héctor Maravillo Gómez

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Descripción: Una parte importante de la información generada por empresas, gobiernos y la academia posee una dimensión espacial. El análisis de estos datos permite estudiar la distribución geográfica de diversos fenómenos, identificar patrones y relaciones espaciales, y apoyar la toma de decisiones en múltiples ámbitos. En este taller se presentarán herramientas fundamentales para el manejo de datos geoespaciales en Python, así como algunos métodos de análisis espacial, mediante aplicaciones prácticas basadas en datos reales.

Programa del curso:

1. Representación de datos geoespaciales
2. Geoprocetamiento y análisis espacial

3. Autocorrelación espacial
4. Algoritmos de regionalización
5. Interpolación espacial

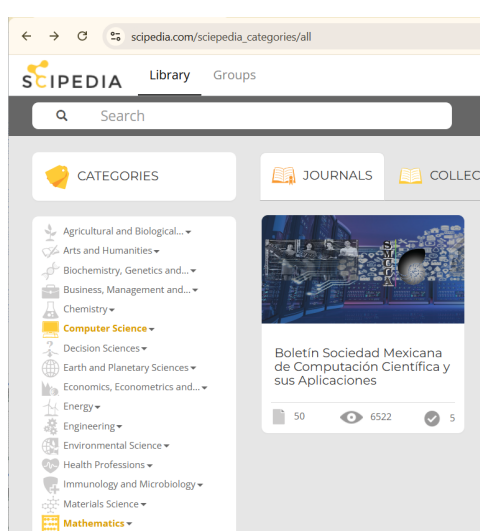
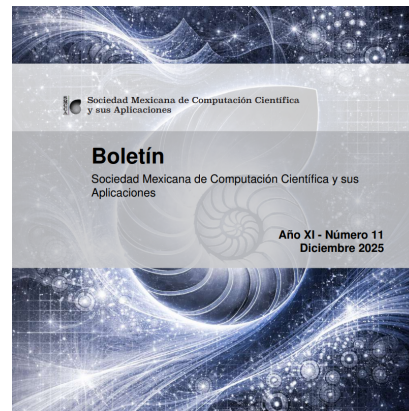
Bibliografía:

- Anselin, L. (2005). *Exploring Spatial Data with GeoData: A Workbook*.
- Rey, S.J., Arribas-Bel, D., & Woolf, L.J. (2023) *Geographic Data Science with Python*. CRS Press.

Prerrequisitos de los asistentes al curso

Conceptos básicos de estadística y de modelación de problemas de programación entera mixta.

Todos los autores de trabajos presentados en la ENOAN 2026 están invitados a enviar un artículo al Boletín SMCCA



Envía tu artículo durante los meses de agosto a octubre para que pueda aparecer en el siguiente número del Boletín SMCCA (Año XII, Número 12)

Boletín Sociedad Mexicana de Computación Científica y sus Aplicaciones es una revista científica especializada de investigación en la que se exponen temas en las áreas de matemáticas aplicadas, incluyendo aplicaciones en computación, ciencias de los materiales, logística, optimización e inteligencia artificial.

Todos los artículos enviados a esta publicación son sometidos a una revisión por profesionales y académicos expertos que pertenecen a instituciones nacionales e internacionales. El Boletín SMCCA es una publicación de acceso abierto, gratuito y no comercial. Su contenido se distribuye bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) por lo que se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de los artículos siempre que se reconozca la autoría, no se haga un uso comercial de la obra y se mantenga la misma licencia en obras derivadas. Las ideas y opiniones expresadas por los autores son responsabilidad de los mismos y pueden no reflejar la postura del Comité Editorial.

Comité Editorial

Jonathan Montalvo Urquiza
Gerardo Tinoco Guerrero
Rina Betzabeth Ojeda Castañeda



Las ponencias de la Escuela tienen una duración de **20 minutos (incluyendo tiempos de preguntas y cambio de persona expositora)**. Se realizarán el **viernes 31 de julio** en:

- **Aula 1:** Parque Biotecnológico 3er piso, BT33.
- **Aula 2:** Parque Biotecnológico 4o piso, BT41.
- **Aula 3:** Parque Biotecnológico 4o piso, BT42.

Hora	Aula 1	Aula 2	Aula 3
10:00	PE-01 Colapso gravitacional: una breve introducción a la Relatividad Numérica. Raquel Itzel Álvarez Caballero UAM	PE-12 Optimización de rutas para logística humanitaria mediante un Problema de Orientación Enriquecido: distribución de despensas al sur de Nuevo León. Paola Mireles Ochoa, Jaqueline Peña San Juan. Tecnológico de Monterrey	PE-23 Entendiendo la dinámica de los modelos matemáticos de las enfermedades a través de simulaciones interactivas. Alejandro Peregrino Pérez UJAT
10:20	PE-02 Formulación variacional y simulación por elementos finitos de un modelo de angiogénesis tumoral. Ana Kristhel Esteban López, Justino Alavez Ramírez, Miguel Angel de la Rosa Castillo UJAT	PE-13 Aplicación de escritorio para la optimización de recursos alimentarios en instituciones de ayuda humanitaria mediante un modelo de Programación Lineal Entera Mixta. Jazmin Padilla Ramos, Alejandro Martinez Paez, Juana Biniza Cruz Ruiz, Yadira Isabel Silva Soto Tecnológico de Monterrey	PE-24 Simulación Estocástica de Multitudes como un Sistema Complejo. Manuel Antonio Salas Chávez, Enrique Cruz UACM
10:40	PE-03 Modelación Numérica del Transporte de Carga en Semiconductores mediante el Modelo de Deriva-Difusión. Jorge Mario Flores Salas UTM	PE-14 Reemplazo óptimo y horizonte de pronóstico en sistemas multi-máquina. Ezequiel Hernández García, Hugo Adán Cruz Suárez, Adriana González Quiros, Rei Israel Ortega Gutiérrez, Rubén Blancas Rivera BUAP	PE-25 Diseño y Validación de un Modelo de Monocapa Mixta de Langmuir en la Interfaz Aire-Agua como Plataforma de Cribado Predictivo para Péptidos Antimicrobianos. Yoshio de Jesús Mena Gavia, Carlos Cortés Penagos, Gabriel Espinosa Pérez, Jorge Armando Tinoco Michel. UMSNH
11:00	Pausa		
11:30	PE-04 Un Esquema WENO-Z3 Well-Balanced para el sistema de Saint-Venant 1D sobre Topografía Variable. Edgar Luis Luna Hernández UJAT	PE-15 Optimización multiobjetivo estocástica para la distribución espacial de especies en proyectos de reforestación. Valeria Arciga Valencia, Fernando Elizalde Tecnológico de Monterrey	PE-26 Cálculo de la composición de equilibrio en la síntesis de amoníaco. Arturo Javier López García IPN
11:50	PE-05 De las opciones americanas al problema parabólico del obstáculo. Hugo Reyna UNAM	PE-16 Optimización binivel para estrategias de compra dirigida en cadenas de suministro automotrices. Felipe de Jesús Morales Ceballos, Francisco Javier Benita Maldonado Tecnológico de Monterrey	PE-27 Un nuevo modelo para flujos estratificados bicapa líquido-gas en ductos. Gerardo Hernández Dueñas, Sarswati Shat UNAM
12:10	PE-06 A brief history of the mathematics of randomness, a pillar in the financial industry. Carlos Rodríguez Contreras UNAM	PE-17 Optimización de planes de viaje para usuarios del transporte público mediante colonia de hormigas. Fernando Elizalde Ramírez, María Fernanda Cuevas Chavarría, ITESM	PE-28 Análisis Hamiltoniano y reducción estocástica de un problema de doble pozo de potencial en un modelo de inestabilidad atmosférica. Andrea González Cruz, Cecilia González Tokman, Gerardo Hernández Dueñas, UAQ
12:30	Plenaria		

Hora	Aula 1	Aula 2	Aula 3
15:30	Trabajo ganador del Premio Mixbaal PM-01 Introducción a la Inferencia Causal: una aplicación epidemiológica. Camila Scarlett Ibarra Rodríguez UNAM	Trabajo ganador de Mención Honorífica del Premio Mixbaal PM-02 Análisis del Retardo Temporal en la Comunicación Entre Osciladores Cardíacos y su Relación con Arritmias. Alexa Patricia Aguilar Lara, Ximena Itzel Vázquez Espinoza. UNAM	Trabajo ganador de Mención Honorífica del Premio Mixbaal PM-03 Simulación numérica de la dinámica de un cohete híbrido. Natalia Edith Mejía Bautista UNAM
15:50	PE-07 Análisis de la convergencia y de la viscosidad artificial en la ecuación bidimensional de Burgers: Comparativa entre los métodos Upwind y Lax-Friedrichs. Roberto Flavio Argüelles Arredondo Instituto Universitario del Centro de México EDUCEM	PE-18 Reconstrucción de regiones de contacto en un modelo de transistor semiconductor: un enfoque combinado de muestreo bayesiano y optimización variacional. Christian Jaime Muñoz Macías, Miguel Angel Moreles Vázquez CIMAT	PE-29 Soluciones a las ecuaciones de Maxwell armónicas en el tiempo usando Operadores de Transmutación. Pablo Enrique Moreira Galván Universidad Anáhuac Campus Querétaro
16:10	PE-08 Geometría, física y aprendizaje profundo en la solución de Ecuaciones Diferenciales Parciales mediante PINNs en dominios irregulares. Jorge Alejandro Camacho Hernández UnADM	PE-19 Una reformulación del filtro de Kalman mediante el complemento de Schur: análisis numérico y validación de trayectorias ADS-B. Alberto Armando Huerta Ornelas, Baltazar Aguirre Hernandez, Juan Alberto Martinez Cadena UAM	PE-30 Métodos de Aprendizaje y Variacionales en Teoría del Funcional de la Densidad Libre de Orbitales. Juan Daniel Medina Jiménez, Miguel Angel Moreles Vázquez, Juan Ignacio Rodriguez Hernández CIMAT
16:30	PE-09 Esquema numérico para un modelo no lineal motivado por la administración controlada de fármacos. Hugo Peña Gómez Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica y Universidad Nacional de Costa Rica	PE-20 Modelación de la Dinámica Tumoral Mediante Diferencias Finitas Generalizadas y Redes Neuronales Físicamente Informadas. Jorge Luis González Figueroa, Gerardo Tinoco Guerrero, José Alberto Guzmán Torres, Francisco Javier Dominguez Mota UMSNH	PE-31 Caracterización dinámica de señales electrocardiográficas en pacientes con IMSEST. María Fernanda Domínguez Cerda UACM
16:50	PE-10 Método iterativo para generar extensiones periódicas suaves y aplicaciones. Iván Méndez Cruz, Faisal Amlani École Normale Supérieure (ENS) Paris Saclay	PE-21 Modelación computacional de características acústicas para el análisis de voz mediante Praat, Parselmouth-Praat e inteligencia artificial. Enrique Díaz Ocampo UAEM	PE-32 Modelo de predicción espaciotemporal y optimización de cobertura para gestión de recursos de emergencia vial en Aguascalientes. Bryan Mauricio Castañeda Ramos, Jonás Velasco Álvarez, Joel Antonio Trejo Sánchez CIMAT
17:10	PE-11 Estrategia de selección de vecindades nodales en métodos sin malla para dominios heterogéneos con interfaz. Elí Chagolla Inzunza, Francisco Javier Domínguez Mota, Gerardo Tinoco Guerrero, Gabriela Pedraza Jiménez UMSNH	PE-22 La vida secreta de una transacción: matemáticas, riesgo y decisiones en menos de tres segundos. Giovana Ortigoza Álvarez Openpay by BBVA	
17:30	Clausura		

PE-01 Colapso gravitacional: una breve introducción a la Relatividad Numérica

Raquel Itzel Álvarez Caballero

Universidad Autónoma Metropolitana

La Relatividad Numérica es la rama de la Teoría de la Relatividad general que se ha encargado de aproximar soluciones numéricas a estas ecuaciones con dos formalismos; el ADM (descomposición 3+1) y el más actual llamado BSSNOK, mediante distintos métodos numéricos, primordialmente, con el método de diferencias finitas que consiste en discretizar una malla de dimensiones Δr . Al imponer condiciones iniciales específicas y un sistema coordenado altamente simétrico, se pueden estudiar distintos ejemplos como dos agujeros rotantes, dos estrellas de neutrones, la formación de ondas gravitacionales y el caso del colapso gravitacional de un campo escalar. Éste último, estudiado en mi tesis de licenciatura.

PE-02 Formulación variacional y simulación por elementos finitos de un modelo de angiogénesis tumoral

Ana Kristhel Esteban López, Justino Alavez Ramírez, Miguel Angel de la Rosa Castillo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

La angiogénesis es la formación de nuevos vasos sanguíneos a partir de la vasculatura preexistente. Bajo la premisa de que el crecimiento tumoral depende de este proceso, el fenómeno se caracteriza por la migración dirigida de células endoteliales desde un vaso padre hacia la fuente tumoral, guiadas por los factores químicos que el propio tumor secreta para inducir la creación de la red capilar que lo nutrirá. El presente trabajo se basa en el modelo matemático adimensionalizado propuesto por Anderson y Chaplain (1998), el cual describe el proceso de angiogénesis tumoral mediante un sistema de ecuaciones diferenciales parciales acopladas que modelan la migración de células endoteliales desde el vaso padre hacia la fuente tumoral. En este contexto, el desplazamiento celular ocurre en respuesta a procesos de difusión, quimiotaxis inducida por el factor angiogénico tumoral (TAF) y haptotaxis mediada por la fibronectina de la matriz extracelular. Con el fin de analizar la dinámica del sistema bajo distintos niveles de complejidad espacial, en este trabajo se aborda el conjunto completo de ecuaciones tanto en un dominio unidimensional (1D) como en una configuración bidimensional (2D). Esta aproximación dual permite examinar la interacción de las variables y la progresión del frente celular bajo diferentes geometrías. Para su solución, el modelo se transfiere a una formulación variacional y se resuelve numéricamente mediante el método de elementos finitos utilizando la plataforma FEniCS. El sistema completo de ecuaciones se presenta a continuación.

$$\begin{aligned}\frac{\partial n}{\partial t} &= D\nabla^2 n - \nabla \cdot \left(\frac{\chi}{1 + \alpha c} n \nabla c \right) - \nabla \cdot (\rho n \nabla f) \\ \frac{\partial f}{\partial t} &= \beta n - \gamma n f \\ \frac{\partial c}{\partial t} &= -\eta n c\end{aligned}$$

donde n es la densidad de células endoteliales por unidad de área en el tiempo $t > 0$, c es la concentración del TAF y f es la concentración de fibronectina. Por su parte, $D, \chi, \alpha, \rho, \beta, \gamma, \eta$ son los parámetros biofísicos que gobiernan el sistema.

PE-03 Modelación Numérica del Transporte de Carga en Semiconductores mediante el Modelo de Deriva-Difusión

Jorge Mario Flores Salas

Universidad Tecnológica de la Mixteca

En este trabajo se estudia un modelo de deriva-difusión (drift-diffusion) aplicado a la descripción del transporte de carga en dispositivos semiconductores. El sistema está formado por una ecuación de advección-difusión para la densidad de portadores $n(x,t)$ y una ecuación de Poisson para el

potencial eléctrico $\phi(x,t)$, las cuales se encuentran acopladas y describen la interacción entre la difusión de los portadores y el efecto del campo eléctrico interno del semiconductor. Debido a que, en general, este sistema de ecuaciones diferenciales parciales no admite soluciones analíticas explícitas, se propone su resolución mediante métodos numéricos. En particular, se emplean técnicas de ecuaciones diferenciales parciales numéricas, tales como discretización por diferencias finitas y volúmenes finitos, junto con esquemas de integración temporal implícitos y semiimplícitos. Asimismo, se estudia la aproximación numérica del término de advección-difusión y la resolución de la ecuación de Poisson en cada paso de tiempo. El desarrollo de este trabajo se basa en la metodología presentada en un artículo de investigación previamente revisado, adaptando las técnicas numéricas propuestas al modelo unidimensional de deriva-difusión en semiconductores. El objetivo es analizar el comportamiento de las soluciones numéricas, así como la estabilidad y precisión de los métodos empleados en la simulación del transporte de carga. La implementación numérica se realiza en lenguaje Python.

PE-04 Un Esquema WENO-Z3 Well-Balanced para el sistema de Saint-Venant 1D sobre Topografía Variable

Edgar Luis Luna Hernández

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Se presenta un esquema de volúmenes finitos para el sistema de Saint-Venant unidimensional con topografía variable. La discretización combina reconstrucción WENO-Z de tercer orden, flujo de Rusanov e integración temporal SSP-RK3. Para conservar el estado de lago en reposo se incorpora una formulación well-balanced basada en reconstrucción hidrostática. El método se verifica con pruebas de equilibrio estático, flujos permanentes subcríticos y problemas de ruptura de presa con lecho húmedo y seco. Los resultados muestran preservación del equilibrio hasta precisión de máquina, conservación de masa y una representación estable de choques y rarefacciones. Las tasas de convergencia observadas son consistentes con la regularidad de la topografía y con la discretización empleada.

PE-05 De las opciones americanas al problema parabólico del obstáculo

Hugo Reyna

Universidad Nacional Autónoma de México

La valuación de opciones americanas constituye uno de los ejemplos más importantes de problemas de paro óptimo en tiempo continuo. En esta charla se presentará la formulación probabilística del problema y se mostrará cómo el proceso de valor asociado conduce de manera natural a una desigualdad variacional y, posteriormente, a un problema parabólico del obstáculo. Esta formulación permite describir la valuación de la opción mediante una ecuación diferencial parcial con restricción, e introduce de manera natural las regiones de ejercicio y continuación, así como la frontera libre que las separa.

PE-06 A brief history of the mathematics of randomness, a pillar in the financial industry

Carlos Rodríguez Contreras

Universidad Nacional Autónoma de México

In this work, the author reviews the evolution of the mathematics of randomness and its relevance in financial market modeling. This review extends beyond the conventional literature, which typically starts with the contribution of Louis Bachelier, and concludes with the model devised by Fisher Black and Myron Scholes. This work broadens such scope by addressing prior efforts to mathematically model financial markets, including the work of Jules Regnault. The review continues by discussing the application of Regnault's principles in finance, such as Louis Bachelier's groundbreaking use of Brownian motion to model stock price movements. Subsequently, the present

work addresses the use of these mathematical frameworks in significant financial innovations, such as the Black-Scholes model. Numerous stochastic volatility models have been developed to account for the phenomenon known as volatility smile, these models include the Steven Heston model. This review also briefly mentions Heston's work. Finally, this review comments on more recent developments to contribute to model random jumps in volatility, such as Markov-switching models.

PM-01 Introducción a la Inferencia Causal: una aplicación epidemiológica

Camila Scarlett Ibarra Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México



Muchas veces nos gustaría conocer el resultado de cierto desenlace si se hubiera hecho algo diferente a lo que se realizó en la realidad (dejando el resto de las circunstancias de la situación completamente igual). Por ejemplo, “me siento enfermo y me tomé esta medicina, ¿si no me la hubiera tomado, aun así me hubiera sentido mejor?” o “apliqué estas dos promociones a mis productos, ¿si sólo hubiera aplicado una de ellas, ¿cómo habrían cambiado mis ventas?”.

La Inferencia Causal ayuda a responder estas preguntas, usando métodos que simulan un experimento aleatorizado (A/B testing). En esta exposición, se ejemplificará una aplicación utilizando datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2016 (INEGI), para analizar cuál es el efecto de la obesidad en el diagnóstico de padecer riesgo bajo o alto de padecer SAOS (Síndrome de Apnea Obstruktiva del Sueño).

PE-07 Análisis de la convergencia y de la viscosidad artificial en la ecuación bidimensional de Burgers: Comparativa entre los métodos Upwind y Lax-Friedrichs

Roberto Flavio Argüelles Arredondo

Instituto Universitario del Centro de México EDUCEM

En el presente artículo se examina el orden de convergencia espacial en la ecuación bidimensional de Burgers -una ecuación diferencial para un sistema convectivo-difusivo no lineal-- bajo dos esquemas de discretización: Upwind y Lax-Friedrichs. La estrategia de verificación buscó aislar el régimen asintótico mediante dos decisiones: evaluar el error en etapas tempranas de la integración temporal, antes de que los efectos de frontera contaminen la solución, y restringir el cálculo del RMSE al dominio interior. Con esta configuración, la extrapolación de Richardson arrojó para Upwind un orden de discretización $p = 0.977$, consistente con la difusión numérica de primer orden característica del esquema. Lax-Friedrichs, por su parte, mostró una caída hasta $p = 0.819$ en mallas gruesas, la viscosidad artificial del esquema introduce una disipación que distorsiona la pendiente en el gráfico de convergencia y retrasa la entrada al régimen asintótico. La diferencia entre ambos valores no refleja solo una característica intrínseca de cada método, sino también lo sensible que es el cálculo del orden p para la validación del esquema seleccionado.

PE-08 Geometría, física y aprendizaje profundo en la solución de Ecuaciones Diferenciales Parciales mediante PINNs en dominios irregulares

Jorge Alejandro Camcho Hernández

Universidad Abierta y a Distancia de México

El trabajo presenta el desarrollo de un enfoque computacional basado en Redes Neuronales Informadas por la Física, conocidas como PINNs, para la solución de Ecuaciones Diferenciales Parciales en dominios geoméricamente irregulares. Como caso de estudio se considera la ecuación homogénea de Laplace en régimen estacionario, asociada al modelado de campos potenciales en ausencia de término fuente. La propuesta integra tres componentes principales: la geometría del dominio, la formulación matemática del problema físico y el aprendizaje profundo. En primer lugar, se construyen dominios irregulares a partir de una línea central definida mediante puntos de control, lo que permite generar canales geoméricos de forma flexible, reproducible y modificable. A partir de esta representación se identifica el dominio computacional, así como las

regiones correspondientes a entrada, salida y paredes, necesarias para imponer condiciones de frontera. Posteriormente, se formula el problema mediante una PINN, donde la red neuronal aproxima la solución del campo potencial dentro del dominio. La ecuación de Laplace se incorpora directamente en la función de pérdida mediante diferenciación automática, mientras que las condiciones de Dirichlet y Neumann establecen el comportamiento físico en la frontera. El objetivo del trabajo es mostrar cómo la geometría, la física matemática y el aprendizaje profundo pueden integrarse en una metodología computacional para resolver problemas estacionarios definidos sobre regiones irregulares, reduciendo la dependencia de mallados complejos y favoreciendo la generación automática de dominios geométricos.

PE-09 Esquema numérico para un modelo no lineal motivado por la administración controlada de fármacos

Hugo Peña Gómez

Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica y Universidad Nacional de Costa Rica

En áreas como medicina y farmacia, algunas técnicas de administración de fármacos emplean estímulos externos para controlar la liberación del medicamento, tales como la luz o la temperatura. En la literatura se han propuesto diversos modelos basados en ecuaciones diferenciales en derivadas parciales para describir la dinámica de estos procesos. Desde el punto de vista numérico, resulta de interés desarrollar esquemas numéricos para aproximar la solución de tales modelos, así como analizar las propiedades de estabilidad y convergencia de dichos esquemas. En esta charla se presentarán algunos modelos no lineales y esquemas numéricos basados en diferencias finitas para su aproximación. Además, se discutirán resultados numéricos relacionados con la estabilidad y la convergencia de los métodos propuestos. En este trabajo, motivado por la administración de fármacos mediante la regulación de la temperatura, se investiga la solución numérica de un sistema no lineal de ecuaciones de reacción-difusión sujeto a condiciones de contorno de Neumann-Dirichlet. Se considera un enfoque numérico en el que se emplea un esquema de diferencias finitas para la discretización espacial, mientras que se aplica un esquema implícito-explicito linealizado (IMEX) para la integración temporal. Los experimentos numéricos indican que el esquema de diferencias finitas propuesto presenta una propiedad de supraconvergencia. En el marco de la administración de fármacos mediante la regulación de la temperatura, se examina un modelo que representa un caso particular del sistema no lineal analizado y se valida con datos experimentales. En este trabajo, motivado por la administración de fármacos mediante la regulación de la temperatura, se investiga la solución numérica de un sistema no lineal de ecuaciones de reacción-difusión sujeto a condiciones de contorno de Neumann-Dirichlet. Se considera un enfoque numérico en el que se emplea un esquema de diferencias finitas para la discretización espacial, mientras que se aplica un esquema implícito-explicito linealizado (IMEX) para la integración temporal. Los experimentos numéricos indican que el esquema de diferencias finitas propuesto presenta una propiedad de supraconvergencia. En el marco de la administración de fármacos mediante la regulación de la temperatura, se examina un modelo que representa un caso particular del sistema no lineal analizado y se valida con datos experimentales.

PE-10 Método iterativo para generar extensiones periódicas suaves y aplicaciones

Iván Méndez Cruz, Faisal Amlani

École Normale Supérieure (ENS) Paris Saclay

Funciones no periódicas sobre intervalos cerrados se extienden en funciones periódicas suficientemente suaves mediante una interpolación de Hermite via operadores de transición (blend-to-zero operators) y extrapolación. Con base a este enfoque se introduce un método libre de matrices para generar extensiones periódicas suaves sobre puntos equidistantes, lo que permite extender el uso de la diferenciación basada en FFT a funciones no periódicas. Experimentos numéricos muestran la eficacia del método para generar las extensiones y su aplicación en diferenciación numérica.

PE-11 Estrategia de selección de vecindades nodales en métodos sin malla para dominios heterogéneos con interfaz

Elí Chagolla Inzunza, Francisco Javier Domínguez Mota, Gerardo Tinoco Guerrero, Gabriela Pedraza Jiménez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Las metodologías sin malla constituyen una alternativa flexible para la solución numérica de ecuaciones diferenciales parciales en geometrías complejas, dominios irregulares y distribuciones nodales no estructuradas. En problemas heterogéneos con interfaces entre materiales, la construcción de la vecindad local adquiere un papel fundamental para garantizar estabilidad, precisión y consistencia física. En particular, en el método de diferencias finitas generalizadas sin malla, la aproximación de derivadas depende de una selección adecuada de nodos vecinos. Por ello, cuando la vecindad se define únicamente mediante criterios geométricos globales, puede incorporar nodos pertenecientes a distintos materiales, generando errores en la aproximación local, deterioro del condicionamiento numérico y una representación inadecuada de las condiciones de continuidad en la interfaz. Este trabajo propone una estrategia de búsqueda de nodos vecinos para problemas con interfaz, considerando no solo la distancia euclidiana, sino también la pertenencia material y la posición relativa respecto a la discontinuidad física, mediante vecindades restringidas por subdominio y vecindades unilaterales en nodos de interfaz. Además, se incorpora la evaluación del rango y del número de condición de la matriz local de aproximación para garantizar estenciles robustos. El desarrollo del proyecto se justifica por la necesidad de mejorar la confiabilidad de las metodologías sin malla en problemas con saltos abruptos de propiedades, como conductividad térmica, difusividad, permeabilidad o rigidez mecánica, favoreciendo su aplicación en transferencia de calor, difusión, mecánica de sólidos y problemas multifísicos en medios compuestos.

PE-12 Optimización de rutas para logística humanitaria mediante un Problema de Orientación Enriquecido: distribución de despensas al sur de Nuevo León

Paola Mireles Ochoa, Jaqueline Peña San Juan

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Pal Sur del Norte es una organización de apoyo humanitario que distribuye despensas, medicamentos y recursos a comunidades vulnerables de Mier y Noriega, al sur de Nuevo León: una región marcada por pobreza, aislamiento geográfico y una red carretera deficiente, donde el transporte alcanza hasta el 80 % de los costos operativos. Surge así la necesidad de optimizar la asignación de recursos y la planificación de rutas para maximizar el impacto social, priorizando a la población más vulnerable y a los ejidos más alejados y con menor cobertura. El problema se modela como un Orienteering Problem enriquecido que incorpora capacidad de carga, autonomía dependiente de la carga, ventanas de tiempo, horizonte multi-jornada con entregas parciales y nodos de reabastecimiento. El objetivo maximiza el beneficio social de las comunidades visitadas bajo restricciones logísticas y de recorrido. Se implementó una heurística que obtiene soluciones factibles, realizables y de bajo costo computacional.

PE-13 Aplicación de escritorio para la optimización de recursos alimentarios en instituciones de ayuda humanitaria mediante un modelo de Programación Lineal Entera Mixta

Jazmin Padilla Ramos, Alejandro Martinez Paez, Juana Biniza Cruz Ruiz, Yadira Isabel Silva Soto
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Ante el incremento migratorio en México, optimizar insumos en los refugios es un imperativo ético y operativo. Este trabajo presenta un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (MILP) para la planificación de menús semanales y gestión de inventarios en un comedor de 80 personas. Mediante porciones ajustadas por edad, se reducen desperdicios y se minimizan costos de compra, considerando restricciones de caducidad, capacidad física de almacenamiento y una reserva de emergencia del 15%. El modelo, programado en Python (solver CBC), halló la solución óptima en 0.24 segundos, asegurando las tres comidas diarias y un ahorro superior al 19% sobre un presupuesto de \$24,000. Finalmente, se implementó una aplicación de escritorio eficiente (mínimo uso de RAM y CPU) que opera sin internet. Esto dota a la institución de una herramienta dinámica, escalable y de bajo costo, ideal para entornos con infraestructura tecnológica limitada.

PE-14 Reemplazo óptimo y horizonte de pronóstico en sistemas multi-máquina

Ezequiel Hernández García, Hugo Adán Cruz Suárez, Adriana González Quiros, Rei Israel Ortega Gutiérrez, Rubén Blancas Rivera
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

En la industria, decidir el momento adecuado para reemplazar maquinaria sujeta a deterioro y costos operativos crecientes impacta directamente la eficiencia, el control de costos y la confiabilidad del sistema. En esta charla se aborda el problema de reemplazo óptimo en sistemas con múltiples máquinas, modelado como un Proceso de Decisión de Markov con horizonte finito. Se analizan dos configuraciones de interés práctico: sistemas en paralelo y en serie. Mediante programación dinámica se obtienen políticas óptimas de reemplazo, ilustradas con ejemplos numéricos. Asimismo, se introduce el concepto de horizonte de pronóstico, que identifica el punto a partir del cual las acciones óptimas se estabilizan, proporcionando una herramienta práctica para la toma de decisiones en entornos industriales.

PE-15 Optimización multiobjetivo estocástica para la distribución espacial de especies en proyectos de reforestación

Valeria Arciga Valencia, Fernando Elizalde
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

La planificación óptima de reforestación es un problema de optimización combinatoria complejo, exige distribuir espacialmente especies nativas para minimizar la competencia biológica, cumplir cuotas y tolerar la incertidumbre de la vegetación preexistente. Este trabajo propone una formulación matemática sobre terrenos de disposición hexagonal, modelados como grafos donde los nodos son sitios de plantación y las aristas representan la competencia. Se desarrolla un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (MILP) para establecer cotas de optimalidad, y un algoritmo evolutivo multiobjetivo, adaptado a la estructura hexagonal, que optimiza la competencia y la diversidad ecológica. La incertidumbre se integra mediante simulación de Montecarlo. El análisis comparativo demuestra la intratabilidad del modelo MILP a gran escala, validando al algoritmo evolutivo como una solución heurística práctica y viable para proyectos de restauración ecológica de escala real.

PE-16 Optimización binivel para estrategias de compra dirigida en cadenas de suministro automotrices

Felipe de Jesús Morales Ceballos, Francisco Javier Benita Maldonado
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Esta investigación presenta un modelo de optimización binivel para cadenas de suministro automotrices descentralizadas (Tier 1 y Tier 2). El Fabricante de Equipos Originales (OEM) actúa como líder en un juego de Stackelberg, buscando minimizar costos totales de adquisición e inversión sin exceder un precio máximo de compra. El nivel inferior constituye un mercado competitivo entre ensambladores (T1) y productores de materia prima (T2), quienes alcanzan un equilibrio Walrasiano para satisfacer la demanda. Para evitar que la escasez de capacidad dispare los precios, el OEM implementa una estrategia de Compra Dirigida (Directed-Buy), inyectando capital directamente en T1 y T2 para expandir su capacidad física y reducir costos marginales. Matemáticamente, el problema se resuelve transformándolo en un MPEC mediante condiciones KKT.

PE-17 Optimización de planes de viaje para usuarios del transporte público mediante colonia de hormigas

Fernando Elizalde Ramírez, María Fernanda Cuevas Chavarría
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Uno de los problemas que suele presentar los usuarios del transporte público es determinar un plan que les permita transitar desde un estado inicial (origen) a un estado final (destino) de acuerdo con sus preferencias como usuario las cuales pueden ser variables para optimizar o condiciones que restringen su viaje utilizando el transporte público, como los son costos económicos, tiempos de traslado ya sea caminando o total del viaje. El problema es complejo debido a la representación de la topología de red de transporte y su tamaño, además de las necesidades del usuario (preferencias). Anteriormente se ha atacado este problema mediante el uso de planificación de inteligencia artificial y modelos de programación entera, en donde se obtuvo resultados interesantes, pero con dificultad para escalar el problema y teniendo así que reducir los espacios de búsqueda. En esta nueva entrega proponemos el uso del Algoritmo colonia de hormigas para solucionar este problema complejo y de interés, en donde se hace una transformación a la matriz que representa la red de transporte reduciendo con ello la memoria computacional, permitiendo escalar el problema sin necesidad de reducir el espacio búsqueda, teniendo con ello la obtención de un plan de viaje con un costo computacional bajo, con tiempos de cómputo muy por debajo de lo obtenido en las entregas pasadas y publicadas, además de que la calidad de la solución es muy cercana al óptimo y superior a lo obtenido mediante planning.

PM-02 Análisis del Retardo Temporal en la Comunicación Entre Osciladores Cardíacos y su Relación con Arritmias

Alexa Patricia Aguilar Lara, Ximena Itzel Vázquez Espinoza
Universidad Nacional Autónoma de México



En este trabajo se estudia un modelo cardíaco basado en el modelo discretizado de Barrio-Varea-Aragón-Maini (BVAM), modificado mediante la incorporación de un retardo temporal que representa la comunicación no instantánea entre los marcapasos naturales del corazón. El objetivo es analizar cómo la introducción de este retardo influye en la dinámica del sistema y su posible relación con el desarrollo de arritmias cardíacas. Para ello, se emplean herramientas de análisis de sistemas dinámicos y se comparan los electrocardiogramas (ECG) simulados con registros clínicos, con el fin de evaluar el comportamiento del modelo bajo diferentes valores de retardo.

Los resultados muestran que la incorporación de retardos temporales puede inducir la pérdida de estabilidad, la aparición de comportamientos no lineales y una alta sensibilidad a pequeñas

perturbaciones, características asociadas a dinámicas caóticas. Asimismo, determinados valores de retardo generan señales con similitudes a ECG de pacientes con patologías ventriculares, lo que sugiere una posible relación entre las alteraciones en la conducción eléctrica y la aparición de arritmias. Estos resultados destacan la importancia de considerar los retardos de conducción en los modelos matemáticos del corazón, contribuyendo al entendimiento de la fisiología cardíaca desde la perspectiva de los sistemas dinámicos, buscando una representación más realista de la actividad eléctrica del corazón y el estudio de los mecanismos involucrados en los trastornos del ritmo cardíaco.

PE-18 Reconstrucción de regiones de contacto en un modelo de transistor semiconductor: un enfoque combinado de muestreo bayesiano y optimización variacional

Christian Jaime Muñoz Macías, Miguel Angel Moreles Vázquez

Centro de Investigación en Matemáticas

Esta ponencia aborda un problema inverso de identificación geométrica en un modelo elíptico de transistor semiconductor: reconstruir la región de contacto metal-silicio a partir de mediciones de voltaje en la frontera. La región de contacto se parametriza mediante figuras simples (círculo, óvalo, rectángulo) y curvas cerradas representadas por splines cúbicos periódicos, usando el winding number para definir su función característica. Se propone una estrategia mixta que combina un enfoque bayesiano (muestreo MCMC) con un enfoque variacional (optimización basada en gradiente exacto, obtenido mediante la ecuación adjunta). La reconstrucción se organiza en tres etapas: primero, se localiza la posición de la región de contacto usando el funcional de gradiente de mínimos cuadrados en la traza, mediante MCMC seguido de refinamiento con BFGS; segundo, con la posición fija, se ajustan los parámetros restantes (radio y resistividad, o largo, ancho y resistividad) usando el funcional de mínimos cuadrados en la traza penalizado por área-resistividad y resistividad de referencia, también vía MCMC seguido de BFGS; tercero, se combinan ambos enfoques mediante optimización para ajustar la forma de una curva cerrada simple.

PE-19 Una reformulación del filtro de Kalman mediante el complemento de Schur: análisis numérico y validación de trayectorias ADS-B

Alberto Armando Huerta Ornelas, Baltazar Aguirre Hernandez, Juan Alberto Martinez Cadena

Universidad Autónoma Metropolitana

El filtro de Kalman es una de las herramientas más utilizadas en estimación de estados para sistemas dinámicos. Sin embargo, en aplicaciones con alta dimensionalidad de observaciones – como en vigilancia ADS-B –, el paso de actualización requiere resolver sistemas lineales con la matriz de innovación S_t , la cual puede presentar mal condicionamiento numérico. En este trabajo se propone una reformulación del paso de actualización basada en el complemento de Schur, que permite descomponer el sistema completo $S_t z_t = v_t$ en subproblemas de menor dimensión (A_t y Δ_t) sin alterar la solución exacta del filtro. El filtro de Kalman no cambia; lo que cambia es la forma de resolver internamente el sistema de innovación. Se realizó un estudio exhaustivo que incluyó: demostración de equivalencia algebraica y numérica, análisis del condicionamiento interno de los subproblemas, evaluación del escalamiento computacional al variar la dimensión de observación m , y validación con trayectorias reales del sistema ADS-B obtenidas de OpenSky Network (principalmente la trayectoria a43fba con 3246 puntos). Los resultados muestran que la versión KF-Schur mantiene una precisión equivalente al filtro estándar (diferencias del orden de 10^{-13}), logra mejoras significativas en el número de condición (reducciones hasta de 10^6) y presenta un escalamiento favorable para dimensiones altas de observación. Además, se identificaron rangos óptimos del parámetro de partición s que maximizan el balance entre tiempo y estabilidad

numérica. Esta reformulación ofrece una alternativa estructuralmente ventajosa para aplicaciones en tiempo real con alta redundancia de mediciones.

PE-20 Modelación de la Dinámica Tumoral Mediante Diferencias Finitas Generalizadas y Redes Neuronales Físicamente Informadas

Jorge Luis González Figueroa, Gerardo Tinoco Guerrero, José Alberto Guzmán Torres, Francisco Javier Domínguez Mota

[Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo](#)

En las últimas décadas, el modelado matemático ha adquirido creciente relevancia en la investigación médica, ya que permite representar fenómenos multiescala propios de los sistemas biológicos. Este trabajo propone un enfoque híbrido para modelar la evolución de un glioblastoma mediante la ecuación Fisher-Kolmogorov, que describe el tumor como un sistema de reacción-difusión: el término difusivo representa la migración e invasión celular, mientras que el término reactivo modela el crecimiento logístico de las células cancerosas. Para resolver el modelo se emplean diferencias finitas generalizadas sobre regiones sin malla y redes neuronales informadas por la física, técnicas adecuadas para dominios irregulares y geometrías complejas, como la del cerebro. Se comparan los resultados de ambos enfoques y se aborda el problema inverso mediante el preentrenamiento de la red con datos generados mediante diferencias finitas generalizadas para estimar parámetros biofísicos.

PE-21 Modelación computacional de características acústicas para el análisis de voz mediante Praat, Parselmouth-Praat e inteligencia artificial

Enrique Díaz Ocampo

[Universidad Autónoma del Estado de Morelos](#)

En esta ponencia se presenta una aproximación computacional al análisis de señales de voz mediante la extracción de características acústicas con Praat y Parselmouth. El objetivo es mostrar cómo algoritmos clásicos de análisis de voz permiten obtener descriptores como frecuencia fundamental, intensidad, formantes, duración, pausas y medidas relacionadas con la calidad vocal, para después organizarlos en representaciones numéricas útiles en tareas de modelación e inteligencia artificial. La charla abordará el flujo general de trabajo: preprocesamiento de audios, extracción automática de parámetros acústicos, construcción de bases de datos, análisis exploratorio y uso de modelos computacionales para identificar patrones relevantes. Además, se comentará brevemente cómo mi experiencia académica en el Hospital Morsani de la Universidad del Sur de Florida y mi colaboración con el Instituto VOX de Ginebra, han motivado mi interés por estudiar la voz desde una perspectiva interdisciplinaria, combinando matemáticas aplicadas, procesamiento de señales, cómputo científico y análisis de datos.

PE-22 La vida secreta de una transacción: matemáticas, riesgo y decisiones en menos de tres segundos

Giovana Ortigoza Álvarez

[Openpay by BBVA](#)

Cada día se realizan millones de transacciones electrónicas alrededor del mundo. Para el usuario, el proceso parece sencillo: ingresar los datos de una tarjeta y recibir, casi de inmediato, una respuesta de aprobación o rechazo. Sin embargo, detrás de esos pocos segundos ocurre una compleja secuencia de decisiones sustentadas en modelos matemáticos que evalúan simultáneamente el riesgo, la incertidumbre y el valor esperado de cada operación. En esta conferencia recorreremos el ciclo completo de una transacción digital desde la perspectiva de las matemáticas aplicadas. Mostraremos cómo disciplinas como la probabilidad, la estadística, la optimización, la teoría de decisiones, el aprendizaje automático y la simulación colaboran para resolver uno de los problemas más desafiantes del sector financiero: distinguir transacciones

legítimas de intentos de fraude sin afectar la experiencia de millones de usuarios. A partir de experiencias reales desarrolladas en el sector productivo, se discutirá cómo un modelo matemático evoluciona desde la formulación de un problema hasta convertirse en una herramienta de decisión capaz de generar impacto económico, reducir pérdidas y optimizar procesos operativos. Asimismo, se analizarán algunos de los retos actuales relacionados con el equilibrio entre seguridad y aceptación, la interpretabilidad de los modelos y el papel creciente de la inteligencia artificial como complemento –y no sustituto– del razonamiento matemático. Más allá de presentar algoritmos o herramientas específicas, esta charla busca mostrar que detrás de cada compra aprobada existe una historia matemática que pocas veces es visible para el usuario, pero que representa uno de los ejemplos más cotidianos y sofisticados del impacto de las matemáticas en la vida moderna. La conferencia pretende acercar a estudiantes, investigadores y profesionistas a una visión contemporánea de las matemáticas aplicadas, donde el conocimiento científico trasciende la teoría para convertirse en decisiones que ocurren millones de veces al día, en apenas unos segundos.

PE-23 Entendiendo la dinámica de los modelos matemáticos de las enfermedades a través de simulaciones interactivas

Alejandro Peregrino Pérez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Los modelos epidemiológicos constituyen una de las aplicaciones más relevantes de las ecuaciones diferenciales en la descripción y análisis de problemas del mundo real. A través de ellos es posible estudiar la propagación de enfermedades infecciosas, evaluar estrategias de control y comprender cómo distintos factores influyen en la evolución de una epidemia. En esta charla se presentará una introducción a la modelación epidemiológica mediante simulaciones interactivas desarrolladas en Wolfram Mathematica, las cuales permiten visualizar, en tiempo real, el comportamiento de poblaciones susceptibles, infectadas, recuperadas, vacunadas, etc. Mediante el uso de controles dinámicos, los asistentes podrán visualizar cómo la variación de parámetros como la tasa de transmisión, la recuperación o la vacunación modifica la evolución de una enfermedad dentro de una población. El objetivo principal es mostrar a los estudiantes de licenciatura que las ecuaciones diferenciales no son únicamente construcciones teóricas, sino herramientas capaces de describir fenómenos complejos y generar información valiosa para la comprensión de problemas reales. A través de ejemplos visuales e interactivos se discutirán conceptos fundamentales de la dinámica epidemiológica, tales como el crecimiento de una epidemia, la aparición de picos de infección, el efecto de la inmunización y la influencia de distintas estrategias de control.

PE-24 Simulación Estocástica de Multitudes como un Sistema Complejo

Manuel Antonio Salas Chávez, Enrique Cruz

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Se presenta un modelo de simulación estocástica para evacuaciones de multitudes basado en agentes autónomos en entornos 2D representados como autómatas celulares. Se utiliza el algoritmo A* para calcular rutas óptimas individuales y su extensión CA* que incorpora la variable tiempo para coordinar múltiples agentes y evitar colisiones. Para obtener resultados probabilísticos, se implementa un modelo híbrido que combina Monte Carlo (variando posiciones y umbrales) con CA* en cientos de ejecuciones. Los experimentos muestran que al aumentar el número de agentes, el tiempo de evacuación crece casi linealmente, pero las rutas se vuelven más complejas y menos óptimas, con mayor dispersión en distancias recorridas. Se empleó cómputo distribuido con Bash para reducir tiempos de simulación. Las conclusiones indican que es factible transformar imágenes en modelos computacionales de evacuación, que la saturación es gradual y permite identificar umbrales prácticos, y que la simulación no reemplaza un simulacro pero ayuda a diseñarlo mejor. Como trabajo futuro se plantea incorporar dinámicas físicas, obstáculos dinámicos, modelos de comportamiento psicológico y escalar a entornos más grandes.

PE-25 Diseño y Validación de un Modelo de Monocapa Mixta de Langmuir en la Interfaz Aire-Agua como Plataforma de Cribado Predictivo para Péptidos Antimicrobianos

Yoshio de Jesús Mena Gavia, Carlos Cortés Penagos, Gabriel Espinosa Pérez, Jorge Armando Tinoco Michel

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

El aumento de la resistencia antimicrobiana (RAM) a nivel mundial hace necesario el desarrollo de plataformas de cribado rápidas y confiables para evaluar nuevos candidatos terapéuticos. Los péptidos antimicrobianos (PAMs) son alternativas clave debido a su capacidad para alterar membranas; sin embargo, su progreso clínico a menudo se ve obstaculizado por la falta de métodos rentables en etapas tempranas para predecir la selectividad de la membrana. Si bien los ensayos in vitro tradicionales son esenciales, existe una necesidad fundamental de contar con modelos biofísicos que aislen la interacción péptido-lípido para establecer reglas predictivas cuantitativas. El objetivo es diseñar y validar un modelo de monocapa mixta de Langmuir, integrado con simulaciones de dinámica molecular, como herramienta de cribado predictivo para evaluar la selectividad y la eficiencia de inserción de péptidos antimicrobianos basándose en la composición lipídica de la membrana objetivo. Los modelos fisicoquímicos se desarrollaron utilizando dos entornos de membrana representativos: un modelo de tipo bacteriano (25:75 DPPC/DPPE) y un modelo de tipo eucariota (75:25 DPPC/DPPE). Proponemos el uso de PaDef 484 como candidato piloto para el modelado in silico; se llevaron a cabo simulaciones de dinámica molecular a través de un entorno Langmuir virtual para rastrear los perfiles de densidad Z y la cinética de contacto atómico. Se implementó una arquitectura relacional en PostgreSQL para gestionar la trazabilidad de los datos multipéptido, permitiendo la comparación de alto rendimiento de los parámetros interfaciales. El poder predictivo del modelo se evaluó en SPSS a través de ODBC, empleando pruebas t para muestras independientes, la prueba de Levene y la d de Cohen para cuantificar la magnitud de la selectividad. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para definir una “firma interfacial” universal para el cribado. El modelo demostró con éxito una clara discriminación binaria entre los estados de inserción y exclusión. En la evaluación piloto, el modelo bacteriano (rico en PE) promovió una penetración profunda del péptido, mientras que el modelo eucariota (rico en PC) funcionó como una robusta barrera estérica. La validación estadística arrojó un tamaño del efecto extraordinario ($d = 22.73$) y diferencias altamente significativas en los contactos atómicos ($p < 0.001$), demostrando que el modelo puede distinguir cuantitativamente entre las interacciones objetivo y no objetivo. Los resultados del ACP identificaron la fracción molar de DPPE como el descriptor crítico para predecir la susceptibilidad de inserción en diferentes entornos lipídicos. Este modelo biofísico-computacional integrado, proporciona una plataforma robusta y replicable para el cribado en etapas tempranas de PAMs. Al correlacionar la mecánica interfacial con los datos de inserción molecular, el sistema sirve como un indicador confiable para predecir la selectividad clínica. Esta plataforma optimiza el diseño racional de nuevos antimicrobianos, ofreciendo una herramienta de alto valor para el cribado preclínico de diversas bibliotecas de péptidos antes de pasar a modelos biológicos más complejos y costosos.

PE-26 Cálculo de la composición de equilibrio en la síntesis de amoníaco

Arturo Javier López García

Instituto Politécnico Nacional

Mediante la solución de un modelo riguroso de equilibrio para una reacción química en fase gaseosa, se determina la composición de la mezcla obtenida con el proceso Haber para la producción de amoníaco. La reacción es llevada a cabo a temperaturas y presiones elevadas, condiciones que hacen inapropiada la suposición de que la mezcla reaccionante es un gas ideal, situación que obliga a calcular los coeficientes de fugacidad de los componentes en solución. Para tal efecto se usa la ecuación de Peng-Robinson, ampliamente utilizada en el diseño, análisis y optimización de los procesos relacionados con las industrias de refinación, extracción de petróleo,

gas natural y petroquímica. El método empleado es la solución completa y sin simplificaciones de la ecuación de la constante de equilibrio químico como una función de la temperatura, la presión y la composición. La herramienta computacional empleada es Python con los módulos numpy y scipy.

PE-27 Un nuevo modelo para flujos estratificados bicapa líquido-gas en ductos

Gerardo Hernández Dueñas, Sarswati Shat

Universidad Nacional Autónoma de México

En este trabajo derivamos un nuevo modelo para flujos estratificados bifásicos gas-líquido inmiscibles en tuberías con geometrías arbitrarias. Las dos capas están separadas por una interfaz que evoluciona de acuerdo a condiciones de frontera apropiadas. La capa inferior consiste en un líquido incompresible gobernado por una presión hidrostática, siguiendo una aproximación de tipo aguas someras. La capa superior está ocupada por un gas compresible modelado mediante la ley de los gases ideales, lo que conduce a ecuaciones de conservación de masa, momento y energía similar a las ecuaciones de Euler. El sistema acoplado resultante consta de cinco ecuaciones y forma un sistema condicionalmente hiperbólico. Se demuestra que admite un par de entropía junto con una desigualdad de entropía asociada. Se presentan experimentos numéricos para demostrar el desempeño del modelo y de las aproximaciones numéricas propuestas. Estos incluyen pruebas de balance exacto (well-balancedness), problemas de Riemann y el estudio de la convergencia de perturbaciones hacia estados estacionarios en reposo. Los resultados muestran que el modelo captura con precisión distintos regímenes de flujo. En particular, cuando la diferencia de densidades entre las capas es grande (por ejemplo, agua y aire), las perturbaciones en la capa gaseosa inducen intercambios despreciables de momento y energía, dando lugar a un acoplamiento predominantemente unidireccional en el que el líquido influye fuertemente en la dinámica del gas. Por el contrario, cuando la diferencia de densidades es moderada (como en hidrógeno líquido y gaseoso), los intercambios de momento y energía se vuelven significativos en ambas direcciones. Los resultados numéricos confirman estos comportamientos, así como otras propiedades fundamentales del modelo.

PE-28 Análisis Hamiltoniano y reducción estocástica de un problema de doble pozo de potencial en un modelo de inestabilidad atmosférica

Andrea González Cruz, Cecilia González Tokman, Gerardo Hernández Dueñas

Universidad Autónoma de Querétaro

En este trabajo se estudia la dinámica de una parcela atmosférica mediante un modelo Hamiltoniano obtenido a partir de un potencial efectivo asociado a la flotabilidad de la parcela. Dicho potencial se construye considerando perfiles de temperatura potencial equivalente, humedad y condensación, lo que da lugar a una estructura de doble pozo de potencial con dos regiones estables separadas por un punto silla. Como parte del análisis estocástico del problema, se estudia la estructura Hamiltoniana del sistema mediante la caracterización de su espacio fase, identificando los puntos críticos, las órbitas periódicas y la separatriz que divide los distintos regímenes dinámicos. Sobre estas trayectorias se calculan numéricamente los coeficientes efectivos ($A(H)$) y ($B(H)$), obtenidos mediante promedios a lo largo de las curvas de nivel de la energía, los cuales describen la difusión y la deriva efectivas inducidas por las perturbaciones aleatorias. La formulación obtenida permite construir una descripción reducida de la evolución de la energía en presencia de ruido y proporciona el marco para estudiar el problema del escape entre pozos de potencial, analizando cómo las fluctuaciones turbulentas favorecen las transiciones entre estados metaestables y modifican la estabilidad de las trayectorias atmosféricas.

PM-03 Simulación numérica de la dinámica de un cohete híbrido

Natalia Edith Mejía Bautista

Universidad Nacional Autónoma de México



Se presenta un simulador numérico de la dinámica de vuelo de cohetes suborbitales, desarrollado para el equipo Propulsión UNAM. El vuelo se modela como un cuerpo rígido con tres grados de libertad, dando lugar a un problema de valor inicial con un sistema acoplado de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales que incorpora empuje y masa variables, atmósfera estándar (ISA), viento y momentos aerodinámicos. Debido a la diferencia de escalas de tiempo entre la dinámica traslacional y la rotacional, se evaluaron seis integradores (Euler, RK4, RK45, DOP853, BDF y LSODA) en precisión, estabilidad, convergencia y costo computacional sobre 40 casos con solución analítica, seleccionando Dormand–Prince (DOP853). El simulador resultante, libre y en Python, se validó con datos GPS del cohete Xitle 2 (Spaceport America Cup 2024), reproduciendo el apogeo con un error de 0.07% y brinda una herramienta de apoyo para el desarrollo de este tipo de vehículos.

PE-29 Soluciones a las ecuaciones de Maxwell armónicas en el tiempo usando Operadores de Transmutación

Pablo Enrique Moreira Galván

Universidad Anáhuac Campus Querétaro

Se construyen soluciones de un sistema de tipo Maxwell armónico en el tiempo dentro del marco del álgebra de cuaterniones complejos. Mediante análisis cuaterniónico, se relaciona el sistema con operadores diferenciales de primer orden cuyos núcleos están formados por funciones monogénicas. A partir de representaciones conocidas de funciones armónicas y monogénicas, se desarrolla un procedimiento constructivo basado en operadores de transmutación para generar soluciones explícitas de las ecuaciones $(D \pm \lambda)u = 0$ y, en consecuencia, del sistema de Maxwell correspondiente. Este enfoque proporciona un método sistemático para reconstruir campos electromagnéticos a partir de datos armónicos y monogénicos, estableciendo un vínculo explícito entre la teoría de operadores cuaterniónicos, los métodos de transmutación y la formulación clásica de las ecuaciones de Maxwell.

PE-30 Métodos de Aprendizaje y Variacionales en Teoría del Funcional de la Densidad Libre de Orbitales

Juan Daniel Medina Jiménez, Miguel Angel Moreles Vázquez, Juan Ignacio Rodríguez Hernández

Centro de Investigación en Matemáticas

Consideremos una molécula, es decir, un sistema de núcleos y electrones ligados. La estructura electrónica de tal sistema aislado se describe por la ecuación independiente del tiempo de Schrödinger. La ecuación es un problema de valores propios para el operador hamiltoniano de energía. Los eigenvalores son las funciones de onda, y los valores propios son los niveles de energía. El eigenvalor más pequeño corresponde con el estado basal. En principio, la estructura electrónica de cualquier sistema puede determinarse de la solución de la ecuación de Schrödinger. Desafortunadamente, la dimensión del problema hace imposible su solución. Un sistema con M núcleos y N electrones nos lleva a un problema en dimensión espacial $3(N+M)$. Una primera simplificación es la aproximación de Born-Oppenheimer, suponer que los núcleos están fijos, dado que su masa es mucho más grande que la de los electrones. La dimensión $3N$ sigue siendo prohibitiva. El problema de valores propios para la ecuación de Schrödinger se formula como un problema variacional, minimizando el funcional de energía. En la década de los 60's P. Hohenberg y W. Kohn demostraron (El primer Teorema de Hohenberg-Kohn) que la estructura electrónica de un sistema multielectrón se puede determinar por la densidad electrónica. En el segundo Teorema de Hohenberg-Kohn es sobre el mapeo en reverso. La densidad del estado basal de un sistema sujeto a un potencial externo, se puede encontrar minimizando el funcional de energía asociado. El

resultado es formal y no ofrece herramientas de construcción de la función de onda por ejemplo. Un poco después, W. Kohn y L.J. Sham completaron la tarea. Probaron que existe un problema tridimensional de valores propios para la densidad electrónica, donde el hamiltoniano es el operador energía cinética mas un potencial efectivo. El potencial efectivo tiene tres términos, uno asociado con interacción núcleo-electrón, otro electrón-electrón, y un tercero, potencial de intercambio-correlación. Este último es desconocido en general y se aproxima por propuestas empíricas. Aunque computacionalmente costoso para sistemas relativamente grandes ($M > 1000$), el funcional de Kohn-Sham se utiliza para determinar la estructura electrónica de moléculas y sólidos. Por otra parte, es el mejor método actualmente (en términos de exactitud y desempeño computacional). Una alternativa para bajar el costo computacional del método de Kohn-Sham, es la teoría del funcional de densidad libre de orbitales (OF-DFT por sus siglas en inglés: Orbital Free-DFT). La estrategia es sustituir el funcional de energía cinética en términos de la función de onda, por funcionales con dependencia explícita en la densidad electrónica. En la actualidad se han propuesto varias alternativas, pero es un problema abierto encontrar mejores funcionales de aproximación. De nuestro conocimiento, ninguna de las propuestas ha logrado recuperar el comportamiento de la densidad electrónica cerca del núcleo. Recientemente, Hutcheon y Wibobo-Teale [Phys. Rev. B 110, 195146 (2024)], propusieron una técnica de penalización del funcional de energía total con un término inspirado en la condición de cúspide de Kato. Sus resultados son pioneros, y es un primer paso en reproducir el comportamiento cerca del núcleo. En la tesis proponemos una estrategia similar. En lugar del término de penalización de Hutcheon y Wibobo-Teale, proponemos un término inspirado geoméricamente, que permite la variabilidad del gradiente cerca del núcleo. Es un funcional mas simple que el de Hutcheon y Wibobo-Teale, con resultados que comparan muy favorablemente. De manera precisa, utilizamos el funcional de resistencia mínima de Newton, el cual sesga la minimización hacia el comportamiento deseado. La minimización del funcional de energía libre de orbitales con penalización, es en si un problema computacional no trivial. Proponemos también métodos de optimización, no solo para determinar la densidad electrónica y energía minimizante, sino también optimizamos sobre los parámetros del término de energía cinética. Esto es, una función escalar de tres variables puede reemplazar la función de onda de $3M$ variables. Gracias a los Teoremas de Hohenberg y Kohn, se sabe que el problema de obtener las propiedades de un material es equivalente a obtener su función de densidad electrónica, la cual es el argumento mínimo de el funcional de energía eléctrica. Sin embargo, las aproximaciones para dichos funcionales no son satisfactorias en el sentido de que sus argumentos mínimos no ajustan adecuadamente a la realidad. Para remediar esta situación, presentamos una técnica de regularización basado en el funcional de Newton que mejora los ajustes.

PE-31 Caracterización dinámica de señales electrocardiográficas en pacientes con IMSEST

María Fernanda Domínguez Cerda

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Las enfermedades cardiovasculares continúan siendo una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Dentro de ellas, el infarto agudo de miocardio sin elevación del segmento ST (IMSEST) representa un importante problema de salud debido a la complejidad de su diagnóstico y seguimiento. En este contexto, el presente trabajo explora el uso de herramientas provenientes de la teoría de sistemas dinámicos para el análisis de señales electrocardiográficas (ECG) de pacientes con IMSEST. Los datos utilizados en esta investigación fueron obtenidos de registros electrocardiográficos de pacientes diagnosticados con IMSEST, proporcionados por especialistas del área médica. A partir de estos registros se seleccionaron segmentos de señal de aproximadamente diez segundos, los cuales fueron procesados digitalmente para su análisis. La metodología empleada se basa en el teorema de Takens, que permite reconstruir el espacio de fases de un sistema dinámico a partir de una serie temporal unidimensional. Mediante esta técnica,

cada señal ECG se transforma en una representación tridimensional que conserva información sobre la dinámica subyacente de la actividad eléctrica cardíaca. Posteriormente, se analizaron las características geométricas de las trayectorias obtenidas, calculando métricas estadísticas y medidas de dispersión asociadas a los picos presentes en la reconstrucción. El objetivo principal es identificar patrones que permitan caracterizar el comportamiento dinámico de las señales electrocardiográficas de pacientes con IMSEST y evaluar si las herramientas de análisis no lineal aportan información complementaria a la obtenida mediante los métodos tradicionales de interpretación del ECG. Los resultados preliminares muestran que la reconstrucción del espacio de fases permite visualizar diferencias en la organización y variabilidad de las trayectorias asociadas a la actividad cardíaca, sugiriendo que este enfoque puede contribuir al desarrollo de nuevas estrategias para la caracterización de señales biomédicas y al estudio de fenómenos complejos en sistemas fisiológicos.

PE-32 Modelo de predicción espaciotemporal y optimización de cobertura para gestión de recursos de emergencia vial en Aguascalientes

Bryan Mauricio Castañeda Ramos, Jonás Velasco Álvarez, Joel Antonio Trejo Sánchez
Centro de Investigación en Matemáticas

En la actualidad, Aguascalientes atraviesa por una transformación estructural profunda, impulsada por su consolidación como pilar industrial en el sector automotriz, el cual representa un 30% de su PIB. Este desarrollo económico aceleró la urbanización, concentrando el 60% de la población en la ciudad capital y generando un desarrollo disperso que incrementó la dependencia del transporte motorizado. Como consecuencia, se tiene un índice elevado de incidencias de accidentes viales, generando un problema de salud pública con graves consecuencias en el bienestar humano, social y económico. Para el 2024, según el Anuario Estadístico de Colisiones en Carreteras Federales de la SICT, el estado se posicionó entre los primeros 14 con cifras de colisiones por encima del 50% de la media, contando con una de las carreteras más peligrosas de México. Ante esto, se justifica la necesidad latente de pasar de un modelo reactivo a uno proactivo que funcione en la anticipación del riesgo de los incidentes, incorporando técnicas de aprendizaje automático, modelación y optimización. A pesar de que ambas metodologías han tenido un notable desarrollo, aún existe una brecha notable en su aplicación conjunta en países en vías de desarrollo. Esta investigación aborda una de las brechas operativas más importantes en la predicción de accidentes viales: gran parte de los modelos actuales basados en aprendizaje automático son de carácter explicativo y retrospectivo, dependiendo de variables ex-post para alcanzar precisión. El principal aporte científico de este trabajo consiste en desarrollar un modelo predictivo que utilice exclusivamente variables macroambientales, espaciotemporales y de infraestructura vial disponibles en bases de datos abiertas, cambiando de un enfoque puramente explicativo a uno proactivo funcional en el mundo real. Con esto, se demuestra que es posible construir herramientas de diagnóstico utilizando exclusivamente fuentes de datos públicas, ofreciendo soluciones de bajo costo pero con alta transferibilidad para contextos con restricciones presupuestales. El presente trabajo se enmarca dentro de un enfoque mixto, de tipo aplicado, no experimental, de diseño longitudinal, con alcance correlacional y predictivo, abordando la intervención ante siniestros mediante ciencia de datos, aprendizaje automático supervisado y optimización. Metodológicamente, el objetivo consiste en desarrollar un modelo predictivo espaciotemporal basado en Random Forest integrando diversas bases abiertas, para generar mapas de riesgo dinámicos que identifiquen zonas y horarios de mayor vulnerabilidad, y diseñar un algoritmo de optimización de localización y cobertura para asignar recursos de emergencia de manera anticipada. La construcción de los conjuntos de datos de 2019 a 2024 integra cuatro fuentes primarias de datos abiertos: el programa de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas (ATUS) del INEGI, la Red Nacional de Caminos (RNC) para extraer las características viales, la plataforma Open-Meteo para obtener información meteorológica, y un calendario de fechas no ordinarias para capturar la variación temporal en la movilidad urbana. El alcance técnico

comprende el entrenamiento del modelo Random Forest para estimar la probabilidad de ocurrencia de incidentes por zona y horario, aprovechando su resistencia al sobreajuste frente a datos con ruido o desequilibrados. Posteriormente, se aplicó una calibración mediante Regresión Isotónica para mejorar la concordancia entre las probabilidades predichas y las frecuencias observadas, sin alterar las métricas de clasificación. Finalmente, se formula un algoritmo basado en el Problema de Localización de Cobertura Máxima (MCLP), el cual utilizó los resultados del modelo predictivo como demanda ponderada a cubrir, evaluando escenarios con radios de cobertura de 2000 m y 3000 m, con asignaciones de 5 y 6 unidades de Servicios Médicos de Emergencia (EMS). Los resultados obtenidos muestran que la calibración isotónica redujo la puntuación de Brier de 0.1504 a 0.1500 y conservando un valor F1 de 0.4126, valor consistente con estudios de predicción de eventos raros. En las 51 instancias de prueba, el modelo calibrado resultó más selectivo que el modelo base, reduciendo la cobertura promedio de la red clasificada como alto riesgo, de 21.06% a 17.49%, mientras mantuvo un Hit Rate superior al 70%. Esta reducción de cobertura incrementó el Índice de Precisión Predictiva (PAI) promedio de 3.81 del modelo base, a 4.39 del modelo calibrado, alcanzando valores máximos de 8.33, evidenciando una mayor eficiencia para concentrar el riesgo en menos segmentos viales. Los mapas de riesgo generados demostraron además una capacidad dinámica para adaptarse a distintas condiciones temporales y meteorológicas, modificando de manera consistente la distribución espacial de las probabilidades sobre la red vial de Aguascalientes. En cuanto a los resultados experimentales obtenidos en la simulación operativa, pasar de 5 a 6 unidades hace que la cobertura del riesgo mejore de manera moderada. Para el radio de cobertura de 2000 metros, añadir una unidad aportó un 6.07% extra de cobertura media; mientras que para la cobertura de 3000 metros, solo incrementó un 3.97%. La desviación estándar es notablemente baja y consistente de manera general, lo que significa que el modelo de optimización captura un porcentaje de riesgo muy cercano a la media sin importar cómo cambien las probabilidades de entrada. Respecto a los tiempos de ejecución del solver para resolver el MCLP, el modelo aumenta su complejidad conforme aumentan las unidades junto al número de variables y restricciones. La configuración más exigente, correspondiente a una cobertura de 3 km y 6 unidades, exhibió una mediana de 514.65 segundos, demostrando la viabilidad técnica de la metodología para proveer una herramienta científica útil en la planeación y la estrategia de seguridad pública guiada por datos.

Espacio para instalación: Parque Biotecnológico, Piso 4

Instalación de carteles: Miércoles 29 a las 8:00 horas.

Exposición por autores al Jurado de Carteles: Miércoles 29 a las 17:30 horas.

C-01 Simulación Numérica para el problema de los 2 y 3 cuerpos restringidos

Roberto Samuel Sanchez Rubio y Aguilera, Enrique Cruz Martinez

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

La Mecánica Celeste estudia el movimiento de los cuerpos en el espacio y su enfoque es el de sistemas dinámicos. El primero en contrar una ley que se describe como una formulación matemática del movimiento de los cuerpos celestes fue Issac Newton, quien postuló que todos los cuerpos se atraen entre sí con una fuerza, proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. La Ley de Gravitación Universal permitió comprender muchos fenómenos hasta entonces parcialmente explicados. Esta ley junto con La Segunda Ley de Newton nos proporcionan un sistema de ecuaciones, el cual describe como es el movimiento de los cuerpos celestes, podemos de esta manera modelar el comportamiento de dos cuerpos, tres cuerpos hasta N cuerpos considerando las interacciones entre pares. Este trabajo inicia con un caso simple de dos cuerpos, con condiciones iniciales tales como; velocidad inicial y posición. Utilizando el lenguaje de programación Fortran y aplicando el método numérico clásico Runge Kutta de orden 4 al sistema y utilizando datos reales como la distancia a la estación espacial internacional y su velocidad, la masa de la tierra, masa de la nave entre otros parámetros. Se analizarán las condiciones para las cuales existen órbitas cerradas, cuasi periódicas entre otras.

C-02 Optimización del mantenimiento preventivo bajo incertidumbre mediante modelos de confiabilidad y análisis numérico en los sistemas industriales.

Lizbeth Bianca Agosto Nino, Enrique Cruz Martín, Roberto Samuel Sánchez Rubio y Aguilera

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

En este trabajo se desarrollará un modelo matemático para la optimización del mantenimiento preventivo basado en la formulación de una función objetivo que incorpora los costos asociados al mantenimiento preventivo, las fallas inesperadas y la indisponibilidad del sistema. El tiempo hasta la falla será modelado mediante distribuciones probabilísticas de uso común en ingeniería de confiabilidad, tales como Weibull, Lognormal y Gamma, permitiendo analizar el efecto de la incertidumbre paramétrica sobre la solución óptima. La planificación óptima del mantenimiento preventivo constituye un problema de optimización bajo incertidumbre de gran relevancia en la ingeniería industrial, debido a que el deterioro de los sistemas y los tiempos de falla presentan un comportamiento inherentemente estocástico. La determinación del instante óptimo de intervención, requiere integrar modelos probabilísticos de confiabilidad con técnicas de optimización y métodos numéricos capaces de resolver problemas no lineales de manera eficiente. La investigación integra herramientas de computación paralela para el estudio de problemas de decisión bajo incertidumbre, proporcionando un marco matemático aplicable al análisis de sistemas industriales donde la planificación del mantenimiento representa un factor crítico para la confiabilidad, disponibilidad y políticas operativas.

C-03 Cadenas de Markov: el algoritmo Google PageRank

Carlos Pérez Mateos, José Alfredo Uribe Alcántara

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Se introduce la noción de cadenas de Markov y de matriz de transición. Estas nociones se usan para modelizar una red de páginas web. Empleando el lenguaje R se simulan y grafican posibles caminatas aleatorias de un navegante de esta red. Además, se presenta el correspondiente diagrama de transición. Usamos el Teorema de Gershgorin para localizar en el plano complejo los valores propios de la correspondiente matriz de transición. Esto es, ilustramos que los discos de Gershgorin de la matriz de transición están contenidos en el disco de radio uno centrado en cero y que todos estos discos tienen como elemento común a la pareja ordenada $(1,0)$. Con ello, verificamos que el valor propio dominante es el uno, y que además tiene multiplicidad algebraica uno. Finalmente, se comprueba que, para cualquier vector de probabilidad, las potencias de la matriz de transición aplicadas a dicho vector convergen en la norma L_1 al único vector de probabilidad que es vector propio del valor propio uno.

C-04 Modelado de la temperatura con Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs) en un almacén pequeño.

Eduardo Patrón Anchondo, Miguel Angel Uh Zapata, Reymundo Ariel Itzá Balam

Universidad Autónoma de Yucatán

Las Redes Neuronales Informadas por la Física (PINNs, por sus siglas en inglés) es una metodología en auge para aproximar soluciones de ecuaciones diferenciales que toma como base una arquitectura de una Red Neuronal para capturar el comportamiento de la solución. Este trabajo se estudian aproximaciones numéricas de un modelo de calor en un almacén con sistema de enfriamiento. De igual forma, se consideran varios objetos dentro la habitación (puertas, ventilas, etcétera) los cuales enriquezcan las características de las condiciones iniciales y de condiciones de frontera que determinan la disipación de la temperatura. El objetivo en una primera instancia es determinar un modelo de PINNs capaz de replicar los resultados de métodos clásicos (diferencias finitas) y ver el rendimiento para mallados no regulares, simulando el posicionamiento de sensores de temperatura en un almacén pequeño. Lo cual es relevante, ya que con una validación de la simulación con PINNs, se puede simular el comportamiento de la temperatura con una instalación más eficiente enfocándose en las zonas claves del almacén y de esta forma reducir costos. Finalmente, lo que respecta a la exposición, se hará hincapié en las ventajas y desventajas observadas de esta metodología innovadora con respecto a las metodologías clásicas.

C-05 Clustering vía modelos de mezcla

Jorge Alberto Cañas Palomeque, Addy Margarita Bolívar Cimé

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

El análisis de clustering comprende técnicas para segmentar datos distribuidos heterogéneamente. En muchos casos, esta heterogeneidad se modela mediante modelos de mezcla finitos, cuyos componentes paramétricos requieren la estimación simultánea de sus parámetros y de las proporciones de mezcla. Este cartel presenta una introducción al clustering vía modelos de mezcla. Se plantea el problema de agrupar una población heterogénea en subpoblaciones homogéneas, se describen los modelos de mezcla y se aborda la estimación simultánea de los parámetros de las densidades componentes y sus proporciones. Como solución se presenta el algoritmo EM, una técnica para problemas de missing data. Al considerar las etiquetas de los datos como valores faltantes, el algoritmo permite realizar dicha estimación de manera iterativa hasta alcanzar convergencia. Finalmente, se ilustra la metodología mediante un estudio sobre los efectos de la suplementación con vitamina A en la mortalidad infantil, realizando la clasificación mediante la regla de Bayes.

C-06 Los enteros módulo n: algoritmos y aplicaciones

Rony Eber Ramírez Mondragón, Carlos Ariel Pompeyo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

En nuestra vida cotidiana utilizamos los números enteros y sus respectivas operaciones para contar, comprar, pagar, repartir o medir. De manera similar, los enteros módulo n también aparecen en nuestro día a día, aunque sus aplicaciones suelen ser menos evidentes. Por ejemplo, si hoy fuese jueves y nos preguntáramos qué día de la semana será dentro de 22 días, concluiríamos que será domingo. Al realizar este cálculo, consciente o inconscientemente, estamos efectuando operaciones en el anillo de los enteros módulo 7, lo cual también se le conoce como aritmética modular. En este trabajo mostraremos cómo los enteros módulo n constituyen una herramienta fundamental en el desarrollo de diversos algoritmos y aplicaciones. En particular, presentaremos un algoritmo que permite determinar el día de la semana correspondiente a una fecha específica del calendario Gregoriano. Asimismo, estudiaremos el test de Fermat y el algoritmo AKS, los cuales permiten abordar el problema de determinar si un número es primo. Finalmente, analizaremos algunas aplicaciones en criptografía, especialmente el cifrado César y el criptosistema RSA, en el cual la generación de números primos grandes desempeña un papel fundamental. Todos estos temas serán desarrollados desde la perspectiva del anillo de los enteros módulo n .

C-07 Análisis cualitativo de un modelo bidimensional para la interacción entre lesiones endometriósicas y macrófagos

Kenni Alondra Sánchez Flores

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

La endometriosis es una enfermedad ginecológica crónica caracterizada por el crecimiento de tejido endometrial fuera de la cavidad uterina y por una respuesta inmunológica alterada, en la que los macrófagos desempeñan un papel importante en el establecimiento y progresión de las lesiones. Motivados por estudios recientes sobre la interacción entre el sistema inmune y la endometriosis, en este trabajo se propone un modelo dinámico bidimensional basado en ecuaciones diferenciales ordinarias para describir la evolución de las lesiones endometriósicas y la respuesta de los macrófagos. Se estudian las propiedades cualitativas del sistema, demostrando la positividad de las soluciones y la existencia de una región biológicamente relevante positivamente invariante. Asimismo, se determinan los puntos de equilibrio y se analiza su estabilidad local mediante la linealización del sistema y la aplicación del teorema de Hartman–Grobman. Finalmente, se presentan simulaciones numéricas que ilustran la dinámica del modelo y permiten visualizar la influencia de los parámetros sobre la evolución de la enfermedad. El trabajo constituye una aproximación matemática sencilla a un problema biomédico de gran interés, mostrando cómo las herramientas del análisis cualitativo de sistemas dinámicos pueden contribuir a la comprensión de procesos biológicos complejos.

C-08 Modelación del crecimiento poblacional de Tabasco y en el país

Emmanuel Coronado Palomo

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

La dinámica poblacional puede describirse mediante modelos matemáticos que permiten analizar tendencias de crecimiento y generar proyecciones a partir de datos históricos. En este trabajo se estudia la evolución de la población de Tabasco y de México mediante modelos de crecimiento poblacional formulados a través de ecuaciones diferenciales ordinarias. Se consideran los modelos de crecimiento poblacional: de Malthus, el Logístico continuo, el Logístico discreto y el modelo de Gompertz continuo y discreto. Se usan datos censales y registros demográficos oficiales por parte del INEGI. La metodología consiste en analizar las soluciones analíticas de los modelos continuos y discretos de crecimiento poblacional. A partir de los datos históricos de la población, se calculan las proporciones de crecimiento entre distintos periodos para estimar los parámetros característicos de

cada modelo. Dichos parámetros se emplean para generar curvas de crecimiento y compararlas con la información demográfica observada. Los cálculos y el análisis de datos se realizan mediante herramientas computacionales implementadas en Excel. Se espera identificar cuál de los modelos reproduce con mayor precisión la dinámica poblacional de Tabasco y de México, así como analizar las diferencias entre las predicciones obtenidas por los enfoques continuos y discretos. Además, se busca determinar si el comportamiento demográfico del estado sigue tendencias similares a las observadas a nivel nacional o presenta características particulares. Este trabajo muestra la aplicación de modelos matemáticos al estudio de fenómenos demográficos reales y la utilidad de la estimación de parámetros en la descripción de procesos de crecimiento poblacional.

C-09 Un acercamiento al estudio de zonas de mínimo oxígeno (OMZ) mediante ecuaciones diferenciales con simulaciones numéricas

Mariana Yoselin Hernández Flores, Cesar Alberto Rosales Alcantar,
Universidad Nacional Autónoma de México

Las zonas de mínimo oxígeno (OMZ) son regiones oceánicas extensas y en expansión, en las que el metabolismo de la comunidad microbiana impulsa el ciclo acoplado del carbono, el nitrógeno y el azufre. En este trabajo, se presenta el estudio de un modelo biogeoquímico que describe el acoplamiento a lo largo del gradiente redox que tiene condiciones análogas a las zonas de mínimo oxígeno (OMZ), basado en mediciones realizadas en la ensenada Saanich (Canadá). El modelo anterior consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales parciales (tiempo y en la profundidad) las cuales describen las tasas de generación de DNA, mRNA y concentraciones de proteínas a través del gradiente redox. Se mostrarán simulaciones numéricas del modelo matemático mediante esquemas de volumen finito para visualizar la dinámica existente.

C-10 Modelado de Sistemas Físicos y Análisis Dinámico Mediante Cálculo Fraccionario

Ander Villalobos Gilling, Jesús Emmanuel Solís Pérez
Universidad Nacional Autónoma de México

El cálculo fraccionario generaliza la derivada clásica a órdenes no enteros, permitiendo capturar efectos de memoria y dinámicas no locales que las ecuaciones diferenciales de orden entero no describen por completo. Este trabajo emplea la derivada fraccionaria conformable, una formulación local y computacionalmente eficiente que evita las costosas convoluciones integrales de las derivadas de Riemann-Liouville o Caputo. Para preservar la consistencia dimensional al variar el orden fraccionario α , se introduce una escala de tiempo característica σ , que dota al operador de una interpretación física directa: cuánto se desvía la dinámica del sistema de su escala de tiempo natural. El operador se aplicó a tres sistemas: (I) un péndulo no lineal amortiguado por un chorro de aire, (II) un oscilador masa-resorte en los regímenes subamortiguado, crítico y sobreamortiguado, y (III) un modelo reducido de reacción-difusión (BVAM) para señales de electrocardiograma, validado contra datos reales de la base PhysioNet/MIT-BIH. En cada caso, el sistema fraccionario se reescribió como un sistema de EDO con coeficientes dependientes del tiempo, resoluble con integradores estándar (Runge-Kutta, BDF), y los parámetros α y σ se estimaron mediante un esquema de optimización multietapa que minimiza el error cuadrático medio entre el modelo y los datos. Los resultados confirman que el modelo conformable recupera el límite clásico cuando $\alpha \rightarrow 1$ y que valores de $\alpha < 1$ capturan disipación de energía anómala sin añadir términos empíricos. En el sistema cardíaco, α se aproxima a 1 en el ciclo límite de estado estacionario sano, mientras que el orden fraccionario domina la velocidad de convergencia transitoria – sugiriendo su uso como posible biomarcador de patologías de conducción en trabajo futuro. En conjunto, el estudio muestra que la derivada conformable, junto con estimación robusta de parámetros, ofrece un marco de modelado dimensionalmente consistente y computacionalmente tratable para sistemas dinámicos físicos y biológicos.

