

MA

UIS, Bucaramanga

Junio 12—14, 2024

PI 3

Tercera Conferencia Colombiana  
de Matemáticas Aplicadas  
e Industriales

M<sup>3</sup>



## Libro de resúmenes

*Resúmenes de las contribuciones presentadas en la  
III Conferencia Colombiana  
de Matemáticas Aplicadas e Industriales*

*Bucaramanga, Santander — COLOMBIA*

*12 al 14 de junio de 2024*

### Institución anfitriona

Escuela de Matemáticas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

### Instituciones organizadoras

Sociedad Colombiana de Matemáticas; Universidad Nacional, Sede Bogotá - Sede Medellín; Universidad del Cauca, Popayán; Universidad de los Andes, Bogotá; Quantil, Bogotá; PM Tec Engineering.



### Patrocinan

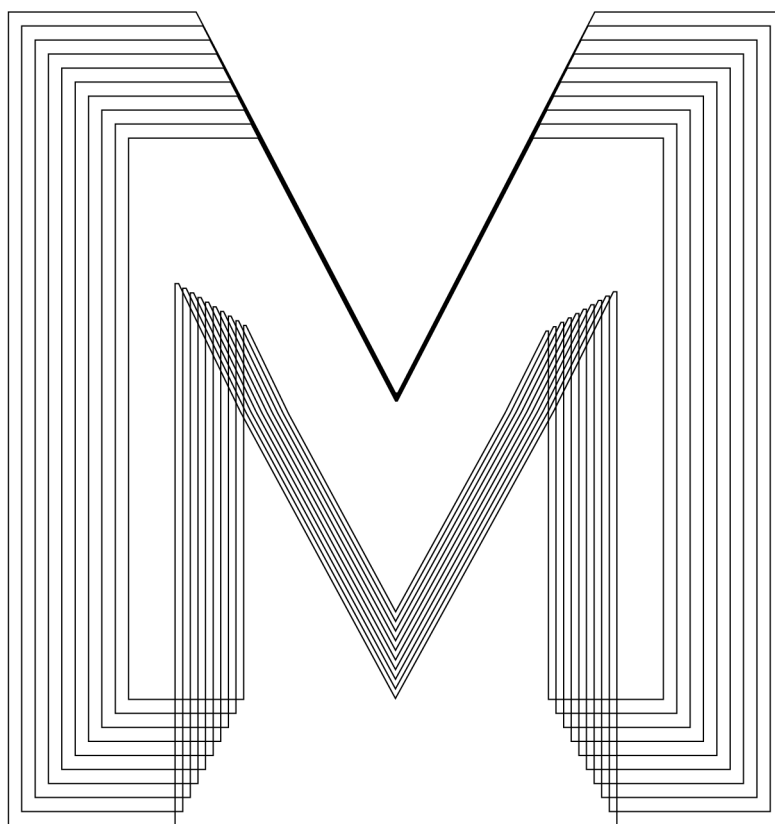


Gilberto Arenas Díaz, Juan Carlos Galvis Diego Alejandro Muñoz, Editores.

MAPI 3: Libro de resúmenes

Incluye los resúmenes de todas las contribuciones presentadas en la *Conferencia Colombiana de Matemáticas Aplicadas e Industriales* 12 al 14 de junio de 2024; Bucaramanga, COLOMBIA.

Texto compilado utilizando archivos  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  de autores originales y macros  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  desarrollado por la Escuela de Matemáticas de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Impreso en Colombia.



**3**

## Presentación del MAPI 3

La Comisión de Matemáticas Aplicadas e Industriales de la Sociedad Colombiana de Matemáticas en colaboración con la Universidad Industrial de Santander se enorgullece en presentar la tercera edición de la Conferencia Colombiana de Matemáticas Aplicadas e Industriales (MAPI 3). Este evento bienal se estableció en 2018 con el propósito de fortalecer e incentivar la investigación en matemáticas aplicadas y las aplicaciones matemáticas a todo tipo de problemas científicos y del sector público y privado.

En esta oportunidad el evento se realizará en la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, entre el 12 y 14 de junio de 2024. MAPI3 se realizará de manera presencial en las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, Colombia, durante los días 12 al 14 de junio de 2024. Esta modalidad presencial permitirá a los participantes interactuar de manera directa y establecer conexiones significativas con otros investigadores, profesionales de la industria y estudiantes, fortaleciendo así la colaboración y el intercambio de conocimientos.

La organización del evento ha gestionado el apoyo a diversas fuentes externas del sector privado a nivel regional y nacional. En particular, agradecemos el patrocinio de la Asociación Colombiana de Actuarios (ACA), el Banco de la República, Fasecolda, Promioriente y Prosantander. Este apoyo será fundamental para garantizar la calidad y el alcance de las actividades planificadas, así como para facilitar la participación de estudiantes (becados) conferencistas destacados y la difusión del evento.

El programa académico de MAPI 3 incluye cinco plenarias, sesenta sesiones contribuidas, sesenta sesiones académicas invitadas, siete minicursos y veinticinco posters que abarcan varias áreas de las matemáticas aplicadas, incluyendo temas recientes relacionados con el aprendizaje de máquinas, analítica, minería de datos, etc.

Adicionalmente, un sello distintivo de MAPI es la vinculación de la industria como eje central del evento. En esta ocasión harán presentaciones de sus trabajos en matemáticas aplicadas y analítica ocho empresas: Alianza Bioversity Internacional & Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Asociación Colombiana de Aseguradores (ACA), Cotecmar, Ingenio Providencia, Iomicas, Masseq, McKinsey & Co y XM E.S.P.

De esta forma, la Sociedad Colombiana de Matemáticas, la Universidad Industrial de Santander y todos los colaboradores del evento buscamos contribuir en Colombia al desarrollo de la investigación y la formación de una comunidad en torno a las matemáticas aplicadas.

## Invitados al MAPI 3

El MAPI 3 cuenta con la participación de 4 invitados Internacionales y un invitado local, permitiendo a los asistentes conocer de primera mano los avances más recientes en matemática aplicada, y brindando la oportunidad de interactuar con expertos de nivel mundial que les inspiren a plantear nuevos proyectos.

### Internacionales

- **Mónica Ribero**  
Research Scientist at Google NYC  
Area: Differential Privacy  
<https://www.linkedin.com/in/mónica-ribero-11093671>
- **Alfredo García**  
Texas A&M University  
Michael and Sugar Barnes Endowed Professor III  
Area: dynamic optimization, game theory  
<https://agarcia.engr.tamu.edu/>
- **Carolina Osorio**  
Scale AI Chair, Professor, HEC Montreal  
Staff Research Scientist, Google Research  
Area: AI & OR for Urban Logistics and Transportation.  
Página Web: <https://www.carolinaosorio.net/>
- **Boyan Lazarov**  
Lawrence Livermore National Laboratory. Research Staff Member  
Area: optimization, computational mechanics, non-linear mechanics, structural reliability, random vibrations and mathematical modeling  
<https://www.linkedin.com/in/boyan-lazarov-74592068>

### Nacionales

- **Henry Argüello**  
Universidad Industrial de Santander.  
Area: Computational Imaging. Seismic Imaging. Deep Learning. Spectral Imaging.  
<http://hdspgroup.com>

## Comité Científico del MAPI 3

Elvio Pilotta  
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Javier Peña  
Carnegie Mellon University, USA

José Perea  
Northeastern University, USA

Juan Carlos de los Reyes  
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Manuela Bastidas  
Universidad del País Vasco, España

Mateo Díaz  
Johns Hopkins University, USA.

Sergio Pulido  
École Nationale Supérieure d'Informatique, Francia

Adolfo Quiroz  
Universidad de los Andes

Andrés Ángel  
Universidad del Norte

Bernardo Uribe  
Universidad del Norte

Bibiana López Rodríguez  
Universidad Nacional, Medellín

Carlos Alberto Trujillo Solarte  
Universidad del Cauca

Diana Haidive Bueno Carreño  
Universidad Javeriana, Cali

Diego Alejandro Muñoz  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Diego Roldán  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Elder Jesús Villamizar Roa  
Universidad Industrial de Santander

Fabio Martínez  
Universidad Industrial de Santander

Francisco Gómez  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Germán Escobar  
Universidad Surcolombiana

Héctor Martínez  
Universidad del Valle

Hernán Darío Álvarez  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Isabel Cristina Ramírez  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Jaime Alberto Londoño  
Universidad Nacional de Colombia, Manizales

Javier de la Cruz  
Universidad del Norte

Juan Andrés Montoya  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Juan David García Arteaga  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Juan Carlos Galvis  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Juan Carlos Muñoz  
Universidad del Valle

Laura Lotero Vélez  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Lola Bautista  
Universidad Industrial de Santander

Manuel Guillermo Forero  
Universidad de Ibagué

Manuela Bastidas  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Margot Salas  
Universidad Sergio Arboleda, Bogotá

María de los Ángeles González Lima  
Universidad del Norte

Jorge Mauricio Ruiz  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Rosana Pérez Mera  
Universidad del Cauca

Tulia Rivera  
Universidad Industrial de Santander

Valérie Gauthier  
Universidad de los Andes

## Comité de Industria y Gobierno del MAPI 3

Francisco Gómez. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Andres Jaramillo Botero. California Institute of Technology (Caltech)  
e Instituto Ómicas – Universidad Javeriana, Cali.

Diego Alejandro Muñoz. Universidad Nacional de Colombia, Medellín y PM Tec Ingeniería.

Tito Pablo Neira. ADL Digital Lab.

Kevin Patrón Hernández. COTECMAR

Álvaro J. Riascos Villegas. Universidad de los Andes y Quantil.

Paula Rodriguez. Universidad de Harvard.

Julieth Solano. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Simon Tamayo. McKinsey.

Andres Vesga. Grupo Bolívar.

Mario A. Castaño. Cintel.

Alexandra Sánchez. Asociación Colombiana de Actuarios.

## Comité organizador del MAPI 3

Gilberto Arenas Díaz. Universidad Industrial de Santander

Julio Cesar Carrillo. Universidad Industrial de Santander

Rosana Pérez. Universidad del Cauca

Diego Gerardo Roldán. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Carlos Alberto Trujillo. Universidad del Cauca

Diego Alejandro Muñoz. Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Valérie Gauthier. Universidad de los Andes

Álvaro Riascos. Universidad de los Andes y Quantil

Juan Galvis. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá



	<p>Tercera Conferencia Colombiana de Matemáticas Aplicadas e Industriales</p>
	

**Organizan:**



**Patrocinan:**



---

# Contenido del libro de resúmenes del MAPI3

<b>Plenarias</b>	<b>17</b>
NEW PARADIGMS IN DEEP OPTICAL CODING DESIGN: DISTILLATION AND PRIVACY ( <i>Henry Argüello</i> ) . . . . .	18
SAMPLE-ECONOMIC OPTIMIZATION FOR URBAN MOBILITY PROBLEMS THROUGH PHYSICS-INFORMED MACHINE LEARNING ( <i>Carolina Osorio</i> ) . . . . .	18
AUDITING DIFFERENTIAL PRIVACY IN OPTIMIZATION: METHODS AND CHALLENGES ( <i>Mónica Ribero</i> ) . . . . .	18
LEARNING AN ACTIVE INFERENCE MODEL OF PERCEPTION AND CONTROL ( <i>Alfredo García</i> ) . . . . .	19
SCALABLE TOPOLOGY OPTIMIZATION UNDER UNCERTAINTIES ( <i>Boyan Lazarov</i> ) . . .	19
<b>Cursillos</b>	<b>21</b>
PRIVACIDAD DIFERENCIAL: ALGORITMOS BÁSICOS Y PROBLEMAS ABIERTOS EN EL CONTEXTO COLOMBIANO ( <i>Stephane Labarthe y Mónica Ribero</i> ) . . . . .	22
INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA ( <i>César Neyit Galindo-Martínez y Carlos Jaime Barrios Hernández</i> ) . . . . .	22
SIMULACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE CO2 UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE ( <i>David Moreno</i> ) . . . . .	23
INTRODUCCIÓN A LAS REDES NEURONALES INFORMADAS POR LA FÍSICA ( <i>Manuela Bastidas y Nicolás Guarín</i> ) . . . . .	23
HIGH-ORDER MIMETIC DIFFERENCES AND APPLICATIONS ( <i>José Castillo</i> ) . . . . .	24
MATEMÁTICAS DE LAS MÁSCARAS DE CONVOLUCIÓN (CORRELACIÓN) Y SU INTER- PRETACIÓN MEDIANTE TRANSFORMADA DE FOURIER ( <i>Manuel Guillermo Forero Vargas</i> ) . . . . .	24
TEORÍA DE CATEGORÍAS EN EL ANÁLISIS DE DATOS ( <i>Wilmer Oswaldo Leal Jaimés</i> ) . .	25
<b>Contribuciones en las áreas temáticas</b>	<b>27</b>
<b>Probabilidad y estadística</b>	<b>29</b>
IDENTIFICATION OF ROADS WITH AN INCREASED RISK OF TRAFFIC ACCIDENTS IN TWO CITIES OF COLOMBIA USING POINT PROCESS ON LINEAR NETWORKS ( <i>Francisco J. Rodríguez-Cortés</i> ) . . . . .	29
ON THE USE OF THE MUTUAL K-NEAREST-NEIGHBORS CLUSTERING ALGORITHM IN THE CONTEXT OF HIGH DENSITY CLUSTERING. ( <i>Adolfo J. Quiroz</i> ) . . . . .	29
SOBRE EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO DE MEDIDAS CONDICIONALES DE RIESGO ( <i>Barrera, D</i> ) . . . . .	30
III CONFERENCIA COLOMBIANA DE MATEMÁTICAS APLICADAS E INDUSTRIALES (MAPI 3)	9
Bucaramanga – Colombia, 12 al 14 de junio de 2024	

BAYESIAN INFERENCE AS AN ALTERNATIVE FOR A BETTER COMPREHENSION OF UNCERTAINTY IN APPLIED STATISTICAL PROBLEMS ( <i>Johnatan Cardona-Jiménez</i> )	30
ESTIMACION DE PROPORCIONES EN AREAS PEQUEÑAS: ENFOQUE BASADO EN APREN- DIZAJE AUTOMATICO ( <i>Leonardo Trujillo</i> )	31
DECISION-DEPENDENT WASSERSTEIN DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION ( <i>Mauricio Junca</i> )	31
ON THE TRADEOFF BETWEEN RATES OF A.S. CONVERGENCE AND THE INTEGRA- BILITY OF THE OVERSHOOT ( <i>Michael Anton Hoegele</i> )	32
ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS CONDICIONES DE VIDA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER. ( <i>Dayanna Lucia Gamez Gonzalez</i> )	32
HITTING TIMES DENSITIES FOR BROWNIAN MOTION ( <i>Wincy A. Guerra-polania</i> )	33
ON THE HEAT EQUATION WITH A MOVING BOUNDARY AND APPLICATIONS TO HIT- TING TIMES FOR BROWNIAN MOTION ( <i>Wincy Alejandro Guerra-Polania</i> )	33
INSTRUMENTO METODOLÓGICO PARA INTERPRETAR LOS RESULTADOS DEL EXA- MEN SABER 11 ( <i>Federico Úsuga Agudelo</i> )	33
PRECIO SPOT DE LA ELECTRICIDAD EN COLOMBIA: UNA APLICACIÓN DE UN MOD- ELO LINEAL CON PERTURBACIONES ( <i>Isabel C. García A.</i> )	34
ILUSTRACIÓN DE LA INFERENCIA BAYESIANA PARA EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE ( <i>Isabel C. Ramírez-Guevara</i> )	35
HACIA UNA PREDICCIÓN CLIMÁTICA LOCALIZADA: INTEGRANDO DIAGRAMAS DE VORONOI Y CADENAS DE MARKOV EN ENTORNOS URBANOS ( <i>Nicolás Santiago Giraldo Parra</i> )	35
<b>Topología computacional</b>	<b>37</b>
GRAPH ENERGY CHANGE DUE TO VERTEX DELETION ( <i>Carlos Espinal</i> )	37
CONTROL SECUENCIAL DE ATRACTORES DINÁMICOS USANDO REDES TIPO CTLN ( <i>Juliana Londono Alvarez</i> )	37
OPTIMIZING FILTER MAPS AND COVERINGS IN THE MAPPER ALGORITHM ( <i>Mario Andrés Velásquez Méndez</i> )	38
COTAS Y APROXIMACIONES PARA EL RADIO ESPECTRAL DE UN GRAFO AL RE- MOVER UN NODO ( <i>Camilo Pérez</i> )	38
TEORÍA DE GRAFOS Y POLÍTICA ( <i>German Combariza</i> )	39
SYMMETRIC TENSOR POWERS OF GRAPHS ( <i>Weymar Astaiza</i> )	39
POINTED GROMOV-HAUSDORFF TOPOLOGICAL STABILITY FOR NON-COMPACT MET- RIC SPACES ( <i>Luis Eduardo Osorio Acevedo</i> )	39
CARACTERIZACIÓN TOPOLÓGICA DEL TRASTORNO DEPRESIVO MAYOR ( <i>Maria Camila Espinal Ramirez</i> )	40
<b>Modelación matemática</b>	<b>41</b>
MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE MATERIALES CON ARQUITECTURA: COMPUTACIÓN, MATEMÁTICAS APLICADAS Y CIENCIA BASADA EN DATOS ( <i>Nicolás Guarín-Zapata</i> )	41
INTERPRETABILIDAD PARAMÉTRICA DE UN MODELO Y SU EFECTO EN LOS USUAR- IOS FINALES ( <i>Hernán Álvarez</i> )	41
IMPACTO DE LA VACUNACIÓN EN LA REINFECCIÓN DE DENGUE ( <i>J Heliana Arias</i> )	42
SCALABILITY OF MATHEMATICAL MODELS IN PROCESS ENGINEERING ( <i>Juan Carlos Maya López</i> )	42
PARTICIÓN DEL OBJETO REAL EN EL PROCESO DE MODELADO Y EFECTOS SOBRE EL MODELO FINAL ( <i>Lina María Gómez Echavarría</i> )	43
PERIODIC AND SUBHARMONIC SOLUTIONS IN THE MOTION OF A BEAD ON A RO- TATING CIRCULAR HOOP ( <i>Alexander Gutierrez Gutierrez</i> )	44

HEATED PATHWAYS: EXAMINING THE INFLUENCE OF TEMPERATURE RISE ON LEAF VEIN PATTERNS ( <i>Camilo Medina González</i> ) . . . . .	44
CALIBRACIÓN DEL MODELO TOMGRO APLICADO A CONDICIONES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ. ( <i>Carlos Enrique Nosa Guzman</i> ) . . . . .	44
PHYSICS-BASED MODELING AND DATA-DRIVEN METHODOLOGIES FOR DYNAMIC DATA ANALYSIS: A CASE STUDY ON THE COFFEE DRYING PROCESS ( <i>Cesar A. Acosta-Minoli</i> ) . . . . .	45
ASSESSING INTERVENTION IMPACT: ROBUSTNESS ANALYSIS OF EMERGENCY RESPONSE MANAGEMENT ( <i>Cristian Alejandro Pulido Quintero</i> ) . . . . .	45
QUANTIFYING FAIRNESS IN PREDICTIVE POLICING ( <i>Diego Alejandro Hernández Castañeda</i> ) . . . . .	46
APLICACIÓN BAYESIANA DE UN MODELO EDAD, PERIODO Y COHORTE (APC) PARA LA MORTALIDAD POR DIABETES EN HOMBRES COLOMBIANOS. ( <i>Gustavo Adolfo Moreno Carmona</i> ) . . . . .	46
CONTROL TERRITORIAL ENTRE GRUPOS ARMADOS ORGANIZADOS VS FUERZA PÚBLICA ( <i>Hector Machuca Balaguera</i> ) . . . . .	47
CORRUPTIONS DIFFUSION AND THE CRIMINAL JUSTICE SYSTEM: A DYNAMICAL MODEL ( <i>Jorge Eliecer Ospino Portillo</i> ) . . . . .	47
A MATHEMATICAL MODEL OF HIV/AIDS SPREAD IN CHILD AND ADULT POPULATIONS ( <i>Juan Felipe Pacazuca Santiago</i> ) . . . . .	48
MATHEMATICAL MODELING OF THE PREMNOTRYYPES VORAX POPULATION GROWTH USING FUZZY INFORMATION ( <i>Leidy Vanesa Espitia Cruz</i> ) . . . . .	48
COMMUNITY STRUCTURE IN DIRECTED RANDOM NETWORKS ( <i>María Alejandra Murcia Cometa</i> ) . . . . .	49
MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL ( <i>Mauro Montealegre Cardenas</i> ) . . . . .	49
LA DINÁMICA DE LOS GLÓBULOS ROJOS: UN ACERCAMIENTO MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS ( <i>Miguel Sandoval Cardozo</i> ) . . . . .	49
GEDICOM-DTI: GEO-DIFFERENTIALLY COMPLEMENTARY METRICS FOR DIFFUSION TENSOR IMAGING, AN APPLICATION ON DISORDERS OF CONSCIOUSNESS ( <i>Paul Fernando Camargo Toro</i> ) . . . . .	50
DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y RUGOSIDAD: UNA REPRESENTACIÓN PERCEPTUAL PARA ACORDES MUSICALES ( <i>Santiago Angarita</i> ) . . . . .	50
THE NETWORKS ISSUE: EXPLORING GRAPH THEORY IN GAMES, SOCIETY NETWORKS AND GEOPOLITICS ( <i>Gabriel Suárez y Diego A. Muñoz</i> ) . . . . .	51
MODELO PARA ASIGNACIÓN DE COMPENSACIÓN A PERSONAL JEFE POR MEDIO DE CURVAS DE NIVEL ( <i>Adriana Camila Romero Alfonso</i> ) . . . . .	51
MODELO GRÁFICO DEL CUBO RUBIK MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES ALGORITMOS EN MATLAB ( <i>Camilo Orduz Baez</i> ) . . . . .	52
MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE DIAPHORINA CITRI Y SU IMPACTO EN LOS BROTES DE CULTIVOS A LARGO PLAZO. ( <i>Naren Samir Herrera Erazo</i> ) . . . . .	52
LA TRANSFORMACIÓN DE FOURIER FRACCIONARIA COMO UNA NUEVA HERRAMIENTA EN EL ESPACIO DE MINKOWSKI ( <i>Pedro Jose Albarracin Vargas</i> ) . . . . .	53
MEJORA DE LA EFICIENCIA EN URGENCIAS: SIMULACIÓN DE MONTECARLO PARA LA ÓPTIMA ASIGNACIÓN DE PERSONAL ( <i>Santiago Gonzalez Cruz</i> ) . . . . .	53
<b>Analítica de datos</b>	<b>55</b>
APRENDIZAJE SUPERVISADO Y NO SUPERVISADO EN GRAFOS USANDO KERNELS Y LSH ( <i>Carenne Ludena</i> ) . . . . .	55
III CONFERENCIA COLOMBIANA DE MATEMÁTICAS APLICADAS E INDUSTRIALES (MAPI 3)	11
Bucaramanga – Colombia, 12 al 14 de junio de 2024	

CLUSTERING BASADO EN ANÁLISIS DE REDES PARA EVALUAR LAS DISRUPCIONES DEBIDAS AL COVID EN EL SISTEMA TRANSMILENIO ( <i>Laura Lotero</i> ) . . . . .	55
DESVELANDO LO INVISIBLE: PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINAS EN MICROSCOPIA Y BIOLOGÍA ( <i>Manuel Guillermo Forero Vargas</i> ) . . . . .	56
EL USO DE TEORÍA FORMAL DE CONCEPTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE PALABRAS CLAVE ( <i>Abel Alvarez Bustos</i> ) . . . . .	56
MEJORA DEL CONTRASTE LOCAL EN IMÁGENES DIGITALES MEDIANTE UNA TRANSFORMACIÓN TANGENTE HIPERBÓLICA MODIFICADA SINTONIZABLE ( <i>Camilo Eduardo Echeverry Naranjo</i> ) . . . . .	57
IMPACTO DEL ENTORNO SOCIAL EN LA INCIDENCIA DE DELITOS SEXUALES EN COLOMBIA ( <i>David Andres Cifuentes Valero</i> ) . . . . .	57
ANÁLISIS CUANTITATIVO-CUALITATIVO DE LA POROSIDAD EN LA ALEACIÓN ALSI10MG MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA ( <i>Edwin G. Castro</i> ) . . . . .	58
EXPLICABILIDAD DE REDES NEURONALES MEDIANTE EL USO DE GRADCAM ( <i>Franz López Arredondo</i> ) . . . . .	58
MODELAMIENTO ESTADÍSTICO 3D DEL FRUTO DEL AGUACATE PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN EN EL PROCESO DE EXPORTACIÓN ( <i>Heber Ivan Mejia Cabrera</i> ) . . . . .	59
UNA CONEXIÓN ENTRE LOS AUTÓMATAS FINITOS Y LOS ÁRBOLES BINARIOS ( <i>Juan José Alegría</i> ) . . . . .	60
A GRAPH-BASED CLUSTERING ALGORITHM FOR SINGLE CELL DATA USING LOCAL INTRINSIC DIMENSION ( <i>Melissa Robles</i> ) . . . . .	60
UN ACERCAMIENTO A QUANTUM MACHINE LEARNING ( <i>Sebastián Montoya Caicedo</i> ) . . . . .	60
DATOS, NO OPINIONES, ¿CÓMO LA ANALÍTICA DE DATOS JUNTO CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL HA IMPACTADO EN EL MODELO DE NEGOCIO DE MASSEQ? ( <i>Javier Sleyner Pardo Barrero</i> ) . . . . .	61
MODELO DE ANALÍTICA PARA PREDECIR EL PORCENTAJE DE SACAROSA EN CAÑA DE AZÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING ( <i>Paula Marcela Valencia Ramirez</i> ) . . . . .	61
PRÓTESIS BIÓNICAS DE BRAZO EN MUJERES A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS ( <i>Laura Manuela Orjuela Hernández</i> ) . . . . .	62
DEADEASY ADULT: CONTEO AUTOMATIZADO DE NEURONAS EN EL CEREBRO DE DROSOPHILA ADULTA UTILIZANDO IMÁGENES DE MICROSCOPIA CONFOCAL 3D ( <i>Manuel Guillermo Forero Vargas</i> ) . . . . .	62
<b>Aprendizaje profundo</b>	<b>63</b>
CURTAINING ARTIFACTS GENERATION ON SYNTHETIC FIB-SEM DATA VIA GANS ( <i>Diego Gerardo Roldan</i> ) . . . . .	63
INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS GENERATIVOS ( <i>Freddy Hernandez</i> ) . . . . .	63
TABULA RASA MACHINAE: EXPLORANDO MECANISMOS NO SUPERVISADOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN IMÁGENES MÉDICAS ( <i>David Romo Bucheli</i> ) . . . . .	64
EQUILIBRIO DE CLASES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CÁNCER DE PIEL MEDIANTE INTRODUCCIÓN DE RUIDO GAUSSIANO ( <i>Carlos Vicente Niño Rondón</i> ) . . . . .	64
DETECCIÓN DE FIBROSIS PRODUCIDA POR NEUROCISTICERCOSIS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA. ( <i>Darwin Herran</i> ) . . . . .	65
MODELOS ESPACIALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA ( <i>Edier Aristizábal</i> ) . . . . .	65
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO BASADO EN ALGORITMOS GENÉTICOS ( <i>Felipe Merino Toro</i> ) . . . . .	66
MEJORA DE LA DETECCIÓN DE ATAQUES DDOS MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS ( <i>Fray Luis Becerra Suarez</i> ) . . . . .	66

MODELO DE ASIGNACIÓN AUTOMÁTICA DE TÓPICOS ACADÉMICOS BASADO EN BERT SENTENCE ( <i>Juan D. García-Arteaga</i> ) . . . . .	67
SOLVING ELIPTIC PDES ON POLYGONAL DOMAINS USING NEURAL NETWORKS ( <i>Manuela Bastidas</i> ) . . . . .	67
MÉTODO AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES DE ENSAYO COMETA MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y REDES NEURONALES CONVULSIONALES ( <i>Manuel Guillermo Forero Vargas</i> ) . . . . .	68
CLASIFICACIÓN DE SÍMBOLOS MATEMÁTICOS MANUSCRITOS CON UNA RED BILSTM USANDO UNA NUEVA CARACTERÍSTICA <i>ONLINE</i> ( <i>Mauricio Maca</i> ) . . . . .	68
SOAT-GREEDY: ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE AMBULANCIAS EN BOGOTÁ USANDO APRENDIZAJE POR REFUERZO ( <i>Valentina Cepeda Vega</i> ) . . . . .	69
REDES NEURONALES INFORMADAS POR LA FÍSICA: IMPLEMENTACIÓN CLÁSICA Y CUÁNTICA ( <i>Bryan Steven Rodriguez Ruiz</i> ) . . . . .	69
EMBEDDING FROM LANGUAGE MODEL O ELMO ( <i>David Stiven Segura Gonzalez</i> ) . . . . .	70
GENERATIVE MODELS: AUDIO GENERATION IN BIOACOUSTICS ( <i>Jose Sebastián Ñungo Manrique</i> ) . . . . .	70
DEEP LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DE LA MAGNITUD DE SISMOS ( <i>Juan José Ruiz Ruiz</i> ) . . . . .	71
ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA LA SEGMENTACIÓN NO SUPERVISADA EN PATOLOGÍA DIGITAL ( <i>Julián Camilo Camacho Torres</i> ) . . . . .	71
ANÁLISIS COMPARATIVO DE CNN PARA EL RECONOCIMIENTO DE ESPECIES DE MURCIELAGOS ( <i>Milton Rey</i> ) . . . . .	72
DETECCIÓN DE RETINOPATÍA DIABÉTICA EN IMÁGENES DEL FONDO DEL OJO UTILIZANDO ALGORITMOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO ( <i>Oscar Mauricio Campos Sepulveda</i> ) . . . . .	72
<b>Teoría de códigos y criptografía</b>	<b>73</b>
SEGURIDAD DE FIRMAS DIGITALES BASADAS EN POLINOMIOS MULTIVARIADOS ( <i>Daniel Cabarcas Jaramillo</i> ) . . . . .	73
CÓDIGOS DE DIMENSIÓN MULTIPLICADA ( <i>Diana H. Bueno-Carreño</i> ) . . . . .	73
INTRODUCCIÓN A MPC ( <i>Hernán Darío Vanegas Madrigal</i> ) . . . . .	74
OPERATIONS IN BINARY LINEAR CODES AND ITS HASSE DIAGRAM ( <i>John H. Castillo</i> ) . . . . .	74
CRYPTOGRAFÍA POST CUÁNTICA BASADA EN TEORÍA DE CÓDIGOS. ( <i>Valérie Gauthier Umaña</i> ) . . . . .	74
CIFRADO CAÓTICO DE IMÁGENES MEDIANTE UN MAPA LINEAL A TROZOS DISCONTINUO ( <i>Andrés Amador</i> ) . . . . .	75
ASYMPTOTIC AND CONCRETE COMPLEXITY OF PROBABILISTIC ALGORITHMS TO SOLVE SYSTEMS OF MULTIVARIATE POLYNOMIAL EQUATIONS ( <i>Andres Angulo Garcia</i> ) . . . . .	75
UNA FUNCIÓN CRIPTOGRÁFICA CONSTRUIDA DESDE CONJUNTOS SIDON TIPO BOSE: ALGUNOS RESULTADOS Y PROBLEMAS ( <i>Carlos Alberto Trujillo Solarte</i> ) . . . . .	76
REGLAS <i>LAMBDA</i> -GOLOMB RESOLUBLES Y CONFIGURACIONES CÍCLICAS RESOLUBLES ( <i>Cristian Camilo Meneses Gaviria</i> ) . . . . .	76
A PSEUDORANDOM BIT GENERATOR BASED ON BOSE-TYPE SIDON SETS ( <i>Julian Osorio</i> ) . . . . .	76
CÓDIGOS AG PARA APLICACIONES MODERNAS ( <i>Wilson Olaya León</i> ) . . . . .	77
<b>Optimización y control</b>	<b>79</b>
THE INTERPLAY OF OPTIMIZATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: NAVIGATING ESSENTIAL CONCEPTS AND APPLICATIONS ( <i>Anibal Sosa</i> ) . . . . .	79
EL PROBLEMA DE COMPLEMENTARIEDAD NO LINEAL: TEORÍA, APLICACIONES Y NUEVOS ALGORITMOS PARA SU SOLUCIÓN ( <i>Carlos Arias</i> ) . . . . .	79
III CONFERENCIA COLOMBIANA DE MATEMÁTICAS APLICADAS E INDUSTRIALES (MAPI 3)	13
Bucaramanga – Colombia, 12 al 14 de junio de 2024	

ON GRAPHS WITH FINITE-TIME CONSENSUS ( <i>Cesar A Uribe</i> ) . . . . .	80
THE ENGINEERING POTENTIAL OF FISH RESEARCH: SWIMMING UPSTREAM TO NEW SOLUTIONS ( <i>Daniel Burbano Lombana</i> ) . . . . .	80
THE ELECTRIC VEHICLE ROUTING AND OVERNIGHT CHARGING SCHEDULING PROBLEM ON A MULTIGRAPH ( <i>Daniel Yamín</i> ) . . . . .	81
REINFORCEMENT LEARNING FOR SAFETY-CRITICAL SYSTEMS ( <i>Enrique Mallada</i> ) . . .	81
SEMIDEFINITE PROGRAMMING IN QUANTUM INFORMATION SCIENCE ( <i>Javier Peña</i> )	82
WHAT'S IN A PRIOR? LEARNED PROXIMAL NETWORKS FOR INVERSE PROBLEMS ( <i>Jeremias Sulam</i> ) . . . . .	82
THE RADIUS OF STATISTICAL EFFICIENCY ( <i>Joshua Cutler</i> ) . . . . .	82
CONSTRAINT PENALIZATION FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION PROBLEMS: APPLI- CATIONS TO QUANTUM COMPUTING ( <i>Luis F. Zuluaga</i> ) . . . . .	83
DECISION-DEPENDENT WASSERSTEIN DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION ( <i>Mauricio Junca</i> ) . . . . .	83
ROBUST SUPPORT VECTOR MACHINES VIA CONIC OPTIMIZATION ( <i>Valentina Cepeda</i> )	83
CONSENSUS-BASED DISTRIBUTED OPTIMIZATION FOR MULTI-AGENT SYSTEMS OVER MULTIPLEX NETWORKS ( <i>Eduardo Mojica-Nava</i> ) . . . . .	84
CONTROL ÓPTIMO DEL DENGUE EN DOS PARCHES CON RECURSOS LIMITADOS ( <i>Ed- win Barrios</i> ) . . . . .	84
ANALYZING THE INFLUENCE OF KEY PARAMETERS VARIATION IN DISTRIBUTION- ALLY ROBUST OPTIMIZATION WITH WASSERSTEIN DISTANCE: A NETWORKED MICROGRIDS PERSPECTIVE ( <i>Edwin Cervera</i> ) . . . . .	85
A CENTERED NEWTON METHOD FOR NONLINEAR COMPLEMENTARITY PROBLEM ( <i>Favián Arenas</i> ) . . . . .	85
A LEAST-CHANGE SECANT ALGORITHM FOR SOLVING GENERALIZED COMPLEMEN- TARITY PROBLEM ( <i>Hevert Vivas</i> ) . . . . .	85
IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE DIJKSTRA, PARA DETERMINAR LA RUTA MÁS CORTA EN ATENCIÓN DE CASOS DE INCIDENTES DELICTIVOS ( <i>Isnardo Are- nas Navarro</i> ) . . . . .	86
RELIABILITY-BASED SIZING OF ISLANDED MULTI-ENERGY MICROGRID: A CONIC CHANCE-CONSTRAINED OPTIMIZATION APPROACH ( <i>Juan Camilo Camargo-berruoco</i> )	86
UN MODELO DE AGENTES HETEROGÉNEOS EN TIEMPO CONTINUO CON CHOQUES ESTOCÁSTICOS EN EL INGRESO. ( <i>Juan Carlos Zambrano Jurado</i> ) . . . . .	87
DATA ANALYSIS, OPTIMIZATION, AND MODEL SIMULATION IN TRACKING PROBLEMS: A CASE STUDY IN THE CONTEXT OF COVID-19 FOR THE MINIMIZATION OF SUSCEPTIBLE AND INFECTED POPULATION USING SIMULINK ( <i>Justo Manuel Castro Jimenez</i> ) . . . . .	87
SOLVING MATRIX POLYNOMIAL EQUATIONS BY GLOBAL QUASI-NEWTON ALGO- RITHM ( <i>Mauricio Macías</i> ) . . . . .	88
MINIMIZING OPTIMIZER S BIAS: DATA-DRIVEN DISTRIBUTIONALLY ROBUST RISK- AVERSE PORTFOLIO OPTIMIZATION ( <i>Sebastián Linares-Rugeles</i> ) . . . . .	88
ESTRATEGIAS DE CONTROL EN UN MODELO MATEMÁTICO PARA COMBATIR EL DENGUE ( <i>Victor Manuel Salcedo Rosero</i> ) . . . . .	88
A JACOBIAN SMOOTHING INEXACT NEWTON METHOD FOR SOLVING THE NONLIN- EAR COMPLEMENTARY PROBLEM ( <i>Wilmer Sánchez Grueso</i> ) . . . . .	89
MUNITOR BY ELIPSON SINERGY ( <i>Andres Mateo Chilito Avella</i> ) . . . . .	89
MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA LINEA DE AGUA EMBOTELLADA ( <i>Andrés Eduardo Guaca Gómez</i> ) . . . . .	90
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CORTE PARA LA FUNDICIÓN DE CUCHARAS DE DRAGA ( <i>Julián Soto</i> ) . . . . .	90

GENERATING BIRDSONGS THROUGH PHYSICAL MODELS AND NUMERICAL OPTI- MIZATION ( <i>Sebastián Aguilera Novoa</i> ) . . . . .	91
<b>Análisis numérico y ecuaciones diferenciales parciales</b>	<b>93</b>
IDENTIFICACIÓN DE UN COEFICIENTE DE VELOCIDAD LINEAL EN UN MODELO DIS- PERSIVO NO LINEAL ( <i>Juan Carlos Muñoz</i> ) . . . . .	93
ROBUST DOMAIN DECOMPOSITION STRATEGIES FOR HIGH-CONTRAST MULTISCALE PROBLEMS ON IRREGULAR DOMAINS ( <i>Juan Galvis</i> ) . . . . .	94
OLAS MONSTRUOSAS –FREAK WAVES– REFLEJADAS POR ESTRUCTURAS COSTERAS ( <i>David Andrade</i> ) . . . . .	94
RESIDUAL-BASED A POSTERIORI ERROR ANALYSIS FOR A THREE-DIMENSIONAL TIME-HARMONIC EDDY CURRENT PROBLEM ( <i>Ramiro Acevedo</i> ) . . . . .	95
ROBUST VIRTUAL ELEMENT METHODS FOR COUPLED STRESS-ASSISTED DIFFU- SION PROBLEMS ( <i>Andres Eduardo Rubiano Martinez</i> ) . . . . .	95
ANÁLISIS NUMÉRICO DE UNA FAMILIA DE ECUACIONES MIXTAS DEGENERADAS. ( <i>Beatriz Rojas García</i> ) . . . . .	96
ALGORITMO GOLUB-KAHAN BIDIAGONAL APLICADO A EIGENFACES ( <i>Carlos Enrique Nosa Guzman</i> ) . . . . .	96
MIXED VARIATIONAL FORMULATIONS OF VIRTUAL ELEMENTS FOR THE POLYHAR- MONIC OPERATOR ( <i>Carlos Reales</i> ) . . . . .	97
A WELL-BALANCED AND ENTROPY STABLE SCHEME FOR A REDUCED BLOOD FLOW MODEL ( <i>Carlos A. Vega</i> ) . . . . .	97
MATHEMATICAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF AN EDDY CURRENT MODEL WITH INPUT CURRENT INTENSITIES ( <i>Christian Camilo Gómez Mosquera</i> ) . . . . .	97
SYMPLECTIC HAMILTONIAN HYBRIDIZABLE DISCONTINUOUS GALERKIN METHODS FOR LINEARIZED SHALLOWS-WATER EQUATIONS ( <i>Cristhian Alexander Núñez Ramos</i> )	98
CO2 STORAGE ANALYSIS IN SALINE AQUIFERS USING A BLACK OIL RESERVOIR SIM- ULATOR ( <i>David Leonardo Moreno Bedoya</i> ) . . . . .	98
PROBABILISTIC SOLUTIONS OF FRACTIONAL DIFFERENTIAL AND PARTIAL DIF- FERENTIAL EQUATIONS AND THEIR MONTE CARLO SIMULATIONS ( <i>Erwin Suazo</i> )	99
APPLICATIONS OF AN OPENFOAM-BASED SOLVER FOR MULTIPHASE FLOWS AND TRANSPORT PROCESSES IN HETEROGENEOUS POROUS MEDIA ( <i>Franciane F. Rocha</i> )	99
ABOUT THE PERIODIC OSTROVSKY EQUATION ( <i>Gerardo Loaiza</i> ) . . . . .	100
ESTUDIO DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL EMDEN-FOWLER POR GRUPOS DE SIMETRÍAS Y ANÁLISIS DINÁMICO ( <i>Germán Fabian Escobar Fiesco</i> ) . . . . .	100
NONCONFORMING VIRTUAL ELEMENT DISCRETIZATION FOR THE TRANSMISSION EIGENVALUE PROBLEM ( <i>Ivan Velazquez</i> ) . . . . .	100
MULTIPHYSICAL MODELING AND SIMULATION OF LITHIUM-ION BATTERIES ( <i>Jaime David Mora Paz</i> ) . . . . .	101
ANÁLISIS DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN EN ELASTODINÁMICA DE ESFUERZO DE PAR ( <i>José Ortiz-ocampo</i> ) . . . . .	101
ENHANCING ROBUST VPINNS WITH FINITE ELEMENT METHODS ( <i>Juan Pablo Aguilar</i> )	102
STRUCTURAL OPTIMIZATION POWERED BY TRANSFORMERS AND CONVOLUTIONAL NETWORKS ( <i>Kevin Santiago Sepúlveda-García</i> ) . . . . .	102
NUMERICAL ANALYSIS OF A POROUS NATURAL CONVECTION SYSTEM WITH VOR- TICITY AND VISCOUS DISSIPATION ( <i>Ricardo Ruiz Baier</i> ) . . . . .	103
FINITE ELEMENT SOLUTION OF THE REYNOLDS-ORR ENERGY EIGENVALUE PROB- LEM ( <i>Wilmar Alexis Imbachi Quinchua</i> ) . . . . .	103
SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DIFUSIÓN CON INTERFASE FRACTAL DE LA CURVA DE KOCH ( <i>Yessica Vanessa Trujillo</i> ) . . . . .	104
NEURAL OPERATORS FOR CALDERÓN TYPE INVERSE PROBLEMS ( <i>Julián Villaquirá</i> )	104



CONSTRUCCIÓN DE MODOS ATRAPADOS PARA LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER ( <i>María Isabel Romero Rodríguez</i> ) . . . . .	104
---	-----

**Finanzas y actuaría** **105**

VALORACIÓN DE UN NUEVO CONTRATO SOBRE CAPITAL HUMANO PARA LA FINANCIACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR A TRAVÉS DE OPCIONES FINANCIERAS EXÓTICAS ( <i>Oscar Javier López-Alfonso</i> ) . . . . .	105
UNDERSTANDING THE WORST-KEPT SECRET OF HIGH-FREQUENCY TRADING ( <i>Sergio Pulido</i> ) . . . . .	105
STOCHASTIC MODEL FOR GLWB WITH SURRENDER BENEFIT AND DYNAMIC WITHDRAWAL ( <i>Viswanathan Arunachalam</i> ) . . . . .	106
DUESENBERRY EQUILIBRIUM WITH SHORT TIME OPTIMIZATION ( <i>Jaime Londoño</i> ) . . . . .	106
A ROBUST VERSION OF A RISK-INVERSE WEIGHING METHODOLOGY FOR PORTFOLIO SELECTION ( <i>Santiago Ortiz</i> ) . . . . .	107
RESULTADOS RECIENTES DE ESTUDIOS SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DE CARTERAS ( <i>María del Mar Gómez Arévalo</i> ) . . . . .	107

**Sesión invitada de industria** **109**

OPTIMUS AI: OPTIMIZING PRODUCTION PERFORMANCE USING AI ( <i>Diana Castellanos</i> )	109
NETWORK-BASED APPROACH FOR STRESS-RESPONSIVE GENES IDENTIFICATION IN PLANTS ( <i>Camila Riccio</i> ) . . . . .	110
UNA INTRODUCCIÓN AL DISEÑO FILAS-COLUMNAS COMO ALTERNATIVA PARA CAPTAR LA ALTA VARIABILIDAD ESPACIAL ( <i>Christian Cadena</i> ) . . . . .	110
MACHINE LEARNING-GUIDED PPI NETWORK ANALYSIS FOR ALUMINUM STRESS RESPONSE RELATED PROTEINS PREDICTION ( <i>Chrystian Sosa</i> ) . . . . .	111
DESIGN AND GA-ASSISTED OPTIMIZATION OF MOLECULAR TWEEZERS FOR SELECTIVE DETECTION AND QUANTIFICATION OF SUCROSE ( <i>Gustavo Lara</i> ) . . . . .	111
PROCESAMIENTO DE SERIES DE TIEMPO PARA GENERAR DATOS DE VALOR AL PROCESO ( <i>Jorge Parra</i> ) . . . . .	112
MATHEMATICAL VALIDATION OF THE FUNCTIONALITY OF BILGE, BALLAST AND FIRE FIGHTING SYSTEMS OF THE VESSEL: PATRULLERA OCEÁNICA DE COLOMBIA ( <i>José Pertuz</i> ) . . . . .	112
AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE AJUSTES DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CON MATEMÁTICAS APLICADAS ( <i>Juan Piñeros</i> ) . . . . .	113
STOPPING CRITERIA FOR PARAMETER-FREE METAHEURISTIC OPTIMIZATION ALGORITHMS IN THE SOLUTION OF BENCHMARKING PROBLEMS ( <i>Luis Paternina</i> ) . . . . .	113
QUANTUM COMPUTING WITH A PERSPECTIVE ON COMBINATORIAL OPTIMIZATION ( <i>Miguel Ortiz</i> ) . . . . .	114

**Índice de autores** **115**

Plenarias

**M A P I 3**

## NEW PARADIGMS IN DEEP OPTICAL CODING DESIGN: DISTILLATION AND PRIVACY

Henry Argüello

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
henarfu@uis.edu.co

**Abstract.** New-generation imaging systems have enabled high-dimensional signal sensing employing optical coding theory and high-performance inverse problems algorithms. State-of-the-art methods employ deep learning approaches to properly design optical systems jointly with neural networks that perform decoding tasks. This talk presents a comprehensive overview of deep optical coding design and novel learning paradigms providing new insights on optimal optical coding performance such as regularization techniques and knowledge distillation strategies. Further, a new promising application in deep optical coding design is described in the area of privacy-preserving computer vision tasks. This approach protects sensitive scene information from the acquisition process while allowing high-performance computer vision tasks.

---

## SAMPLE-ECONOMIC OPTIMIZATION FOR URBAN MOBILITY PROBLEMS THROUGH PHYSICS-INFORMED MACHINE LEARNING

Carolina Osorio

HEC MONTREAL -GOOGLE RESEARCH  
carolina.osorio@hec.ca

**Abstract.** This talk presents various physics-informed methods to search high-dimensional continuous spaces in a sample efficient way, with a focus on urban mobility applications. We present advances in three areas: (i) variance reduction methods for gradient estimation, (ii) sample-efficient dimensionality reduction methods, (iii) sample-efficient simulation-based network optimization algorithms. We present case studies based on various metropolitan areas. We identify and discuss research opportunities and challenges in the fields of optimization and machine learning as applied to urban mobility problems.

---

## AUDITING DIFFERENTIAL PRIVACY IN OPTIMIZATION: METHODS AND CHALLENGES

Mónica Ribero

GOOGLE  
mribero@google.com

**Abstract.** While differential privacy provides a robust framework for privacy-preserving optimization, ensuring compliance in practice remains a challenge. This talk delves into auditing differential privacy in optimization. We'll cover practical auditing methodologies, discuss inherent challenges, and highlight the importance of auditing for building trust in differentially private optimization systems.

---

---

# LEARNING AN ACTIVE INFERENCE MODEL OF PERCEPTION AND CONTROL

Alfredo Garcia

TEXAS A&amp;M UNIVERSITY

alfredo.garcia806@gmail.com

**Abstract.** We introduce a general estimation methodology for learning a model of human perception and control in a sensorimotor control task based upon a finite set of demonstrations. The model’s structure consists of (i) the agent’s internal representation of the world as the environment and associated observations evolve as a result of control actions and (ii) the agent’s preferences over observable outcomes. We consider a model’s structure specification consistent with active inference, a theory of human perception and behavior from cognitive science. We propose a bi-level optimization approach to estimation which relies on a structural assumption on prior distributions that parameterize the statistical accuracy of the human agent’s model of the environment. To illustrate the proposed methodology, we present the estimation of a model for car-following behavior based upon a naturalistic dataset consisting of the positions, velocities, and headings of all vehicles in a road segment at a given sampling frequency. The results indicate that active inference-based model outperforms those obtained by imitation learning-based models from the machine learning literature and rule-based models commonly used in traffic simulation software. More importantly, the learned model exhibits better generalization performance on counterfactuals (i.e., predicting behavior with observation-action sequences not in the dataset).

---

# SCALABLE TOPOLOGY OPTIMIZATION UNDER UNCERTAINTIES

Boyan Lazarov

LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY

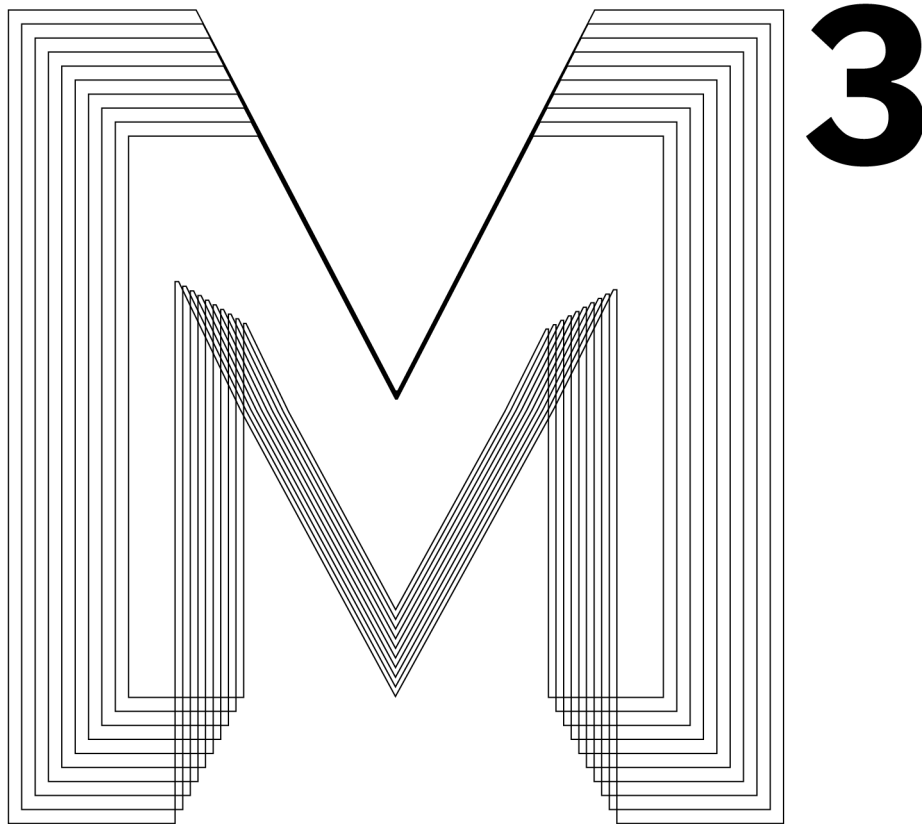
lazarov2@llnl.gov

**Abstract.** This work presents the utilization of Matérn random fields in the topology optimization of thermal and solid mechanics problems considering material, manufacturing, and operational uncertainties. The focus is mainly on delivering practical realizations of realistic models for the imperfections and variations in external excitations and their effects on the optimized designs. The optimization objectives are the mean values of the thermal and mechanical compliances, which are subject to constraints on the amount of the distributed solid material. The objectives are typically approximated with the help of Monte Carlo sampling, where every sample requires the realization of a spatially varying random field throughout the design domain. Traditionally, these realizations rely heavily on series expansion techniques based on the classical Karhunen–Loève decomposition or convoluting white noise with a selected filter function. For Gaussian random fields with small correlation lengths, the series expansion approach requires a prohibitively large number of terms, significantly restricting the range of applications. White noise filtering successfully resolves the above issue. However, efficient implementations require evaluating the convolution in Fourier space, often limiting the application to simple rectangular domains and prohibiting the precise control of the random fields around the boundaries.

Our proposed approach to random field generation involves the solution of fractional Stochastic Partial Differential Equations (SPDE). This methodology efficiently generates random fields on complex domains with arbitrary boundary conditions. The practicality of this approach is underlined by its ability to generate realizations of random fields that are computationally efficient and applicable to a wide range of complex design scenarios. We discretize the SPDEs using finite elements, and we provide a freely available and scalable parallel implementation through a mini-app in the MFEM discretization framework. The SPDE approach allows for greater modeling freedom, as demonstrated on large 2D and 3D topology-optimized designs and designs on embedded surfaces. These capabilities were previously out of reach with the traditional

techniques. To further enhance the optimization process, we propose the use of adaptive sampling within an augmented Lagrangian framework for the topology optimization problems with a stochastic objective function and deterministic constraints. We consider inexact solutions for the augmented Lagrangian sub-problems, and through an adaptive sampling mechanism, we control the variance in the gradient estimates, thereby improving the efficiency and accuracy of the optimization process.

---



# Cursos

	Tercera Conferencia Colombiana de Matemáticas Aplicadas e Industriales
	

# PRIVACIDAD DIFERENCIAL: ALGORITMOS BÁSICOS Y PROBLEMAS ABIERTOS EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

Stephane Labarthe y Mónica Ribero

Google NYC  
mribero@google.com

**Descripción:** La privacidad diferencial es un marco matemático para cuantificar y gestionar los riesgos de privacidad al publicar o analizar datos sensibles que ha sido adoptado a nivel mundial tanto por gobiernos como por la industria. Este taller busca abrir una discusión alrededor de la privacidad de datos en el contexto colombiano. La primera parte del taller se enfocará en las complejidades únicas de implementar técnicas de preservación de la privacidad en Colombia. La segunda parte proporcionará una introducción a la privacidad diferencial, explorando sus principios básicos y algoritmos fundamentales (como la respuesta aleatorizada, los mecanismos Gaussianos y de Laplace).

---

## INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

César Neyit Galindo-Martínez<sup>1</sup> y Carlos Jaime Barrios Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de los Andes, <sup>2</sup>Universidad Industrial de Santander  
<sup>1</sup>cn.galindo1116@uniandes.edu.co, <sup>2</sup>cbarrios@uis.edu.co

### Descripción:

**Primera parte - César Galindo:** En esta primera parte introductoria, exploraremos los fundamentos de la computación cuántica, abordando preguntas esenciales con aproximaciones matemáticamente precisas. Introduciremos los postulados de la mecánica cuántica y explicaremos qué es un computador cuántico y en qué difiere de un computador clásico. Examinaremos algunos algoritmos cuánticos como el algoritmo de Simon y el problema del subgrupo oculto, así como su solución mediante el uso de la transformada de Fourier discreta. Prestaremos especial atención al problema del logaritmo discreto, una parte fundamental del algoritmo de factorización de Shor. Finalmente, hablaremos brevemente de otro modelo de computación cuántica, llamado computación cuántica topológica, sus ventajas y desventajas, y algunos problemas abiertos en esta dirección.

**Segunda Parte - Carlos Jaime Barrios Hernández:** Comenzaremos con una introducción teórica a la Programación de Ensamblaje Cuántico (Quantum Assembling Programming). Posteriormente, nos adentraremos en la programación de alto nivel, destacando herramientas como las Quantum Learning Machines (QLMs) y sus respectivos lenguajes. Se presentarán y compararán tres lenguajes de programación cuántica: Qiskit (IBM), extensiones de Atos Quantum Learning Machine, y Q# (Microsoft), con ejemplos prácticos para ilustrar su uso en la simulación y operación de computadoras cuánticas reales. Finalmente, nos enfocaremos en problemas abiertos y áreas de alta actividad en computación cuántica. Discutiremos la corrección de errores cuánticos, un desafío clave para la implementación práctica de esta tecnología. Además, exploraremos el desarrollo de algoritmos cuánticos para la solución de problemas reales, incluyendo aplicaciones en inteligencia artificial, catálisis y astrofísica.

---

## SIMULACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub> UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

David Moreno

Universidad Nacional de Colombia  
dlmorenob@gmail.com

**Descripción:** Este minicurso está diseñado para introducir a los participantes la simulación del almacenamiento de CO<sub>2</sub> en acuíferos salinos utilizando software libre. El primer día se centrará en los fundamentos matemáticos y teóricos del almacenamiento de CO<sub>2</sub>, abarcando los modelos y ecuaciones que describen el proceso. El segundo día estará dedicado a la configuración del archivo de datos para correr simulaciones prácticas usando el software open porous media. La idea es proporcionar a los participantes una experiencia práctica en la implementación de modelos de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en acuíferos salinos. Las simulaciones están basadas en un modelo de crudo negro (Black Oil). Esta no es una simulación composicional, sin embargo, se mostrará que puede genera resultados equivalentes dando validez al modelo.

---

## INTRODUCCIÓN A LAS REDES NEURONALES INFORMADAS POR LA FÍSICA

Manuela Bastidas<sup>1</sup> y Nicolás Guarín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, <sup>2</sup>Universidad EAFIT  
<sup>1</sup>mbastidaso@unal.edu.co, <sup>2</sup>nguarinz@eafit.edu.co

**Descripción:** La modelación de fenómenos físicos mediante ecuaciones diferenciales parciales (EDP) es esencial en varias áreas de las matemáticas puras y aplicadas. Estos modelos describen cómo cambian ciertas cantidades físicas en el espacio y el tiempo, permitiendo abordar problemas cruciales como: predecir comportamientos, optimizar procesos y diseñar soluciones en campos como la química, la biología, la economía y la ingeniería. Dada la complejidad de muchos de estos problemas, encontrar soluciones exactas es a menudo imposible, lo que subraya la necesidad de métodos numéricos efectivos para aproximar las soluciones. Aunque el análisis numérico clásico ofrece numerosas herramientas para aproximar soluciones de EDP, los recientes avances en la computación científica destacan la importancia de explorar nuevos métodos numéricos que amplíen las aplicaciones. Como matemáticos, es crucial investigar y fortalecer la fundamentación de estos nuevos desarrollos. Por ejemplo, el teorema de aproximación universal establece que las redes neuronales pueden aproximar funciones continuas con gran precisión, abriendo nuevas posibilidades para la modelación matemática. Además, avances como la diferenciación automática (autodiff) permiten calcular derivadas de funciones complejas de manera precisa y eficiente, facilitando la integración de estos métodos en procesos de optimización y entrenamiento de modelos. Las Physics-Informed Neural Networks (PINN) son una clase emergente de redes neuronales que incorporan directamente las leyes físicas expresadas mediante EDP en el proceso de aprendizaje. A diferencia de las redes neuronales tradicionales, las PINN utilizan información física para guiar el entrenamiento, imponiendo las EDP como restricciones en la función de pérdida, lo que permite que las redes aprendan soluciones que respeten las leyes físicas subyacentes. Este curso de teoría e implementación de PINN está diseñado para matemáticos interesados en desarrollar y aplicar métodos numéricos avanzados para resolver problemas descritos por EDP. Durante las dos sesiones, se introducirán los conceptos matemáticos y algorítmicos fundamentales para entender y utilizar PINN, combinando principios físicos con técnicas de aprendizaje automático para resolver problemas clásicos. Los participantes aprenderán a implementar estas metodologías utilizando software de código abierto, facilitando así la extensión del conocimiento adquirido a otros problemas en sus respectivas áreas de estudio. El curso estará organizado en dos partes, cada una compuesta por dos sesiones. En la



primera parte, se cubrirán la formulación de problemas físicos mediante EDP y los fundamentos teóricos de las PINN. La segunda parte estará enfocada en la implementación práctica, utilizando herramientas de software y trabajando en ejemplos y ejercicios prácticos.

---

## HIGH-ORDER MIMETIC DIFFERENCES AND APPLICATIONS

José Castillo

SAN DIEGO STATE UNIVERSITY

`jcastillo@sdsu.edu`

**Description:** Mimetic methods construct discrete numerical schemes based on discrete analogs of spatial differential vector calculus operators like divergence, gradient, curl, Laplacian, etc. They mimic solution symmetries, conservation laws, vector calculus identities, and other important properties of continuum partial differential equations models. The original versions of these methods were restricted to be of low-order accuracy. High-order mimetic operators were later introduced, first by Castillo and Grone at San Diego State University, via the introduction of convenient inner product weights to enforce a discrete high-order extended Gauss divergence theorem, and later by a collaboration of Los Alamos National Laboratory and a group of researchers at Milano-Pavia. This review focuses on the developments of high-order mimetic differences by Castillo and his group at San Diego and the utilization of these techniques in different applications. In addition, when appropriate, it exhibits similarities and differences between the two methodologies.

---

## MATEMÁTICAS DE LAS MÁSCARAS DE CONVOLUCIÓN (CORRELACIÓN) Y SU INTERPRETACIÓN MEDIANTE TRANSFORMADA DE FOURIER

Manuel Guillermo Forero Vargas

Universidad de Ibagué

`manuel.forero@unibague.edu.co`

**Descripción:** El primer tema jamás lo he visto publicado y es algo que he ido desarrollando para mis clases en procesamiento de imágenes y ahora en el de inteligencia artificial, pues en la literatura se presentan las máscaras de convolución, pero no he visto que se haga una deducción de las mismas, las cuales encontré que pueden deducirse mediante unas matemáticas de máscaras de convolución. El segundo tema lo presenté en un artículo en español hace ya unos años como un trabajo más bien didáctico, pero que he visto que fue citado varias veces y ha tenido interés, pudiendo entender mejor qué hacen las máscaras de convolución. Estos temas han tenido mayor interés con la aparición de las redes. Transformada de Fourier. convolución y correlación. Filtros en frecuencia. Deducción de los filtros de convolución en el dominio del espacio - Observación de las máscaras en el dominio de la frecuencia. Representación de los filtros mediante vectores. Deducción de los filtros pasaaltos a partir de filtros pasabajos. Filtros pasabanda y su incorrecta interpretación. Filtros de gradiente e interpretación de su comportamiento a partir de su descomposición vectorial. Problemas de los filtros de gradiente. Congruencia de fase. Deducción del filtro laplaciano.

---

## TEORÍA DE CATEGORÍAS EN EL ANÁLISIS DE DATOS

Wilmer Oswaldo Leal Jaimes

Universidad de la Florida

wleal@ufl.edu

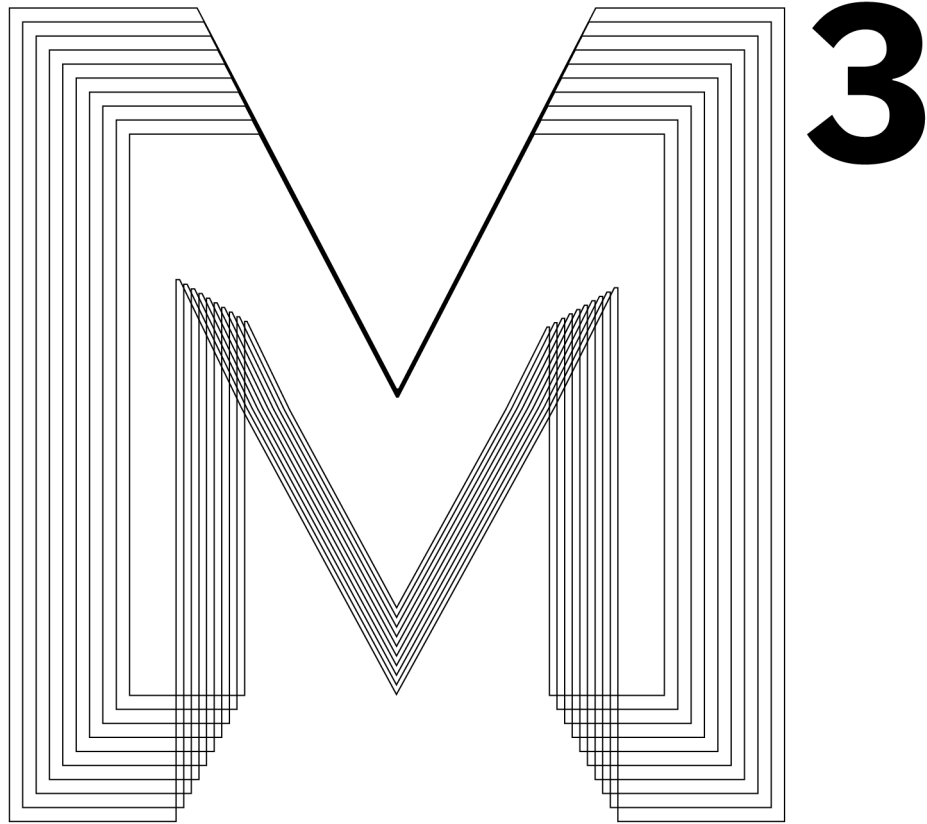
**Descripción:** La teoría de categorías, una rama de las matemáticas abstractas que surgió a mediados del siglo XX, proporciona un marco formal unificador para el estudio de estructuras y relaciones matemáticas. Uno de sus objetivos es capturar y formalizar patrones que subyacen al razonamiento matemático. En los últimos años, esta teoría ha encontrado aplicaciones extensas y profundas en ciencias e ingeniería.

En este minicurso, argumentaremos que la teoría de categorías, al ser una lingua franca para las estructuras matemáticas, tiene el potencial para actuar como marco formal para la ciencia de datos. Este potencial radica en la habilidad de describir diversos aspectos de sistemas complejos y conjuntos de datos usando un solo lenguaje. Además, este lenguaje está diseñado para explotar las conexiones entre dichos aspectos, las cuales no resultan obvias cuando se modelan utilizando diversos lenguajes matemáticos.

Este minicurso no presupone conocimiento previo de teoría de categorías, sino que presentará las nociones básicas de éste lenguaje matemático y su uso para estudiar estructuras tales como conjuntos, órdenes y grafos.

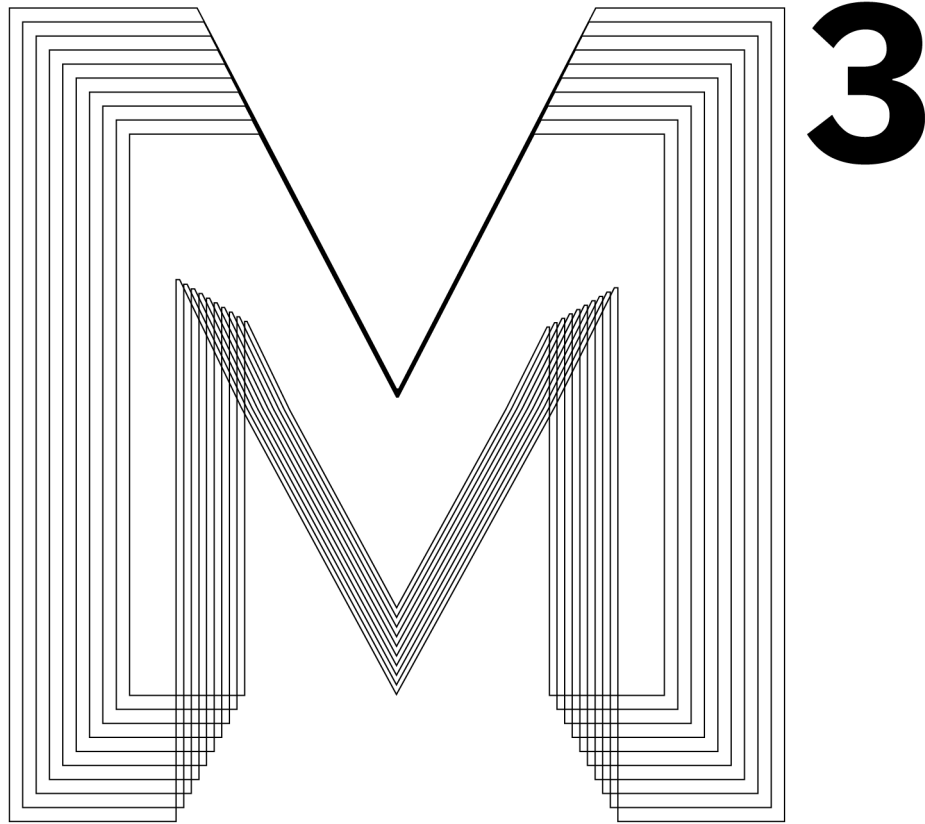
---

MAPI 3



# Contribuciones en las áreas temáticas





# Probabilidad y estadística

---

## IDENTIFICATION OF ROADS WITH AN INCREASED RISK OF TRAFFIC ACCIDENTS IN TWO CITIES OF COLOMBIA USING POINT PROCESS ON LINEAR NETWORKS

Francisco J. Rodríguez-Cortés<sup>1</sup>, Juan F. Díaz-Sepúlveda<sup>1</sup>, Nicoletta D'Angelo<sup>2</sup>,  
Giada Adelfio<sup>2</sup>, Jonatan A. González<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MEDELLÍN,  
COLOMBIA

<sup>2</sup>DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE, AZIENDALI E STATISTICHE, UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PALERMO, PALERMO, ITALY

<sup>3</sup>DEPARTMENT OF STATISTICS, MATHEMATICS AND INFORMATICS, UNIVERSITY MIGUEL  
HERNÁNDEZ, ELCHE, SPAIN  
frrodriguez@unal.edu.co

**Abstract.** In this study, we address the challenge of detecting clusters within linear networks, focusing on the classification of point processes. We extend the classification method developed in previous studies to this more complex geometric context, where the classical properties of a point process change and data visualization are not intuitive. Our approach leverages the distribution of the  $K$ -th nearest neighbour volumes in linear networks. Consequently, our methodology is well-suited for analysing point patterns comprising two overlapping Poisson processes occurring on the same linear network. To illustrate the method, we present simulations and examples of road traffic accidents that resulted in injuries or deaths in two cities in Colombia.

---

## ON THE USE OF THE MUTUAL K-NEAREST-NEIGHBORS CLUSTERING ALGORITHM IN THE CONTEXT OF HIGH DENSITY CLUSTERING.

Adolfo J. Quiroz<sup>1</sup>, Hugo Montesinos<sup>2</sup>, Edgar L. Chavez<sup>3</sup>, Stephane Marchand-Maillet<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, <sup>2</sup>URSINUS COLLEGE, PENN.

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE BAJA CALIFORNIA, <sup>4</sup>UNIV. OF GENEVA

aj.quiroz1079@uniandes.edu.co

**Abstract.** The mutual k-nearest-neighbors clustering algorithm, proposed in [1], offers guarantees of consistency, under mild hypothesis, when the supports of the different clusters are well separated sets. We consider the modifications needed to adapt this procedure when the goal is the identification of high density clusters, that is, sets of the form  $\{x \in \mathbb{R}^d : f(x) > t\}$ , where  $f$  is the mixture density producing the data and  $t > 0$  is a specified level. Part of the difficulty is that, as usual in the non-parametric setting,

$f$  is only approximately known, through an estimation procedure, such as kernel density estimation. Using results of [2], we quantify the error incurred by the mutual k-nearest-neighbors clustering in this setting, and describe a modification of the algorithm that guarantees that the high density clusters are properly estimated except, possibly, for a “ring” of negligible measure. We evaluate the performance of the modified algorithm on simulated data, coming from a Gaussian mixture, and discuss the effect of the “curse of dimensionality” on these procedures. Joint work with Edgar Leonel Chavez, Stephane Marchand-Maillet and Hugo M. Montesinos.

---

## SOBRE EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO DE MEDIDAS CONDICIONALES DE RIESGO

Barrera, D<sup>1</sup>, Crépey, S<sup>2</sup>, Gobet, E<sup>3</sup>, Nguyen, H-d<sup>4</sup>, Saadeddine, B<sup>5</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, <sup>2</sup>UNIVERSITÉ PARIS CITÉ, <sup>3</sup>ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

<sup>4</sup>UNIVERSITÉ PARIS CITÉ, <sup>5</sup>CREDIT AGRICOLE

jdbarrer@gmail.com

**Resumen.** Los cuantiles y supercuantiles de una distribución de probabilidad, conocidos en el contexto financiero como “valor en riesgo” y “déficit esperado” (en referencia a niveles de iliquidez correspondientes a un margen de riesgo dado), son métricas de riesgo cuya estimación empírica resulta vital en el marco de la regulación financiera surgida a partir de los acuerdos de Basilea. En esta charla discutiremos un esquema de aprendizaje automático para estimar estas medidas de riesgo en un escenario condicional, correspondiente en la práctica financiera a la estimación de las métricas ya mencionadas para un “portafolio” dado un conjunto de “variables de mercado”. Los resultados hacen parte de un trabajo conjunto con Stéphane Crépey (Paris VI), E. Gobet (École Polytechnique), H-D Nguyen (Université Paris Cité) y B. Saadeddine (Credit Agricole).

---

## BAYESIAN INFERENCE AS AN ALTERNATIVE FOR A BETTER COMPREHENSION OF UNCERTAINTY IN APPLIED STATISTICAL PROBLEMS

Johnatan Cardona-Jiménez

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLÍN

jcardonj@unal.edu.co

**Abstract.** In this talk the problem of inverse probability or Bayesian probability is addressed. The frequentist or classic point of view of statistics has dominated the vast realm of applications in the different fields where statistical analysis is required. This dominance is due to different reasons, and one of them is that frequentist inference can be easily performed by just following a simple recipe of steps (hypothesis testing). This seeming advantage of the frequentist point of view contrasts with the use of Bayesian inference, which requires the practitioner to have a basic understanding of probability theory and some computational skills. However, during the last decade or so, the community of Bayesian statistics has developed a significant number of easy-to-use software applications for Bayesian analysis and some new algorithms for approximation that have facilitated the use of Bayesian analysis by people with few mathematical and computational skills. Thus, the advantages of the Bayesian paradigm and how it provides a more appropriate way to measure uncertainty regarding scientific hypotheses are shown through different applications.

---

## ESTIMACION DE PROPORCIONES EN AREAS PEQUEÑAS: ENFOQUE BASADO EN APRENDIZAJE AUTOMATICO

Leonardo Trujillo<sup>1</sup>, Melanie Bernal<sup>1</sup>, Natalia Rojas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

<sup>2</sup>UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY

ltrujillo@unal.edu.co

**Resumen.** Las encuestas por muestreo han sido consideradas tradicionalmente como medios eficientes tanto en costo como en tiempo de obtener estimaciones de diferentes parámetros no sólo para la población de interés sino también para diversas subpoblaciones conocidas como dominios, las cuales normalmente presentan una muestra pequeña o incluso nula que ocasionan que sus estimaciones no tengan una precisión adecuada y por lo tanto sus estimaciones no sean publicables. Para dar solución a esta problemática surge la metodología de estimación de áreas pequeñas, en la cual a partir del uso de información auxiliar disponible para toda la población se puede obtener estimaciones de la característica de interés sobre los dominios con una precisión confiable que nos permite hacer válida la inferencia. Esta metodología plantea entre diferentes alternativas metodológicas que a partir de los datos muestrales y de información auxiliar disponible se construya un modelo lineal mixto, o en el caso de estimar una proporción un modelo lineal generalizado mixto, sobre el cual se pueda estimar la variable de interés para las unidades no muestreadas y de esta forma se pueda obtener una estimación para los dominios de interés combinando datos muestrales y los datos que se predicen. Como los modelos tradicionales deben cumplir algunos supuestos como que la relación de las variables auxiliares con la variable objetivo sea lineal; que los errores asociados al modelo deban seguir una distribución de probabilidad, surgen algunas problemáticas con estos modelos tradicionales tales como el problema de multidimensionalidad y la sensibilidad ante datos atípicos. Por lo tanto, se propone en este artículo la implementación de una estrategia que nos permita sustituir el modelo lineal por un modelo más flexible. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es presentar una metodología que hace uso de modelos de aprendizaje automático con efectos mixtos que permiten calcular los estimadores planteados en áreas pequeñas, sin necesidad de seguir los supuestos lineales y teniendo una ganancia en términos de robustez ante datos atípicos y la selección de variables. La idea es sustituir el modelo lineal por un modelo de aprendizaje automático que sigue los mismos pasos para la estimación del parámetro y su medida de error según la metodología SAE. Se realiza un ejercicio de simulación basada en el modelo y basada en el diseño para comparar las estimaciones, el error cuadrático medio, el sesgo y el tiempo computacional de cada metodología evaluada. Palabras clave: Aprendizaje automático, bagging, boosting, diseño de encuestas, dominios, estimación de áreas pequeñas, modelos lineales generalizados mixtos, muestreo probabilístico.

---

## DECISION-DEPENDENT WASSERSTEIN DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION

Mauricio Junca<sup>1</sup>, Diego Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

mj.junca20@uniandes.edu.co

**Abstract.** We propose a distributionally robust approach to a mode estimation based on a robustification of kernel density estimators. Our method considers the mode of the largest nonparametric density estimator achievable over Wasserstein balls centered around the empirical distribution function. We show that the  $\infty$ -Wasserstein case leads to simple tractable estimators that can achieve minimax optimal convergence rates under mild distributional assumptions.



## ON THE TRADEOFF BETWEEN RATES OF A.S. CONVERGENCE AND THE INTEGRABILITY OF THE OVERSHOOT

Michael Anton Hoegele

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

ma.hoegele@uniandes.edu.co

**Abstract.** In this talk we start with an elementary, but useful quantitative generalization of the first Borel-Cantelli lemma. The idea is to translate good rate of convergence of probability events into higher order moments of the overlap statistics and the modulus of convergence. This has been established in a series of papers with Luisa F. Estrada (U. Warwick, UK) and A. Steinicke (MU Leoben, Austria). Our results quantify almost sure convergence in terms of the number of occurrences of the error events, and the last error if its occurrence, which appear in the convergence in probability. We provide a sample of applications, such as the strong law of large numbers, the presence of a large deviations principle, the method of moments in statistics and numerical analysis. In the end we present results on martingale convergence, such as the convergence of Polya urns.

---

## ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS CONDICIONES DE VIDA PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.

Dayanna Lucía Gamez Gonzalez<sup>1</sup>, Tulia Esther Rivera Flórez<sup>1</sup>, Fabio Humberto Sepúlveda Murillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE MEDELLIN  
gamezlucia19@gmail.com

**Resumen.** Santander es considerado una entidad territorial importante en Colombia debido a una serie de factores clave. Su ubicación geográfica le permite ser un punto de conexión entre varias regiones del país. Su economía diversificada, que incluye sectores como la agricultura, la ganadería, la minería, la industria manufacturera, entre otros, desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico a nivel nacional. No obstante, al abordar la relevancia de la calidad de vida en el desarrollo regional en primera instancia se encuentran que los análisis se centran en Bucaramanga y municipios de la zona metropolitana. Según cifras ofrecidas por el DANE en 2018, Santander cuenta con 2 millones 8 mil habitantes y se organiza, territorialmente, en 87 municipios agrupados en 8 provincias. Para el análisis de la calidad de vida urbana en cada municipio, se construyó una base de datos a partir de diferentes fuentes con información recolectada del año 2018, primordialmente del DANE con el censo nacional de población y vivienda, complementado con el observatorio de medicina legal y la cámara de comercio. El tipo de estudio que se realizó es de carácter cuantitativo, enmarcado en un enfoque descriptivo a nivel multivariado. En particular para analizar la calidad de vida urbana de los departamentos de Santander se hizo uso de dos técnicas estadísticas, con el fin de comparar para determinar la que mejor se adapte a los datos proporcionados. La primera técnica aplicada fue el análisis de componentes principales, creando un Índice compuesto por las componentes principales significativas, mapeando este Índice y las variables relevantes que ayudan a la caracterización del bienestar social de los municipios. La segunda técnica usada fue la distancia DP2, elaborado por el profesor Pena Trapero, la cual proporciona un índice sintético para medir distancias y realizar comparaciones inter espaciales con el fin de medir el bienestar social de un conjunto de unidades territoriales en un tiempo dado. Se evidenció que los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga presentan mejores condiciones en la calidad de vida, según el ICV\_PCA y el ICV\_P2, seguido de San Gil y Socorro, ubicados en la ruta principal que comunica a Bucaramanga con Bogotá, DC. Los municipios situados en la región García Rovira, en el extremo oriental del departamento de Santander, destacan por presentar tonalidades rojizas y anaranjadas. Entre estos municipios se encuentran Molagavita, Chipatá y Guaca, los cuales registran un

puntaje inferior a 0,1 en el ICV\_PCA. Además, el panorama departamental no es alentador, puesto que para el ICV\_PCA más del 85

---

## HITTING TIMES DENSITIES FOR BROWNIAN MOTION

Wincy Alejandro Guerra-Polania<sup>1</sup>, Gerardo Hernández-del-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EIA, <sup>2</sup>CEMLA  
wincy.guerra@eia.edu.co

**Abstract.** In this paper we provide conditions under which the hitting-time problem for Brownian motion is equivalent to solving a heat equation with moving boundary and distributional initial conditions. As an application of our results, and using Sturm-Liouville theory, we compute the density of the hitting time of a Brownian motion to a family of quadratic boundaries.

---

## ON THE HEAT EQUATION WITH A MOVING BOUNDARY AND APPLICATIONS TO HITTING TIMES FOR BROWNIAN MOTION

Wincy Alejandro Guerra-Polania<sup>1</sup>, Gerardo Hernández-del-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EIA, <sup>2</sup>CEMLA  
cargar-propuesta@scm.org.co

**Abstract.** In this paper we provide conditions under which the hittingtime problem for Brownian motion is equivalent to solving a heat equation with moving boundary and distributional initial conditions. Motivated by the hitting-time problem, we study the heat equation with absorbing moving boundaries. Using Fourier analysis we develop a procedure to solve this problem for a family of curves that includes the square root, quadratic, and cubic boundaries. As an application of our results, and using Sturm-Liouville theory, we compute the density of the hitting time of a Brownian motion to a family of quadratic boundaries.

---

## INSTRUMENTO METODOLÓGICO PARA INTERPRETAR LOS RESULTADOS DEL EXAMEN SABER 11

Federico Úsuga Agudelo<sup>1</sup>, Samuel A. Torres Orozco<sup>2</sup>, Sol Mery Álvarez Argáez<sup>1</sup>, Lady A. Hoyos Rincón<sup>3</sup>, Isabel C. Hoyos Rincón<sup>4</sup>, Boris A. Rodríguez Rey<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, <sup>2</sup>INTERNATIONAL CENTRE OF THEORETICAL PHYSICS,  
<sup>3</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, <sup>4</sup>UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO  
federico.usugaa@udea.edu.co

**Resumen.** El papel de la educación como mecanismo de movilidad social y de equidad para combatir la pobreza estructural ha sido materia de un debate profundo y de gran relevancia en Colombia, uno de los países más desiguales del mundo de acuerdo con las simulaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). A pesar de que la educación es un derecho fundamental, el estado colombiano no ha consolidado una política que asegure el acceso general a una educación básica pública de calidad en condiciones dignas. Como consecuencia, la educación a la que la población puede acceder se ha convertido en un instrumento que profundiza la brecha de desigualdad social. Es necesario entonces pensar

el problema de la educación más allá de los edificios y artefactos, para entenderlo en la complejidad intrínseca del territorio colombiano. En el presente estudio proponemos un instrumento metodológico, que combina elementos de inferencia estadística y sistemas complejos, para entender las diferencias socioeconómicas entre los individuos de la población estudiantil que presentó el examen Saber 11 en el periodo 2017-2021. Nuestra aproximación consiste en definir el estado del sistema educativo colombiano (en analogía con el estado mecánico de un sistema físico) mediante un conjunto de variables de estado que cubren una amplia gama de factores con el potencial de influir en el desempeño académico de los estudiantes. Realizamos un análisis de correspondencias múltiples (MCA) para establecer la base de la variabilidad del sistema y un análisis de redes de datos multivariados para estudiar los patrones de dependencias condicionales entre pares de variables. Nuestros resultados muestran que este es un sistema altamente complejo. Sin embargo, unos pocos factores explican buena parte de su variabilidad, dentro de los que se destacan la educación de la madre, el acceso a internet, la naturaleza del colegio y el estrato de la vivienda.

---

## PRECIO SPOT DE LA ELECTRICIDAD EN COLOMBIA: UNA APLICACIÓN DE UN MODELO LINEAL CON PERTURBACIONES

Isabel C. García A.<sup>1</sup>, Sergio Barona<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI

<sup>2</sup>LABORATORIO DE ECONOMÍA APLICADA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
isabel.garcia@javerianacali.edu.co

**Resumen.** El problema del análisis y la estimación del precio spot de la energía no sólo radica en la naturaleza del mercado descrito; sino, además, en un conjunto de propiedades estadísticas que generalmente se le atribuyen. La serie histórica del precio spot de la energía presenta, en general, las siguientes características: (i) estacionalidad múltiple (diaria, semanal, mensual, etc.); (ii) efecto calendario diferenciado entre días festivos y hábiles; (iii) alta volatilidad; (iv) conglomerados de volatilidad; (v) reversión a la media; (vi) distribución asimétrica y leptocúrtica (distribución no-gaussiana); (vii) outliers o cambios de nivel; y (viii) volatilidad variable en el tiempo. Esto último implica que la serie diaria del precio spot no es un proceso estocástico débilmente estacionario. La literatura descrita ha registrado ampliamente un hecho estilizado en el contexto del mercado energético colombiano: el precio spot de la electricidad no sigue una distribución normal, sino una distribución asimétrica con exceso de curtosis. El primer objetivo de esta investigación es, en consecuencia, llenar este vacío mediante un modelo lineal simple cuyas perturbaciones siguen una distribución estable que, por definición, es una familia de distribuciones de probabilidad que permiten tanto la asimetría como el exceso de curtosis [39]. Más precisamente, siguiendo a Bernhardt et al. [40], [41], cuyo modelo es extendido a tiempo continuo por García et al. [42], se propone la estimación de cuantiles altos condicionales y no-condicionales a partir de un modelo lineal con perturbaciones estables. Palabras clave: Precio spot, distribuciones estables, modelos no lineales

---

## ILUSTRACIÓN DE LA INFERENCIA BAYESIANA PARA EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Isabel C. Ramírez-Guevara<sup>1</sup>, Carlos M. Lopera-Gómez<sup>1</sup>, Alejandra Rios Salgado<sup>1</sup>,  
Ximena Castañeda Ochoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
xcastaneda@unal.edu.co

**Resumen.** Es común encontrar que en un curso de estadística bayesiana se enseñe regresión lineal conjugada, ya que es base fundamental para comprender los principios de modelación bayesiana. Este tipo de regresión permite realizar inferencias sin necesidad de recurrir a métodos numéricos o aproximados debido a que se incorpora el conocimiento previo sobre los parámetros del modelo mediante la distribución de una familia específica. Luego, esta información se actualiza con los datos observados y se obtienen distribuciones posteriores de la misma familia. De esta forma, el objetivo final es realizar inferencias sobre los parámetros que definen la relación entre la variable de respuesta y las variables predictoras.

Sin embargo, debido a la importancia de este concepto y a que implica un razonamiento diferente al que los estudiantes están acostumbrados con el enfoque frecuentista, se requiere un esfuerzo adicional para promover una comprensión intuitiva que les permita no solo entender la teoría, sino también implementarla y realizar inferencias de manera efectiva. Por tanto, este proyecto ofrece un acercamiento a los modelos de regresión bayesianos con distribuciones a priori conjugadas a través de un aplicativo Shiny, esta herramienta permitirá a los estudiantes ajustar modelos, visualizar resultados y acceder a recursos de apoyo. En una primera versión de la aplicación, se trabajará con modelos de regresión lineal simple simulados.

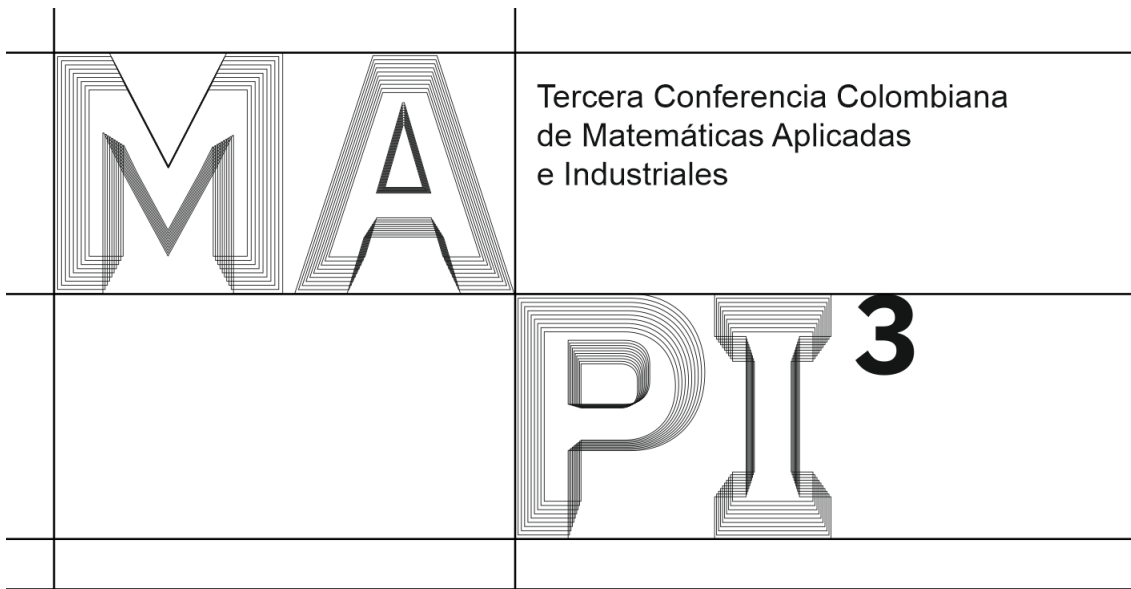
---

## HACIA UNA PREDICCIÓN CLIMÁTICA LOCALIZADA: INTEGRANDO DIAGRAMAS DE VORONOI Y CADENAS DE MARKOV EN ENTORNOS URBANOS

Nicolás Santiago Giraldo Parra  
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
nsgiraldop@udistrital.edu.co

**Resumen.** Este artículo presenta un enfoque progresivo para el modelado climático urbano, que busca integrar herramientas accesibles y efectivas para comprender y prever el clima en entornos urbanos. Si bien existen métodos innovadores que requieren una gran capacidad computacional y consideran numerosas variables, este estudio se centra en comprender modelos simples pero robustos. El objetivo principal es evaluar un modelo predictivo que utiliza diagramas de Voronoi para representar la distribución urbana y cadenas de Markov para simular el comportamiento climático según probabilidades. Esta combinación proporciona una representación espacial detallada y captura la dinámica temporal de las condiciones climáticas urbanas de manera efectiva. La metodología empleada consiste en generar puntos manualmente que representan estaciones de interés en el mapa y crear el correspondiente diagrama de Voronoi. A cada área resultante se le asigna un estado climático actual (cálido, frío o neutro), y se utiliza la información climática de la ciudad en general de los últimos 30 días para determinar las transiciones de estado utilizando cadenas de Markov. Se crea así una matriz estocástica de transición que proporciona probabilidades para pasar de un estado al otro. A medida que avanza el proyecto, se prevé integrar gradualmente elementos más complejos para mejorar la precisión y la capacidad predictiva del modelo. Sin embargo, este póster se enfoca en evaluar la eficacia del modelo inicial, que se basa en herramientas simples pero poderosas. Se espera que este enfoque proporcione una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo del modelado climático urbano.

**Palabras clave:** Modelado climático urbano, diagramas de Voronoi, cadenas de Markov, predicción climática, herramientas simples.



**Organizan:**



**Patrocinan:**



# Topología computacional

---

## GRAPH ENERGY CHANGE DUE TO VERTEX DELETION

Carlos Espinal<sup>1</sup>, Juan Rada<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
pablo.rada@udea.edu.co

**Abstract.** Let  $G$  be a graph with adjacency matrix  $A$ . The energy of  $G$  is denoted by  $\mathcal{E}(G)$  and defined as the sum of the absolute values of the eigenvalues of  $A$ . In this paper we study the problem of variation of the energy when a vertex is deleted. Concretely, we show that if  $G$  is a graph and  $G^{(j)}$  is the graph obtained from  $G$  by deleting the vertex  $v_j$  of  $G$ , then

$$\mathcal{E}(G) - \mathcal{E}(G^{(j)}) \leq 2\sqrt{d_j},$$

where  $d_j$  is the degree of  $v_j$ . Moreover, equality occurs if and only if the connected component of  $G$  containing  $v_j$  is isomorphic to a star tree and  $v_j$  is its center. Afterwards, we introduce a new approach to the local energy of a vertex and initiate the study of its basic properties.

---

## CONTROL SECUENCIAL DE ATRACTORES DINÁMICOS USANDO REDES TIPO CTLN

Juliana Londono Alvarez<sup>1</sup>, Katherine Morrison<sup>2</sup>, Carina Curto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY, <sup>2</sup>UNIVERSITY OF NORTHERN COLORADO  
juliloal2@gmail.com

**Resumen.** Los comportamientos motores complejos, como bailar o tocar un instrumento, son ejemplos familiares de control de múltiples patrones dinámicos en nuestro cerebro. Un mecanismo para modelar esta función neuronal es mediante atractores dinámicos coexistentes, lo cual requiere poca o ninguna interferencia entre éstos. Sin embargo, el control de múltiples atractores coexistentes dentro de una sola red plantea un gran desafío matemático, ya que las cuencas de atracción de los sistemas dinámicos no lineales suelen ser bastante complejas. En esta charla, presentaré una construcción general para estratificar redes de modo que los atractores de las capas individuales experimenten poca o ninguna interferencia entre ellas. Para ello usaremos redes combinatorias con activación rectificadora, más conocido por sus siglas en inglés como CTLNs (de Combinatorial Threshold-Linear Networks). Las CTLNs son modelos de frecuencia de activación con neuronas simples, similares a un perceptrón, y sinapsis binarias, cuya dinámica está controlada por la topología de un gráfico dirigido. La dependencia de la dinámica de la red de la topología de su grafo, y su dinámica lineal por partes, hace a las CTLNs muy adecuadas para diseñar circuitos con atractores prescritos. Aquí nos basamos en la teoría previamente conocida sobre CTLNs para presentar

una nueva arquitectura donde podemos relacionar el conjunto de los puntos fijos de la red completa con el conjunto de puntos fijos de subredes que la componen. Ilustramos el uso de esta nueva arquitectura mediante la construcción de una red que puede codificar secuencias de largo arbitrario de cinco pasos cuadrúpedos (ligado, paso, trote, pronk y caminata). El circuito resultante codifica de manera eficiente información motora y secuencial en capas separadas (similar a los cerebros biológicos), permitiendo transiciones flexibles elementos de la secuencia.

---

## OPTIMIZING FILTER MAPS AND COVERINGS IN THE MAPPER ALGORITHM

Mario Andrés Velásquez Méndez

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

mavelasquezme@unal.edu.co

**Abstract.** In this note we describe some general ideas behind the topological data analysis, in particular, we show a way to optimize the choose of the filter map and the coverings algorithm, for this we define a poset structure on the set of coverings by intervals of  $\mathbb{R}$  and we show that this poset can be reduced to a finite one. This is joint work with Eduardo Martínez Pedroza.

---

## COTAS Y APROXIMACIONES PARA EL RADIO ESPECTRAL DE UN GRAFO AL REMOVER UN NODO

Camilo Pérez<sup>1</sup>, Andrés Ángel<sup>1</sup>, German Combariza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL EXTERNADO

ca.perez@uniandes.edu.co

**Resumen.** Sea  $G$  un grafo no dirigido, conexo y sin bucles; con matriz de adyacencia simétrica e irreducible  $A$ . Consideremos el problema de aproximar el cambio del radio espectral resultante al remover uno de los nodos en  $G$ , el cual se consigue de la perturbacion  $\Delta A = -Ae_i e_i^T - e_i (e_i^T A)$ . Nuestro objetivo es calcular algunas aproximaciones resultantes de teoría de perturbaciones y el método de potencias para obtener cotas del cambio del radio espectral y caracterizar los grafos en los que estas aproximaciones son exactas.

---

## TEORÍA DE GRAFOS Y POLÍTICA

German Combariza<sup>1</sup>, Milena Sanchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA  
combariza@gmail.com

**Resumen.** En este trabajo, se introducen conceptos teóricos relacionados con redes complejas, el fenómeno del espejismo mayoritario y modelos de umbral. Además, se hace referencia al experimento de Asch y se proporciona una aproximación al contexto político colombiano, incluyendo datos relevantes como la tasa de abstención electoral. En la primera fase del desarrollo, se presenta un modelo de votación alternativo diseñado con el propósito de minimizar la insatisfacción electoral. Luego, se investiga la influencia del espejismo mayoritario en una red social, explorando diversos factores que pueden impactar en la percepción política, tales como la abstención electoral, la proporción de conexiones entre los agentes de la red, el número de conexiones en la red y el umbral de conformidad en la población. La simulación utiliza parámetros basados en el contexto colombiano, específicamente en las elecciones presidenciales de 2022. Finalmente, se presentan las conclusiones de las simulaciones, que incluyen la importancia de explorar métodos de votación alternativos para garantizar la equidad y la satisfacción máxima. Además, se concluye que si un grupo minoritario con alta credibilidad está conectado con al menos la mitad de la red, puede influir en la percepción política y, en consecuencia, en los resultados electorales. También se incluyen algunas simulaciones variando los parámetros establecidos en relación al impacto que puede causar en la red social.

---

## SYMMETRIC TENSOR POWERS OF GRAPHS

Weymar Astaiza<sup>1</sup>, Alexander Barrios<sup>2</sup>, Henry Chimal-Dzul<sup>3</sup>, Stephan R. García<sup>4</sup>,  
Jaaziel Lopez de la Luz<sup>5</sup>, Diego Villamizar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSITY OF ST. THOMAS, <sup>3</sup>UNIVERSITY OF NOTRE DAME,  
<sup>4</sup>POMONA COLLEGE, <sup>5</sup>UC IRVINE, <sup>6</sup>UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA  
dvr131291@gmail.com

**Abstract.** We introduce the symmetric tensor power of graphs and explore its fundamental properties. A wide range of intriguing phenomena occur when one considers symmetric tensor powers of familiar graphs.

---

## POINTED GROMOV-HAUSDORFF TOPOLOGICAL STABILITY FOR NON-COMPACT METRIC SPACES

Luis Eduardo Osorio Acevedo<sup>1</sup>, Henry Mauricio Sánchez Sanabria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD CENTRAL  
leosorio@utp.edu.co

**Abstract.** We combine the pointed Gromov-Hausdorff metric with the locally  $C^0$  distance to obtain the pointed  $C^0$ -Gromov-Hausdorff distance between maps of possibly different non-compact pointed metric spaces. The latter is then combined with Walters's locally topological stability and  $GH$ -stability to obtain the notion of topologically  $GH$ -stable pointed homeomorphism. We give one example to show the difference between the distance when take different base point in a pointed metric space.



# CARACTERIZACIÓN TOPOLÓGICA DEL TRASTORNO DEPRESIVO MAYOR

Maria Camila Espinal Ramirez<sup>1</sup>, Francisco Albeiro Gómez Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

mcespinalr@unal.edu.co

**Resumen.** El Trastorno Depresivo Mayor (TDM) es un trastorno mental que provoca un sentimiento persistente de tristeza y pérdida de interés en las actividades diarias. El TDM es uno de los principales causantes de morbilidad y discapacidad en la sociedad actual. Este trabajo propone una nueva estrategia de análisis de la actividad cerebral de pacientes con TDM basada en análisis topológico de datos (ATD) dinámico. La estrategia caracteriza invariantes topológicos sobre representaciones simpliciales de la dinámica de interacción entre áreas cerebrales de interés previamente identificadas para el TDM. El método fue evaluado en datos de 251 pacientes con TDM y 532 sujetos sanos. Los resultados sugieren que el método propuesto permite caracterizar la dinámica cerebral de pacientes con TDM, evidenciando un aumento en la conectividad funcional en la Corteza Prefrontal Medial. Adicionalmente, se identificaron dos subredes disfuncionales principales, una centrada en la Corteza Prefrontal Medial y otra conectando la Corteza Parietal Superior, Hipotálamo, Corteza Parietal Posterior y Precúneo.



# Modelación matemática

---

## MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE MATERIALES CON ARQUITECTURA: COMPUTACIÓN, MATEMÁTICAS APLICADAS Y CIENCIA BASADA EN DATOS

Nicolás Guarín-Zapata  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA  
nguarinz@eafit.edu.co

**Resumen.** En el campo del diseño de materiales existe un interés actual por expandir el espacio de materiales mediante la exploración de arquitecturas microestructurales novedosas que aprovechan la respuesta de fases independientes. Además, ha habido una mejora en las tecnologías que facilitan la fabricación de materiales con microestructuras específicas. Así, el interés ha pasado de los “materiales por casualidad” a los “materiales por diseño”, donde el papel de la simulación y la optimización juega un papel fundamental. En un futuro ideal, nos gustaría poder encontrar la microestructura para un conjunto dado de propiedades deseadas, pero actualmente, esto está más cerca de la ficción que de la realidad. En esta charla hablaremos sobre el papel que ha tenido la ciencia computacional en la modelación de materiales a diferentes escalas y de las tendencias actuales que sacan ventaja de grandes volúmenes de datos y algoritmos de aprendizaje automático.

---

## INTERPRETABILIDAD PARAMÉTRICA DE UN MODELO Y SU EFECTO EN LOS USUARIOS FINALES

Hernán Álvarez<sup>1</sup>, Laura Lema<sup>2</sup>, Estefanía Aguirre<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN  
<sup>2</sup>NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
<sup>3</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN-ARGENTINA  
hdalvare@unal.edu.co

**Resumen.** Los modelos son conjuntos de ecuaciones que cuando se resuelven reproducen un comportamiento de interés de un proceso dado. En ese sentido, siempre se puede distinguir en un modelo su estructura y sus parámetros. Una clasificación más detallada divide los parámetros en dos grupos: los estructurales y los funcionales. Los primeros le dan a la estructura matemática del modelo su configuración actual, mientras que los segundos se encargan de calcular, mediante funciones, un valor intermedio o una de las salidas del modelo. Obviamente, dependiendo de la familia a la que pertenece el modelo, los parámetros serán diferentes. Este trabajo presenta brevemente los modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF) como la familia de modelos que más posibilidades ofrece en la ingeniería de procesos. Luego discute en detalle el concepto de interpretabilidad del modelo (interpretabilidad de los parámetros del modelo),

mostrando como el concepto tiene dos visiones marcadamente diferentes si se aplica a modelos empíricos o de caja negra o si se aplica a modelos de caja gris. Se ilustra la necesidad de dotar al modelo de la mayor interpretabilidad posible en sus parámetros para ganar aceptación entre sus usuarios finales, además de facilitar la identificación paramétrica. Para eso se usan dos ejemplos: un modelo para la homeostasis de la glucosa en la sangre y un modelo de ciclo de vida de una polilla, *Lobesia Botrana*, que ataca la vid. Al final se muestran los trabajos futuros, entre los que se destaca la propuesta de un índice de interpretabilidad numérico, así como la búsqueda de una relación explícita entre la interpretabilidad y la identificabilidad en un MSBF.

---

## IMPACTO DE LA VACUNACIÓN EN LA REINFECCIÓN DE DENGUE

J. Heliana Arias<sup>1</sup>, Héctor J. Martínez<sup>1</sup>, Christopher Kribs<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE

<sup>2</sup>THE UNIVERSITY OF TEXAS AT ARLINGTON

juddy.arias@correounivalle.edu.co

**Resumen.** El dengue es una enfermedad viral transmitida por mosquitos que afecta a millones de personas en todo el mundo, y su complejidad se ve aumentada por la presencia de múltiples serotipos del virus, ya que la segunda infección del virus es la principal causa de muerte por esta enfermedad. Interesante anotar que posteriores infecciones son prácticamente asintomáticas. Por otro lado, el modelamiento matemático mediante ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) es una herramienta crucial para comprender la dinámica de la transmisión de este tipo de enfermedades. Aunque actualmente existen vacunas para el virus del dengue como la *Dengvaxia* producida por Sanofi-Pasteur, dado que este virus produce inmunidad permanente para el mismo serotipo e inmunidad temporal para el resto de serotipos, y que la vacuna podría actuar como una primoinfección, la vacunación podría potenciar los casos de reinfección. En un modelo básico de la dinámica del dengue, se pueden considerar la circulación de dos cepas del virus y el proceso de vacunación a personas seropositivas para dengue que incluya tanto la efectividad de la vacuna como la sensibilidad y la especificidad de las pruebas de seropositividad, además de los efectos potenciadores del sistema inmune en una reinfección por dengue. En este trabajo, proponemos un modelo SIRS-SI de la dinámica de la enfermedad del dengue cuando hay dos serotipos en circulación en presencia de un proceso de vacunación a seropositivos para dengue, y estamos interesados en evaluar el impacto de la vacunación en la cantidad de reafecciones por este virus.

---

## SCALABILITY OF MATHEMATICAL MODELS IN PROCESS ENGINEERING

Juan Carlos Maya López<sup>1</sup>, Farid Chejne Janna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MEDELLÍN

jcmaya@unal.edu.co

**Abstract.** Mathematical models utilized in engineering delineate processes, phenomena, and behaviors under specific applicability conditions. One such condition is scale, typically referring to spatial or temporal scales. For instance, the Navier-Stokes equations are applicable at a spatial scale where fluid molecules are indistinguishable, and the bodies under consideration behave as continuous mediums. Conversely, equations employed to simulate plants or large-scale processes are strictly valid for scenarios devoid of spatial gradients in temperature, pressure, velocity, and concentrations. Furthermore, certain models are

strictly valid for specific temporal scales, such as thermodynamic equilibrium models for long time-scale processes, whereas models like the Cattaneo-Vernotte heat transport model are valid for extremely rapid processes. The question arises as to whether it is feasible to derive valid models at a given scale for use in another scale; in this regard, discussing averaging strategies becomes pertinent, allowing for the extraction of information from a lower scale to transfer it to a higher scale, albeit inevitably resulting in information loss. Another crucial aspect to consider is the role of scale in mathematical models when aiming to model processes involving multiple spatial or temporal scales. In this context, the utilization of multiscale models, where models spanning different scales are simultaneously applied and interconnected, emerges as a strategy gaining increasing relevance. Thus, based on the foregoing, this work presents a discourse concerning the role of scale in mathematical models, addressing the following inquiries: At what scales are the most commonly used mathematical models in process engineering applicable? How can models at one scale be deduced from models at lower scales? And how can multiscale models be formulated? Additionally, a practical example of modeling and simulating the gasification process at pore, particle, and reactor scales is presented, aiming to step by step address these questions.

---

## PARTICIÓN DEL OBJETO REAL EN EL PROCESO DE MODELADO Y EFECTOS SOBRE EL MODELO FINAL

Lina María Gómez Echavarría<sup>1</sup>, Hernán Darío Álvarez Zapata<sup>1</sup>, Héctor Antonio Botero Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

habotero@unal.edu.co

**Resumen.** El modelado matemático implica conocer el funcionamiento del proceso real que se quiere modelar para capturar las características que el modelo final debe reproducir. Sin embargo, el proceso real puede ser muy complejo debido a los intercambios de energía, las conexiones físicas entre los componentes, las mezclas de sustancias y en general las interacciones complejas entre partes del proceso. Por lo tanto, cuando se modela, se requiere hacer particiones a veces arbitrarias con el fin de simplificar el modelo y obtener ecuaciones de balance con algún sentido interpretable. El propósito de este trabajo es entonces mostrar cómo se realizan esas particiones y explicar dos ejemplos, uno simple y otro más o menos complejo, con el fin de aportar en la discusión de este tema. En el primero, se analiza el modelo del Motor DC, en el cual se separa la parte eléctrica de la parte mecánica para obtener los balances de energía. Además tiene una separación magnética de ejes para evitar trabajar con inductancias mutuas entre el rotor y el estator. Esta propiedad se aprovecha para modelar otras máquinas eléctricas más complicadas. En el segundo, se analiza un modelo del sistema hormonal sexual femenino, donde si bien el ovario es un único compartimiento, físicamente hablando, es modelado como un reactor de flujo pistón, con el fin de evidenciar cómo evolucionan los folículos hasta un solo óvulo y este después cómo se descompone en un cuerpo lúteo.

---

## PERIODIC AND SUBHARMONIC SOLUTIONS IN THE MOTION OF A BEAD ON A ROTATING CIRCULAR HOOP

Alexander Gutierrez Gutierrez<sup>1</sup>, Daniel Cortés Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PERIRA

<sup>2</sup>BASQUE COUNTRY UNIVERSITY, BASQUE CENTER FOR CLIMATE CHANGE

alexguti@utp.edu.co

**Abstract.** We present some necessary conditions for the existence and multiplicity of periodic and subharmonic solutions of a second-order nonlinear ordinary differential (ODE). This ODE describes the motion of a bead on a rotating circular ring subjected to a constant angular velocity  $\omega$  and a periodic forcing  $T$ . Our approach estimates a priori bounds for both the angular velocity and the period, the techniques applied are based on the upper and lower solution methods.

---

## HEATED PATHWAYS: EXAMINING THE INFLUENCE OF TEMPERATURE RISE ON LEAF VEIN PATTERNS

Camilo Medina González<sup>1</sup>, Francisco Gómez<sup>1</sup>, Juan Carlos Galvis<sup>1</sup>

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

cemedinag@unal.edu.co

**Abstract.** The impact of temperature increases on the formation of venation architecture in leaves was investigated. A model of biological networks was employed, establishing a constant initial configuration for the networks and edges, and varying a metabolic coefficient as an equivalent to temperature variation to assess its impact. The results demonstrate an inversely proportional relationship between the vein conductivity and the metabolic coefficient value  $c_0$ . The network structure remained unchanged, maintaining the same functional veins but varying in size, reducing as the metabolic coefficient increased.

---

## CALIBRACIÓN DEL MODELO TOMGRO APLICADO A CONDICIONES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

Carlos Enrique Nosa Guzman<sup>1</sup>, Juan Carlos Galvis Arrieta<sup>1</sup>, Rodrigo Gil Castañeda<sup>1</sup>,

Francisco Albeiro Gómez Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

cnosa@unal.edu.co

**Resumen.** Este trabajo aborda la aplicación del modelo TOMGRO al crecimiento de plantas de tomate. El modelo TOMGRO es un enfoque dinámico de simulación que se ha utilizado para estudiar el crecimiento y desarrollo de cultivos de tomate. Su aplicación permite comprender mejor los factores que influyen en la producción de biomasa y rendimiento de frutos en condiciones específicas, como la densidad de plantas y el manejo en invernaderos. Específicamente, TOMGRO considera la radiación solar, la temperatura y la concentración de dióxido de carbono en el sitio experimental para predecir el crecimiento potencial del cultivo. Este trabajo ofrece una visión detallada del modelo TOMGRO aplicado al cultivo de tomate, proporcionando información valiosa para la optimización de prácticas agrícolas y la toma de decisiones en la producción de tomates. Con este modelo se busca el estudio del crecimiento y producción de plantas de tomate en el campus de la Universidad Nacional, sede Bogotá. Se realiza una exploración de la calibración

de este modelo haciendo uso de inferencia bayesiana mediante el algoritmo de Metropolis-Hastings. Se presentan los resultados de ajuste, y la calidad de predicción que tiene este modelo en términos de producción de las plantas de tomate.

**Palabras clave:** Modelo TOMGRO, calibración, inferencia bayesiana, algoritmo Metropolis-Hastings.

---

## PHYSICS-BASED MODELING AND DATA-DRIVEN METHODOLOGIES FOR DYNAMIC DATA ANALYSIS: A CASE STUDY ON THE COFFEE DRYING PROCESS

Cesar A. Acosta-Minoli

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

cminoli@uniquindio.edu.co

**Abstract.** The postharvest processing of coffee beans heavily relies on the drying process, significantly affecting the final product's quality. Despite its critical role, smallholder farmer producers of coffee in developing countries rely on patios and sun exposure for drying, subjecting the process to numerous uncontrollable variables that may compromise the coffee's quality. In this work, we proposed a mathematical model to help small farmer producers forecast the behavior of the drying process over time. This model integrates physics principles related to mass and heat transfer phenomena with a data-driven approach. To present the performance of this model embedded in an IoT system, we conducted a case study with an association of small farmers in the region of Génova Quindío, Colombia. The case study results show that the proposed mathematical model provides valuable insights into the drying process, allowing farmers to make informed decisions and take appropriate actions to improve the quality of their coffee beans.

---

## ASSESSING INTERVENTION IMPACT: ROBUSTNESS ANALYSIS OF EMERGENCY RESPONSE MANAGEMENT

Cristian Alejandro Pulido Quintero<sup>1</sup>, Mario Enrique Arrieta Prieto<sup>1</sup>,  
Francisco Albeiro Gómez Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ  
cpulido@unal.edu.co

**Abstract.** Emergency response management (ERM) systems are crucial in decision-making during high-risk events such as crime, epidemics, accidents, and other emergencies. Advancements in data-driven models and artificial intelligence have enabled the development of ERM systems capable of automatically predicting events and allocating resources based on collected information. However, most existing prediction and allocation models often fail to consider dynamic effects in the emergency phenomenon resulting from interventions in real-world contexts, leading to potential inefficiencies and unfair resource allocations. For instance, in predictive policing, when patrolling is deployed resulting from predictions of the crime phenomena and optimizations of the available resources, a criminal response commonly may change the observed crime, impacting the subsequent planning. In this study, we explore the performance of a state-of-the-art robust event prediction model alongside a conventional resource allocation model in scenarios with behavioral changes induced by interventions. We also investigate whether applying a resource allocation model to robust prediction results in robust allocation. Our experiments using synthetic datasets reveal that robust prediction models are more effective in anticipating events in scenarios with mild to moderate intervention impacts and limited resource availability. However, the allocation results based on robust predictions do not consistently account for behavioral changes in events, suggesting alternative modeling

approaches may be needed. These findings emphasize the importance of considering intervention-induced behavioral changes in predictive and allocation models for effective emergency response management.

---

## QUANTIFYING FAIRNESS IN PREDICTIVE POLICING

Diego Alejandro Hernández Castañeda<sup>1</sup>, Cristian Alejandro Pulido Quintero<sup>1</sup>,  
Francisco Albeiro Gómez Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
dieahernandezcas@unal.edu.co

**Abstract.** Predictive policing leverages data-driven models to anticipate future criminal events and guide law enforcement strategies. However, concerns about algorithmic fairness have emerged, as these models risk perpetuating discrimination and inequities, particularly among vulnerable populations. While prior research has acknowledged the influence of disparities in crime reporting levels on these models, the extent of their impact on vulnerable populations remains insufficiently understood, posing a critical challenge in societies marked by high disparities. This study seeks to quantify the fairness of three prevalent density probability estimation models used in predictive security. Specifically, it examines their capacity to distribute benefits impartially across diverse populations in various spatial contexts. Real-world theft data were employed to calibrate three distinct predictive models, followed by the quantification of model fairness through two different measurement approaches. These measurements assess disparities in the granting of model benefits between two geographical areas—one focusing on the average prediction error benefit and the other on the utilization of the model for resource allocation. Results suggest that the predictive security models studied may be fair for the prediction but unfair over the use of the model for patrol allocation. This highlights the nuanced nature of fairness considerations within predictive policing frameworks.

---

## APLICACIÓN BAYESIANA DE UN MODELO EDAD, PERIODO Y COHORTE (APC) PARA LA MORTALIDAD POR DIABETES EN HOMBRES COLOMBIANOS.

Gustavo Adolfo Moreno Carmona<sup>1</sup>, Isabel Cristina Ramírez Guevara<sup>1</sup>, Johnatan Cardona Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
gumorenoc@unal.edu.co

**Resumen.** Este estudio pretende valorar a partir de los datos de mortalidad por Diabetes en los hombres Colombianos, el efecto de las tres variables temporales edad, periodo y cohorte sobre las tasas de mortalidad. Se proponen los modelos de regresión Poisson y Binomial Negativa con los que se obtienen las tasas de mortalidad, posteriormente el ajuste se hará a cada modelo utilizando la distribución Gamma Inversa y SBeta2 como distribuciones a priori para los parámetros de varianza de los efectos temporales edad, periodo y cohorte. Se realizan comparaciones de ajuste entre los modelos por medio del Deviance Information Criterion (DIC), y finalmente se evalúan los resultados de predicción de estos mismos calculando la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) entre los valores reales y de predicción para el último periodo, que no se tendrá en cuenta en los ajustes del modelo.

---

## CONTROL TERRITORIAL ENTRE GRUPOS ARMADOS ORGANIZADOS VS FUERZA PÚBLICA

Hector Machuca Balaguera<sup>1</sup>, Javier Esteban Martínez Caldas<sup>1</sup>, Isnardo Arenas Navarro<sup>1</sup>,  
María Isabel Romero Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
hecmacbal@hotmail.com

**Resumen.** Este estudio propone un enfoque basado en el modelado con sistemas dinámicos para comprender las poblaciones en contextos de conflicto armado. Desarrollaremos un modelo que represente la interacción entre grupos en conflicto y luego realizaremos simulaciones bajo diferentes condiciones y parámetros. Estas simulaciones mostrarán las posibles tendencias o dinámicas en las que cambian las poblaciones y grupos presentes en el conflicto. El objetivo principal es proporcionar información para quienes deben tomar decisiones, permitiéndoles identificar los momentos más adecuados y las estrategias más efectivas antes de los procesos de negociación orientados hacia la paz o el control territorial. Al comprender mejor las dinámicas subyacentes y las interacciones entre los actores involucrados, esperamos contribuir al desarrollo de estrategias efectivas para abordar los conflictos armados y fomentar la estabilidad y la paz.

---

## CORRUPTIONS DIFFUSION AND THE CRIMINAL JUSTICE SYSTEM: A DYNAMICAL MODEL

Jorge Eliecer Ospino Portillo<sup>1</sup>, Camilo Almanza R.<sup>2</sup>, Jose Luis Ramos R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL NORTE

joreliospo@gmail.com

**Abstract.** In this paper, a mathematical model for the transmission dynamics of corruption of public officials was formulated. The model was demonstrated to be mathematically well posed. The next-generation matrix method to calculate the basic reproduction number regarding the corruption-free equilibrium, and to establish the conditions for local and global asymptotic stability of corruption-free and endemic equilibria. The analysis reveals a globally asymptotically stable corrupt-free equilibrium whenever  $\mathcal{R}_0 \leq 1$  and a globally asymptotically stable endemic equilibrium if otherwise. The numerical simulations showed that an integrated strategy that aimed to strengthen the *Criminal Justice System* and the *Awareness Campaigns* against corruption was the best approach to fight this phenomenon.

---



## A MATHEMATICAL MODEL OF HIV/AIDS SPREAD IN CHILD AND ADULT POPULATIONS

Juan Felipe Pacazuca Santiago<sup>1</sup>, Cristian Camilo Espitia Morillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

juan.pacazuca@unillanos.edu.co

**Abstract.** In this paper we present a mathematical model to study the dynamics of Human Immunodeficiency Virus (HIV) and Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS). This model incorporates vertical transmission along with nonlinear dynamics governing transmission between adults, individuals in treatment and those living with the disease. Employing rigorous mathematical analysis, we explore crucial epidemiological metrics such as basic reproduction number, equilibrium points, and conditions that dictate infection persistence or extinction, which are inferred through stability analysis. Simulations and sensitivity analysis results shed light on the nuanced interplay of these factors, providing insight into the intricate dynamics of transmission. In particular, our findings underscore the great importance of adult-to-adult transmission in influencing disease dynamics, overshadowing other contributing factors. Furthermore, we found that birth rate and mother-to-child transmission exert a comparatively less significant impact on the escalation of infections.

---

## MATHEMATICAL MODELING OF THE PREMNOTRYPES VORAX POPULATION GROWTH USING FUZZY INFORMATION

Leidy Vanesa Espitia Cruz<sup>1</sup>, Élder Jesús Villamizar Roa<sup>1</sup>, Gilberto Arenas Díaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

leidyvanesaespitiacruz@gmail.com

**Abstract.** In Colombia, the agricultural sector is one of the most important in its economy, where potato (*Solanum tuberosum*) production is particularly significant. The potato is a flowering plant of the Solanaceae family, native to the Andes of South America, which is an essential product for the family basket. The pest control is a crucial practice for several agricultural crops, including the potato crop; in order to select an appropriate chemical control method to reduce the environmental impact and ensure a profitable production suitable for consumption, it is necessary to know the life cycle of the pest and estimate its intrinsic growth rate. The main objective in this talk is to analyze the growth dynamics of the white potato worm (*Premnotrypes Vorax* (Hustache)) through mathematical tools that allow us to adequately quantify the intrinsic growth rate ( $r$ ) of the population and its temporal evolution, considering that, in practice, the underlying information is of a non-deterministic nature. The main contributions and novelty of this work are summarized in the following two aspects: first, the estimation of the intrinsic growth rate of the white potato worm ( $r$ ), in function of the temperature, by using a Takagi-Sugeno-Kang type fuzzy rule-based model, and considering statistical information; and second, since in practice the initial white potato worm population in a crop is subjective, imprecise and vague, knowing the intrinsic growth rate ( $r$ ), we propose and solve a fuzzy initial value problem (fuzzy Malthusian model) using the concept of generalized Hukuhara derivative to determine the evolution in time of the white potato worm population. In conclusion, given a weekly average temperature, it is possible to know the white potato worm population per unit area oscillating in an interval whose length depends on the degree of inaccuracy of the initial population and the intrinsic growth rate. This study can be relevant for grower decision making in terms of the type and frequency of pest control on his crop. The results of this talk, are part of our paper "Intrinsic growth rate and evolution of the *Premnotrypes Vorax* population using fuzzy information".

---

## COMMUNITY STRUCTURE IN DIRECTED RANDOM NETWORKS

María Alejandra Murcia Cometa<sup>1</sup>, Nino Yofrani Perez Perafan<sup>1</sup>, Diego Fernando Ruíz Solarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA

mariamur@unicauca.edu.co

**Resumen.** El análisis de redes nos ayuda a comprender el comportamiento de las redes del mundo real. En este trabajo proponemos un modelo para generar redes aleatorias dirigidas heterogéneas en las que el conjunto de nodos se divide en dos tipos. Nuestro trabajo caracteriza la distribución de grados de entrada de los nodos de un tipo dado y la presencia o ausencia de comunidades formadas por el tipo de nodos. Determinamos la dinámica y el valor límite de la medida de modularidad caracterizada por los parámetros del modelo, para establecer cómo las relaciones entre los nodos de la red nos ayudan a determinar una buena partición en dos comunidades.

---

## MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Mauro Montealegre Cardenas<sup>1</sup>, Jasmid Vera Cuenca<sup>1</sup>, Joan Manuel Montealegre Hermosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

mmonteal@usco.edu.co

**Resumen.** Proponemos un método centrado en los modelos matemáticos para integrar los procesos resilientes y adaptativos frente al reto de la sostenibilidad ambiental, J. Holland (2004). En particular los procesos emergentes de la variabilidad climática que conducen sistemas auto-organizadas con funciones cruzadas en ciclos adaptativos: exploración, conservación, liberación y reorganización. Corresponden modelo de C. Holling (2011) sobre ciclos que refleja los cambios en el proceso de adaptación.

---

## LA DINÁMICA DE LOS GLÓBULOS ROJOS: UN ACERCAMIENTO MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS

Miguel Sandoval Cardozo

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTÁ, COLOMBIA

m.sandovalc@uniandes.edu.co

**Resumen.** Los glóbulos rojos (RBC's) constituyen aproximadamente el 50% del volumen de la sangre en el cuerpo humano. Entre sus funciones principales está el transporte de oxígeno a los diferentes órganos y tejidos del cuerpo, lo cual es esencial para su correcto funcionamiento. La ausencia de glóbulos rojos provocaría el fallo de todos los órganos, subrayando su importancia vital. Por lo tanto, controlar la cantidad de RBC's en el cuerpo es una tarea crítica en la medicina, especialmente porque en ciertas enfermedades o complicaciones puede ocurrir una disminución de estas células en el torrente sanguíneo, lo que comprometería funciones vitales. En este trabajo, se utiliza un modelo base, propuesto por L. Edelstein-Keshet, que es objeto de un análisis matemático para encontrar la solución analítica. Defina  $R = R(n)$  el número de glóbulos rojos circulando en el torrente sanguíneo en el día  $n$ ,  $M = M(n)$  el número de glóbulos rojos producidos por la médula ósea en el día  $n$ ,  $f > 0$  la fracción de RBC's eliminada por el hígado y  $\gamma > 0$  la

constante de producción, es decir la cantidad de glóbulos producida por cada glóbulo perdido. El modelo resultante es:

$$R(n+1) = (1-f)R(n) + M(n) \quad M(n+1) = \gamma \cdot f \cdot R(n)$$

Este modelo base se modifica para adaptarse al estudio de ciertas enfermedades o complicaciones fisiológicas y sus posibles tratamientos, como la anemia renal y las hemorragias, que son tratadas respectivamente utilizando dosis repetidas de eritropoyetina (EPO) (con aplicación subcutánea o vía oral) y transfusiones sanguíneas. Para poder modelar las dosis de EPO se utiliza un modelo continuo, que se une al modelo discreto presentado anteriormente. La base matemática que soporta estas modificaciones es el Cálculo en Escalas de Tiempo (Time Scale Calculus), una teoría matemática relativamente nueva propuesta por S. Hilger a finales de los años 90 y popularizado por M. Bohner y A. Peterson. Esta teoría representa la unión de dos lenguajes matemáticos previamente conocidos por separado: el discreto y el continuo. En esta nueva teoría se construye un nuevo lenguaje matemático. Por ejemplo, la derivada de Hilger se define en funciones cuyos dominios son escalas de tiempo, permitiendo de esta forma definir ecuaciones dinámicas con dicha derivada. Hasta la fecha, las aplicaciones de esta teoría se han limitado principalmente al ámbito económico. Por lo tanto, uno de nuestros objetivos es demostrar su aplicabilidad en otros campos, como la biología y la medicina. Se realizarán simulaciones computacionales tanto para el modelo original como para sus variaciones, con el fin de sustentar el análisis matemático previamente realizado.

---

## GEDICOM-DTI: GEO-DIFFERENTIALLY COMPLEMENTARY METRICS FOR DIFFUSION TENSOR IMAGING, AN APPLICATION ON DISORDERS OF CONSCIOUSNESS

Paul Fernando Camargo Toro<sup>1</sup>, Nicolás Martínez<sup>1</sup>, Francisco Gómez<sup>1</sup>, César A. Uribe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, <sup>2</sup>RICE UNIVERSITY

pfernandozy@gmail.com

**Abstract.** In this research, we present an adaptable framework to construct new Diffusion Tensor Imaging (DTI) metrics to characterize brain diffusivity properties for Disorders of Consciousness (DOC) patients. These new metrics are defined over the 6-dimensional manifold of Symmetric Positive Definite matrices (SPD), and they are constructed using integrable systems with an adequate selection of a pair of differential 2-form and a Hamiltonian real-valued function, i.e., the choosing of a geometry and a metric of interest.

---

## DIVERSIDAD ESTRUCTURAL Y RUGOSIDAD: UNA REPRESENTACIÓN PERCEPTUAL PARA ACORDES MUSICALES

Santiago Angarita<sup>1</sup>, Francisco Gómez<sup>1</sup>, Andrés Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

hsangaritag@unal.edu.co

**Resumen.** Este artículo introduce un modelo para la representación de acordes musicales que extiende la teoría de conjuntos para clase de altura (PC-set), donde a diferencia del modelo clásico, conserva la calidad de los intervalos y adiciona una característica de 'rugosidad', proporcionando así una vectorización que tiene en cuenta la percepción sonora. Mediante un estudio sobre las 21 triadas de la escala mayor en Do, se compara una representación clásica con la propuesta, obteniendo como resultado mejoras significativas en la capacidad para diferenciar acordes y sus inversiones, competencia ausente en el modelo básico.

---

## THE NETWORKS ISSUE: EXPLORING GRAPH THEORY IN GAMES, SOCIETY NETWORKS AND GEOPOLITICS

Gabriel Suárez y Diego A. Muñoz

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN  
gasuarezr@unal.edu.co, damunozd@unal.edu.co

**Abstract.** In recent years, Graph theory has established itself as an important branch of mathematics due to its potential to model, study, and translate problems from different fields of knowledge into its own language. From Information Theory, Language Theory, Computer Science, to the study of Geopolitics itself, Graph Theory offers a framework powerful enough to capture and solve certain problems in a wide variety of fields. In this document, we aim to show how Graph Theory has potential to study *networks* such as games, society networks and Geopolitical phenomena. First, we explore how the game *rock, paper, scissors* can be viewed as a set equipped with a Cayley table (i.e. a binary operation) and at the same time can be viewed as a graph equipped with a set of nodes-relations. Then, we exhibit an advantage if we are analyzing *finite* games (that is, games with a finite set of relations and a finite set of parties inside the game): there is a natural way of establishing a *map* between the two perspectives mentioned; this *map* preserves the key information coded in each context (here, we avoid using Category Theory words by purpose, i.e., associativity does not always hold in the *candidate* categories). Then, we add a slight modification on the original game we know, in order to observe how can we *distinguish* parties from a game by using Graph Theory ideas. Then, we study a basic example of a society network where there are some parties (people tagged with letters) involved, together with some set of relationships, and we have the objective of knowing *who is the most desirable person to speak with*, based on the information given. The idea here is to think about how to use adjacency-incidence matrices, paths and cycles (all of this concepts from the graph theoretical perspective), in order to propose algorithms to *distinguish* the parties, given an attribute we are looking for. Finally, we study an example related to the field of Geopolitics: we take the geopolitical phenomena called *Land Grabbing*, do some brief context, and then proceed to translate some aspects of the phenomena into the language of Graph Theory. Unlike the exposed in the sections *Games and Society Networks*, some new constructions are needed, but at the end, we seek for the same research target: we build ideas to *distinguish* the parties involved in this scenario. At the end of the document, we propose some future research objectives such as dealing with *m-multiplex networks* in the mentioned scenarios and doing *Asymptotic Analysis* over the natural candidate algorithms we are seeking for.

---

## MODELO PARA ASIGNACIÓN DE COMPENSACIÓN A PERSONAL JEFE POR MEDIO DE CURVAS DE NIVEL

Adriana Camila Romero Alfonso<sup>1</sup>, Jorge Sanabria<sup>1</sup>, Santiago González Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FUNDACIÓN UNIVERSITARIA KONRAD LORENZ, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD CENTRAL  
adrianacamila2000@gmail.com

**Resumen.** El principal objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo que permita asignar bonos de compensación adicionales a jefes de área, según su desempeño y percepción del clima laboral del equipo de trabajo. Para esto, uno de los requerimientos es diseñar una clasificación óptima de modo que se asigna un mismo valor a todas las personas que se encuentren en el mismo grupo de clasificación. En este trabajo se acude al modelamiento de una función de dos variables para la creación de curvas de nivel debido a la cantidad de dichas variables. Para el desarrollo del modelo se elige una escala a la cual se reescalan los datos de la variable desempeño, la cual es cuantitativa, así mismo en esta escala se asignan valores discretos a la variable percepción del clima laboral, la cual es cualitativa. Posteriormente, se ajusta la función de

dos variables según los pesos de estas y se crean las curvas de nivel. Finalmente, la simulación del modelo se realiza en una primera fase generando datos de prueba los cuales son reescalados y finalmente agrupados en su respectiva área según lo defina las curvas de nivel y se le asigna el número de esta clasificación, entre mayor el número, mayor será el valor de bono asignado.

---

## MODELO GRÁFICO DEL CUBO RUBIK MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES ALGORITMOS EN MATLAB

Camilo Orduz Baez

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

corduzb@udistrital.edu.co

**Resumen.** En este trabajo se presenta una implementación computacional del famoso cubo Rubik utilizando la plataforma de programación Matlab R2023b. Esta implementación no solo se limita a la simple resolución del cubo, sino que también incluye la creación de diversos modelos gráficos que permiten un análisis profundo del comportamiento de varios algoritmos de solución del cubo Rubik. El objetivo principal es proporcionar una comprensión clara y completa de la estructura del cubo Rubik, así como también destacar la implementación personalizada desarrollada en Matlab. Finalmente, se realizan algunas simulaciones para visualizar los distintos algoritmos.

---

## MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE DIAPHORINA CITRI Y SU IMPACTO EN LOS BROTES DE CULTIVOS A LARGO PLAZO.

Naren Samir Herrera Erazo<sup>1</sup>, Juddy Heliana Arias Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE

naren.herrera@correounivalle.edu.co

**Resumen.** Uno de los desafíos más significativos que enfrenta la industria cítrica mundial actualmente es la presencia del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama). Este diminuto insecto plaga es el portador de la enfermedad Huanglongbing (HLB), la cual provoca daños directos e indirectos en las plantas, ocasionando pérdidas millonarias para la industria. La propagación a nivel mundial de *Diaphorina citri* ha sido sostenida; en Colombia su presencia fue advertida en el año 2007, aunque aún el 90% de las áreas productoras de cítricos se encuentran libres de HLB.

Este póster tiene como objetivo principal abordar la interacción entre *Diaphorina citri* y los cultivos de cítricos teniendo en cuenta el ciclo de brotación de la planta a largo plazo, planteando un modelo matemático basado en un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias. Posteriormente se realizará un análisis cualitativo del sistema, junto con algunas simulaciones numéricas. Lo anterior, proporcionará información valiosa para el desarrollo de estrategias de manejo y control del psílido asiático de los cítricos, con el fin de mitigar su impacto en la industria cítrica colombiana.

---

## LA TRANSFORMACIÓN DE FOURIER FRACCIONARIA COMO UNA NUEVA HERRAMIENTA EN EL ESPACIO DE MINKOWSKI

Pedro Jose Albarracin Vargas<sup>1</sup>, Yezid Torres Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
pedro2228083@correo.uis.edu.co

**Resumen.** La transformación de Fourier ha sido estudiada usualmente como una representación de las señales en el dominio de las frecuencias, ya sea temporal o espaciales. En investigaciones recientes, se ha apropiado la transformación en estas componentes, especialmente en un espacio que describe a eventos o señales que satisfacen las transformaciones de Lorentz, que dependen tanto del tiempo como de sus coordenadas espaciales, es decir, descritas en el espacio de Minkowski. Aquí, se introduce la transformación de Fourier fraccionaria en  $n$  dimensiones para funciones que satisfacen la invariante de Lorentz, con el propósito de ampliar lo conocido en el área de la transformación de Fourier estándar y así, extender los resultados al dominio de la transformación de Fourier de orden fraccional, se estudian los espectros fraccionarios de fase y amplitud para estas funciones bajo el diagrama de Minkowski. De lo anterior, se muestran algunos ejemplos sencillos en donde se evidencien los resultados para el espacio de Minkowski en su representación de Fourier fraccionaria.

---

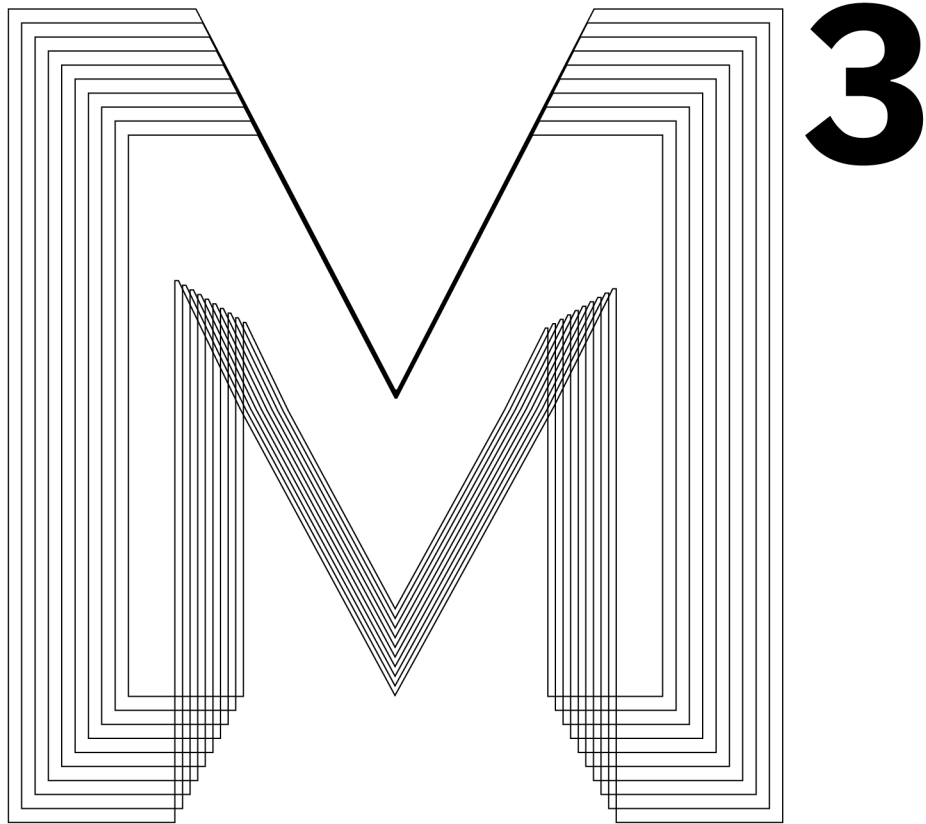
## MEJORA DE LA EFICIENCIA EN URGENCIAS: SIMULACIÓN DE MONTECARLO PARA LA ÓPTIMA ASIGNACIÓN DE PERSONAL

Santiago González Cruz<sup>1</sup>, Jorge Andres Sanabria Forero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD CENTRAL, <sup>2</sup>FUNDACION UNIVERSITARIA KONRAD LORENZ  
santiago150720@gmail.com

**Resumen.** Este proyecto abarca la implementación de la simulación de Montecarlo con el objetivo de examinar el procedimiento de atención a pacientes en el entorno de urgencias para adultos. Esta técnica permite modelar con precisión las variables clave del proceso, como la llegada de pacientes, tiempos de espera y escenarios de alta demanda. El propósito central es determinar la cantidad ideal de personal en la ventanilla de atención en diferentes momentos del día, dada la variabilidad en la llegada de pacientes y la complejidad de las emergencias. Es vital calcular adecuadamente los recursos humanos para garantizar una atención eficaz. La simulación se realizará usando datos históricos y parámetros específicos del área de urgencias para adultos, generando escenarios hipotéticos. Se explorarán distintas configuraciones de personal en la ventanilla para identificar la que mejor equilibre capacidad de respuesta y eficiencia en el uso de recursos. Además, se ha llevado a cabo un análisis exploratorio de datos para comprender los patrones de afluencia de pacientes. Este análisis ha revelado los días de mayor demanda, diferenciando entre días hábiles y no hábiles, así como las horas del día con menor y mayor número de ingresos. Esta información es crucial para ajustar la planeación de recursos y asegurar que la asignación de personal en la ventanilla de atención sea la más adecuada para cada período específico. Los hallazgos de la simulación de Montecarlo, complementados con el análisis exploratorio, proporcionarán bases sólidas para recomendar cómo asignar de manera óptima el personal en la ventanilla de atención, mejorando así la calidad del servicio en el departamento de urgencias.

---



# Analítica de datos

---

## APRENDIZAJE SUPERVISADO Y NO SUPERVISADO EN GRAFOS USANDO KERNELS Y LSH

Carenne Ludena<sup>1</sup>, Ma. De Los Ángeles González<sup>2</sup>, Gibrán Otazo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MATRIX CPM SOLUTIONS, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL NORTE, <sup>3</sup>BVVA MÉXICO  
cludena@matrixcpmsolutions.com

**Resumen.** La aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado en espacios de alta dimensión, tal como los grafos, puede ser un problema desafiante y típicamente requiere de algún esquema de vectorización. En esta charla se discutirán algunos resultados recientes de los autores en los que se propone el uso de algoritmos de hashing sensitivo a localidad (LSH) basado en proyecciones. Esto permite trabajar directamente en el espacio original provisto de un producto interno o análogamente por un Kernel positivo definido, sin necesidad de vectorizar. Las aplicaciones consideradas incluyen la construcción de un método de clasificación de grafos usando máquinas de soporte vectorial sobre muestras "inteligentes" y la clusterización jerárquica usando el LSH para cálculo de distancias. En ambos casos se obtienen resultados en tiempos significativamente menores, sin pérdida significativa de efectividad. Los métodos propuestos son altamente paralelizables por construcción, adaptándose a su puesta en marcha sobre esquemas distribuidos tal como Apache Spark.

---

## CLUSTERING BASADO EN ANÁLISIS DE REDES PARA EVALUAR LAS DISRUPCIONES DEBIDAS AL COVID EN EL SISTEMA TRANSMILENIO

Laura Lotero<sup>1</sup>, Juan David García Arteaga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLIN

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ

llotero0@unal.edu.co

**Resumen.** Analizamos el caso de TransMilenio en Bogotá, durante el primer año de pandemia por covid-19, con base en un conjunto de datos actualizados diariamente con la información de validación de tarjetas de pasajeros (la hora de entrada, la estación de entrada y un identificador único de la tarjeta). La oportunidad de tener información diaria detallada sobre el número de pasajeros minuto a minuto y el desafío de extraer información útil de la enorme y variable cantidad de datos sin procesar requieren el desarrollo de enfoques de analítica de datos. Nuestro objetivo es utilizar la representación natural de la movilidad urbana que ofrecen las redes para realizar mediciones de similitud cuantitativa por pares entre los patrones de desplazamiento diario y luego utilizar técnicas de clustering para revelar alteraciones de comportamiento. Este método demostró ser eficiente para el análisis de grandes cantidades de datos y puede usarse en el futuro para realizar análisis temporales de conjuntos de datos igualmente grandes en contextos urbanos.



## DESVELANDO LO INVISIBLE: PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINAS EN MICROSCOPIA Y BIOLOGÍA

Manuel Guillermo Forero Vargas

UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ  
manuel.forero@unibague.edu.co

**Resumen.** En esta conferencia se presentarán de manera rápida algunos de los resultados más recientes del Semillero Lún en microscopía y biología empleando técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje de máquinas destacando su papel en la mejora del análisis de imágenes microscópicas y biológicas, extracción de información significativa y su uso en investigación en medicina y biología, en particular para el entendimiento de la génesis del cerebro y en la evaluación de medicamentos, entre otras aplicaciones.

---

## EL USO DE TEORÍA FORMAL DE CONCEPTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE PALABRAS CLAVE

Abel Alvarez Bustos<sup>1</sup>, Carlos Ernesto Ramirez Ovalle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA JAVERIANA CALI  
abel.alvarez@javerianacali.edu.co

**Resumen.** La literatura científica crece exponencialmente cada año, lo que ha llevado a la publicación de cientos de miles de artículos científicos en todas las áreas del conocimiento. Esta cantidad de información supera las capacidades de búsqueda y clasificación humanas; por tanto, se requiere contar con herramientas eficientes para clasificar, interpretar, y comprender este tipo de información. En la actualidad, la extracción de palabras clave, que es un proceso que extrae las palabras más relevantes de un texto, es una herramienta esencial para caracterizar y extraer información de un texto. La importancia de esta tarea en las disciplinas sociales es relevante, puesto que en estas áreas se presentan dificultades metodológicas, como la existencia de conceptos difusos o subjetivos, es decir, cada concepto es estudiado a partir de la experiencia y vivencias de cada autor o investigador, por tanto, identificar las estructuras discursivas fundamentales es un proceso esencial para conocer todas las aristas de un concepto expuesto en la literatura científica. De esta forma, nuestro proyecto de investigación tiene como objetivo extraer palabras clave de documentos científicos relacionados con una idea o concepto concreto y a su vez, agruparlas de tal modo que formen unidades semánticas. Esto permite obtener de forma sistemática una agrupación significativa de palabras claves, que revelan las ideas fundamentales subyacentes de una temática y la caracterizan permitiendo que un investigador capture los conceptos fundamentales presentes en una bolsa de artículos que son de su interés de investigación.

---

## MEJORA DEL CONTRASTE LOCAL EN IMÁGENES DIGITALES MEDIANTE UNA TRANSFORMACIÓN TANGENTE HIPERBÓLICA MODIFICADA SINTONIZABLE

Camilo Eduardo Echeverry Naranjo<sup>1</sup>, Manuel Guillermo Forero Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ  
camiloceen@gmail.com

**Resumen.** El bajo contraste es un problema común en el análisis de imágenes, especialmente en imágenes médicas o imágenes con áreas de alta saturación. Para solucionar este problema, desarrollamos una transformación analítica no lineal para mejorar localmente el contraste en imágenes digitales. La transformación modifica la función tangente hiperbólica con dos parámetros: uno controla las intensidades de los píxeles a modificar y el otro la mejora de contraste deseada. Esta transformación no lineal supera a los métodos tradicionales de modificación del histograma, como la ecualización y la especificación del histograma, sin aumentar la complejidad computacional. Los resultados muestran una mejora del contraste en la región de interés seleccionada por el usuario sin producir artefactos debido a la suavidad de la función de transformación propuesta.

---

## IMPACTO DEL ENTORNO SOCIAL EN LA INCIDENCIA DE DELITOS SEXUALES EN COLOMBIA

David Andres Cifuentes Valero

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
cifu269@gmail.com

**Resumen.** Este artículo examina la relación entre algunos elementos del entorno, los cuales son posibles de cuantificar en Colombia, y la incidencia de violencia sexual, utilizando datos del "DANE", "Dirección de Seguridad Ciudadana", "Policía Nacional" y "Ministerio de Educación Nacional". Se investiga si factores como la densidad de población, la educación, y la presencia de instituciones policiales y educativas están asociados con niveles más altos o más bajos de violencia sexual en las comunidades o si es posible hacer una aproximación de los subregistros existentes basado en recopilación de datos de departamentos con procesos más confiables. Los resultados sugieren que existe una correlación entre las variables explicativas y la variable estudiada usando esta correlación y basándose en diversos estudios donde se estudian los subregistros y usando los datos se logra construir un modelo que aproxima esta cantidad de subregistros y registros reales por departamento en Colombia.

---

## ANÁLISIS CUANTITATIVO-CUALITATIVO DE LA POROSIDAD EN LA ALEACIÓN ALSI10MG MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA

Edwin G. Castro<sup>1</sup>, Carolina Ortega-Portilla<sup>2</sup>, Jeferson F. Piamba<sup>1</sup>, Manuel G. Forero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

<sup>2</sup>CONAHCYT-CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL  
2420162005@estudiantesunibague.edu.co

**Resumen.** En el ámbito del procesamiento digital de imágenes, la detección de porosidad en la aleación de aluminio (AlSi10Mg) es esencial para su evaluación. Este estudio se enfoca en la combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos para analizar la porosidad mediante imágenes de tomografía. Se utilizan piezas impresas con tecnología de fusión de cama de polvo con láser, y se adquieren conjuntos de imágenes mediante tomografía de rayos X. Se desarrollan métodos de procesamiento de imágenes para la identificación y caracterización de la porosidad en el material. El trabajo incluye técnicas como la reconstrucción morfológica en escala de grises para detectar características específicas y la umbralización de imágenes para la segmentación de poros. Se presentan resultados detallados y conclusiones que subrayan la importancia de combinar métodos numéricos y análisis cualitativos en el estudio de la porosidad en aleaciones de aluminio. Este proyecto representa una contribución significativa al campo de la ingeniería, ofreciendo un enfoque completo y profundo para el análisis de la porosidad en tales aleaciones, mediante el uso de avanzadas técnicas de procesamiento de imágenes de tomografía.

## EXPLICABILIDAD DE REDES NEURONALES MEDIANTE EL USO DE GRADCAM

Franz López Arredondo<sup>1</sup>, Juan Felipe Camargo Espinosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

2420191051@estudiantesunibague.edu.co

**Resumen.** El GRAD-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) es una herramienta de visualización utilizada para comprender cómo las redes neuronales convolucionales (CNN) toman decisiones. Proporciona una representación detallada, mediante un mapa de calor, de las áreas en las que la red focaliza su atención durante la predicción, revelando qué partes específicas de la imagen influyeron más en dicha predicción. En este trabajo, presentamos una metodología enfocada en la aplicación del Grad-CAM en una base de datos diversa que abarca archivos de tumores pituitarios, meningiomas, imágenes sin tumor y gliomas. En nuestro estudio, evaluamos distintas variantes del Grad-CAM junto con diferentes arquitecturas de CNN, como ResNet y EfficientNet. Nuestro objetivo es comprender cómo cada versión del Grad-CAM resalta las características distintivas de los diferentes tipos de tumores cerebrales en las imágenes de resonancia magnética. Además, exploramos formas de mejorar la interpretación del Grad-CAM mediante la combinación de información proveniente de múltiples capas de la red neuronal. Al integrar la información de atención de diversas capas, buscamos ofrecer una representación más completa de las regiones de interés en las imágenes de resonancia magnética, lo que facilitaría la identificación precisa de los tumores. Nuestros resultados preliminares son prometedores, mostrando el potencial del Grad-CAM para mejorar la detección de tumores cerebrales. Sin embargo, nos encontramos en las primeras etapas de nuestro estudio y planeamos continuar refinando nuestras técnicas y evaluando su eficacia en conjuntos de datos más extensos. Nuestro objetivo final es contribuir a mejorar la precisión y la comprensión de los sistemas de diagnóstico asistidos por computadora en el campo de la neuroimagen médica.

*Palabras clave:* GRad-Cam, Detección de tumores, Base de datos de tumores cerebrales, Mapa de calor, Arquitecturas de CNN, Variantes de Grad-CAM

## MODELAMIENTO ESTADÍSTICO 3D DEL FRUTO DEL AGUACATE PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN EN EL PROCESO DE EXPORTACIÓN

Heber Ivan Mejia Cabrera<sup>1</sup>, Victor Alexci Tuesta Monteza<sup>1</sup>, Manuel Guillermo Forero Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN  
hmejiac@uss.edu.pe

**Resumen.** La conservación de alimentos mediante refrigeración o congelación es una práctica indispensable para garantizar la calidad de los productos durante su transporte, especialmente cuando se trata de envíos internacionales hacia los consumidores finales. Sin embargo, el empleo de estos métodos puede tener repercusiones en las características organolépticas y la calidad de los alimentos, lo que plantea un desafío para la industria agroalimentaria. En este contexto, es esencial evaluar minuciosamente las particularidades de los alimentos y las condiciones de los sistemas de frío con el objetivo de optimizar su utilización y reducir al máximo su impacto en la calidad del producto. En la industria agroalimentaria, el ahorro energético y la preservación de la calidad son aspectos cruciales que requieren una atención especial. Para lograrlo, es fundamental ajustar los cálculos de las necesidades de refrigeración a las particularidades de cada producto. La forma del alimento desempeña un papel fundamental en el proceso de enfriamiento. Aunque se han desarrollado modelos basados en formas geométricas simples, como elipses o cilindros, éstos no resultan adecuados para productos con formas irregulares, como el aguacate. Es por ello que se requiere de métodos más precisos para modelar la transferencia de calor durante el enfriamiento de estos alimentos. En este contexto, un nuevo enfoque se presenta en este trabajo para obtener la forma real del aguacate en tres dimensiones. Este método se basa en el uso de imágenes de tomografía axial computarizada, lo que permite una representación más precisa de la estructura del aguacate y, por ende, una mejor modelación de la transferencia de calor durante su enfriamiento. Para llevar a cabo este estudio, se estableció un protocolo para la adquisición de imágenes de tomografía del aguacate. Estas imágenes fueron procesadas utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes para obtener los contornos y la ubicación precisa de la pepa, pulpa y cáscara. Estos datos fueron luego utilizados para realizar un análisis estadístico y construir un modelo estándar que permita estimar el tamaño y la ubicación de los distintos componentes del aguacate. Además, se tomaron fotografías de los aguacates en diferentes ángulos y se procesaron para calcular la simetría y obtener la silueta de la fruta. Estas imágenes se fusionaron con las imágenes de tomografía, lo que permitió una representación más precisa de la forma del aguacate en tres dimensiones. Uno de los hallazgos más importantes de este estudio es que el aguacate puede ser representado mediante un modelo simétrico, lo que significa que una sola fotografía es suficiente para reconstruir su modelo tridimensional. Este modelo puede ser utilizado para calcular la temperatura de enfriamiento adecuada para el transporte de la fruta, lo que contribuye a una mejor conservación de su calidad durante el proceso logístico hasta llegar al consumidor final.

## UNA CONEXIÓN ENTRE LOS AUTÓMATAS FINITOS Y LOS ÁRBOLES BINARIOS

Juan José Alegría<sup>1</sup>, Diego Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
jjalegriae@unicauca.edu.co

**Resumen.** Las estructuras de datos y los autómatas son unos de los pilares fundamentales de las ciencias de la computación, razón por la cual este trabajo pretende evidenciar una conexión directa entre estos dos conceptos y proponer una manera de reinterpretar los recorridos en los árboles binarios usando el lenguaje derivado de la conexión entre los autómatas y las estructuras de datos tipo árbol binario.

---

## A GRAPH-BASED CLUSTERING ALGORITHM FOR SINGLE CELL DATA USING LOCAL INTRINSIC DIMENSION

Melissa Robles<sup>1</sup>, Jorge Duitama<sup>1</sup>, Adolfo Quiroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
melissa.robles07@gmail.com

**Abstract.** Clustering of Single Cell sequencing data is crucial for analyzing the gene expression in different cellular types within a tissue. However, the complexity introduced by high dimensionality, noise, and data sparsity presents a challenge to conventional methods. In this article, we introduce a novel graph-based clustering approach using pairwise Pearson similarity and intrinsic dimension estimation. Our algorithm demonstrates high accuracy in simulated datasets, suggesting its potential utility for identifying cellular types in real datasets.

---

## UN ACERCAMIENTO A QUANTUM MACHINE LEARNING

Sebastián Montoya Caicedo<sup>1</sup>, Sergio Andrés Puerto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNAL MEDELLIN  
spuertor@unal.edu.co

**Resumen.** Este artículo presenta una vista sobre el fascinante campo de las redes neuronales cuánticas, explorando el viaje histórico y desarrollo desde sus raíces en la teoría mecanocuántica, hasta las innovaciones más recientes que están transformando la forma en que comprendemos la información y abordamos problemas complejo; destacamos las potenciales aplicaciones, desde idear soluciones en campos como la medicina, hasta ciberseguridad; además, examinamos el estado del arte en cuanto a algoritmos y arquitecturas de redes neuronales cuánticas, así como los desafíos y oportunidades que enfrenta este campo de investigación. Resumimos una pequeña sección del panorama empresarial en computación cuántica, presentando algunas de las empresas que están impulsando la investigación y el desarrollo aplicativo. En conjunto, este artículo tiene como objetivo proporcionar una introducción accesible y perspicaz a las redes neuronales cuánticas, brindando contexto sobre su relevancia en el panorama actual y su potencial a futuro.

---

## DATOS, NO OPINIONES, ¿CÓMO LA ANALÍTICA DE DATOS JUNTO CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL HA IMPACTADO EN EL MODELO DE NEGOCIO DE MASSEQ?

Javier Sleyner Pardo Barrero<sup>1</sup>, Ana Victoria Perdomo Fajardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MASSEQ PROYECTOS E INGENIERIA SAS  
innovacion@masseq.co

**Resumen.** Maseq Proyectos e Ingeniería es una compañía civil, originaria de Tesalia, Huila, dedicada a la construcción de infraestructura y mantenimiento de vías. Cuenta con más de 10 años de experiencia en el mercado regional y nacional. La gran ventaja competitiva es contar con toda la cadena de valor, desde el proceso de extracción, transformación de materiales, hasta la instalación de los mismos. Adición a ello, la toma de decisiones basada en información ha sido su gran diferencial en el sector, pues desde su creación ha perfeccionado el modelo de negocio de la mano con la Analítica de datos aplicada a cada uno de los procesos; lo que ha permitido a su vez, la implementación y creación de modelos con Inteligencia Artificial ajustadas a la realidad de la compañía, teniendo como base la información ya estructurada. De esta manera ha sido posible mejoras considerables que impactan positivamente a la optimización en las diferentes áreas, como lo es la reducción del cinco por cien (5

---

## MODELO DE ANALÍTICA PARA PREDECIR EL PORCENTAJE DE SACAROSA EN CAÑA DE AZÚCAR UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Paula Marcela Valencia Ramirez

PROVIDENCIA  
pvalencia@providenciaco.com

**Resumen.** La sacarosa es uno de los indicadores más importantes en la rentabilidad final de los ingenios azucareros colombianos, por lo tanto, su entendimiento y pronóstico son fundamentales para el negocio. En este trabajo se formula una propuesta sobre un modelo de analítica, que permita predecir el porcentaje de sacarosa a partir de los datos históricos de haciendas cosechadas mecánicamente, con el objetivo de conocer el valor numérico de la sacarosa para cada mes de molienda y poder planear la producción de azúcar mensual y anual. En cuanto a la selección de las variables predictoras para la construcción del moldeo se aplicó el método de regularización de Lasso. Las variables más importantes para la creación del modelo fueron las lluvias acumuladas a partir de los 10 meses de edad del cultivo, las semanas de maduración, la materia extraña y el porcentaje de Diatraea. Con respecto a la creación del modelo se empleó el algoritmo XGBoost para realizar la predicción numérica de la variable porcentaje sacarosa. Para validar el modelo se usó el 30

---

## PRÓTESIS BIÓNICAS DE BRAZO EN MUJERES A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS

Laura Manuela Orjuela Hernández<sup>1</sup>, Isnardo Arenas Navarro<sup>1</sup>, María Isabel Romero Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
est.laura.orjuela2@unimilitar.edu.co

**Resumen.** La construcción de una prótesis biónica implica la implementación de un sistema que pueda asistir en las actividades diarias del usuario, garantizando la integración de su cuerpo tanto en su apariencia antropomorfa como en su activación y proporcionando a su vez comodidad y versatilidad. Garantizar que el dispositivo responda correctamente al usuario, implica que se pueda responder a una variedad de movimientos. Para la recolección de datos se usó una muestra poblacional de 12 mujeres en edades entre 18 y 67 años. Las señales fueron recopiladas mediante electromiografía superficial ubicando los electrodos sobre el Bíceps braquial y fueron caracterizadas mediante transformada rápida de Fourier (FFT). Con el estudio realizado se identificaron nodos de frecuencia comunes en las muestras realizadas, lo que posibilitaría la caracterización genérica de lecturas en dispositivos de activación electromiográfica de acuerdo a los movimientos realizados por el usuario.

---

## DEADEASY ADULT: CONTEO AUTOMATIZADO DE NEURONAS EN EL CEREBRO DE DROSOPHILA ADULTA UTILIZANDO IMÁGENES DE MICROSCOPIA CONFOCAL 3D

Manuel Guillermo Forero Vargas<sup>1</sup>, Sergio Luis Alejandro Miranda Rojas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ  
slam.miranda1@gmail.com

**Resumen.** En la investigación sobre la regulación del número de células en organismos adultos, se destaca el uso de modelos animales como *Drosophila melanogaster*. Estos modelos, debido a su rápido crecimiento, cerebro compacto y facilidad de manipulación genética, son útiles para estudiar enfermedades como el cáncer y trastornos neurodegenerativos. Sin embargo, el recuento celular en el cerebro de estas moscas a menudo se dificulta por la densidad celular en las imágenes de microscopía confocal. Para abordar este desafío, se propone un método innovador llamado DeadEasyAdult, que combina geometría y momentos estadísticos para segmentar las células apiñadas. El proceso de división de agrupaciones celulares mediante momentos estadísticos comienza con la toma de una imagen 3D etiquetada, donde cada región se identifica mediante conectividad 6. Luego, se emplean momentos estadísticos hasta de segundo orden para aproximar cada agrupación celular un elipsoide. Los momentos se calculan para encontrar los parámetros del elipsoide que mejor se ajusta a cada agrupación, permitiendo su división en células individuales. Se utilizan técnicas como la obtención de los valores propios y vectores singulares de la matriz de covarianza de cada objeto para determinar los semiejes y ángulos de rotación del elipsoide. Para decidir si una agrupación es divisible en células individuales, se evalúan parámetros como el rango del diámetro celular y las longitudes de los semiejes del elipsoide. Si se cumplen ciertas condiciones, la agrupación se divide en partes más pequeñas. Para determinar el número y la ubicación de los cortes necesarios para dividir la agrupación, se calcula el diámetro óptimo de las células dentro de la agrupación. Luego, se trazan planos en el espacio tridimensional que pasan por los puntos de intersección de estos cortes, dividiendo así la agrupación en células individuales. Además, se implementa una combinación de filtros para eliminar eficientemente el ruido de las imágenes. Los resultados del método son prometedores. En volúmenes 3D de al menos 100 x 100 x 196 imágenes, se logra identificar células con un error relativo porcentual máximo de 1.47

---

# Aprendizaje profundo

---

## CURTAINING ARTIFACTS GENERATION ON SYNTHETIC FIB-SEM DATA VIA GANS

Diego Gerardo Roldan<sup>1</sup>, Luis Alejandro Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTA.

<sup>2</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTA.

dgroldanj@gmail.com

**Abstract.** FIB-SEM imaging stands out as an advanced method for capturing nanoscale structures. Throughout the image acquisition process, various artifacts emerge, including curtain artifacts. Effectively addressing these artifacts requires specialized algorithms tailored to their unique characteristics. Consequently, the development of algorithms demands simulated images used as benchmarks for validation. Simulating FIB-SEM images is a complex task, prompting the exploration of generative models as an alternative for simulation. We have adapted one such generative model to encompass curtaining artifacts, a feature challenging to replicate through conventional simulations. The resulting images demonstrate comparability with synthetically generated counterparts.

---

## INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS GENERATIVOS

Freddy Hernández<sup>1</sup>, Francisco Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

fagomezj@gmail.com

**Resumen.** Los modelos generativos están revolucionando la forma en que interactuamos con los datos y abren nuevas posibilidades para la innovación en múltiples campos. Un modelo generativo aprende a capturar las distribuciones estadísticas de los datos de entrenamiento y utiliza este conocimiento para generar nuevos datos que parecen ser parte del conjunto original. Su capacidad para generar datos nuevos y útiles los convierte en una herramienta valiosa en la era de la inteligencia artificial. En esta charla se realizará una introducción a los fundamentos de los modelos generativos, algunas de sus aplicaciones, retos y oportunidades.

---



## TABULA RASA MACHINAE: EXPLORANDO MECANISMOS NO SUPERVISADOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN IMÁGENES MÉDICAS

David Romo Bucheli

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

deromob@uis.edu.co

**Resumen.** El aprendizaje automático ha revolucionado la identificación de patrones en imágenes durante las últimas dos décadas. Hemos pasado de un mundo donde la percepción, reconocimiento, e interpretación visual semántica eran características exclusivas de los seres humanos, a otro donde la interpretación exhaustiva de las máquinas promete nuevas perspectivas. Sin embargo, estos avances se han basado principalmente en el uso de redes neuronales profundas y en un paradigma que requiere una gran cantidad de ejemplos anotados: el aprendizaje automático supervisado. Aunque este enfoque es efectivo, presenta limitaciones en áreas como las imágenes médicas, donde obtener anotaciones curadas es sumamente costoso y demanda una gran cantidad de tiempo. Además, este tipo de aprendizaje puede llevar al sobreajuste de los modelos, causando una pérdida significativa de desempeño en imágenes cuyas características visuales difieren de las utilizadas en el entrenamiento. A pesar de que las bases de datos son cada vez más completas e intensivas, sigue siendo relevante explorar si existen métodos de aprendizaje más eficientes y con mejor capacidad de generalización. De esta manera, los mecanismos no supervisados de aprendizaje automático surgen como una potencial solución, al buscar representaciones que emerjan directamente de la estructura de los datos en el espacio multidimensional, y que prometen una robusta generalización a imágenes fuera de la distribución. En esta presentación, se propone realizar una exploración de los mecanismos de aprendizaje no supervisado que han sido explorados en la actualidad, y se discutirá las perspectivas que tienen en el campo de las imágenes médicas.

---

## EQUILIBRIO DE CLASES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CÁNCER DE PIEL MEDIANTE INTRODUCCIÓN DE RUIDO GAUSSIANO

Carlos Vicente Niño Rondón<sup>1</sup>, Sergio Alexander Castro Casadiego<sup>1</sup>, Manuel G. Forero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

carlosvicentenr@ufps.edu.co

**Resumen.** El cáncer de piel es una enfermedad prevalente a nivel mundial, con diversas manifestaciones que requieren una detección temprana y precisa. En este contexto, el uso de herramientas de diagnóstico asistido por computador (CAD) basadas en aprendizaje automático ha emergido como una estrategia prometedora. Sin embargo, el desbalanceo de clases en conjuntos de datos, como el HAM10000, presenta desafíos significativos en la clasificación del cáncer de piel. Para abordar este problema, se investigó el efecto del sobremuestreo mediante la introducción de ruido gaussiano. Este método, que consiste en la adición de ruido aleatorio a las imágenes, busca mejorar la robustez del modelo y su capacidad para generalizar datos no vistos. Se realizaron análisis estadísticos, incluyendo el análisis de componentes principales (PCA) y la estimación de densidad mediante curvas de Kernel (KDE), para evaluar la efectividad del aumento de datos. Los resultados revelaron una mejora sustancial en la precisión del modelo de clasificación, así como una reducción en la discrepancia entre los conjuntos de entrenamiento y prueba, lo que indica una mejor generalización del modelo. El análisis estadístico confirmó que el aumento de datos mediante introducción de ruido amplió la variabilidad de los datos, manteniendo la información esencial de las clases originales. En resumen, este estudio demuestra la viabilidad y efectividad del sobremuestreo con introducción de

ruido para mejorar el rendimiento de los modelos de clasificación de cáncer de piel, lo que podría tener implicaciones significativas en la detección temprana y precisa de esta enfermedad.

---

## DETECCIÓN DE FIBROSIS PRODUCIDA POR NEUROCISTICERCOSIS MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA.

Darwin Herran<sup>1</sup>, Camila Lopez<sup>1</sup>, Manuel Forero<sup>1</sup>, Laura Baquedano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUE

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

2420191021@estudiantesunibague.edu.co

**Resumen.** La neurocisticercosis, una enfermedad parasitaria que afecta tanto a los cerdos como a los humanos, representa un desafío significativo para la salud pública al comprometer el sistema nervioso central. La fibrosis, una secuela común de esta enfermedad, puede desencadenar daños neurológicos considerables. Este artículo propone un método automatizado para la detección y segmentación de fibrosis en tejido cerebral porcino, con el objetivo de facilitar la investigación en el desarrollo de nuevos tratamientos y avances para la enfermedad. El método se basa en técnicas de procesamiento digital de imágenes (PDI) y aprendizaje automático (AA). Específicamente, se utilizan modelos de segmentación semántica con diversas arquitecturas neuronales para lograr una detección precisa y eficiente, el rendimiento de las arquitecturas se evalúa mediante métricas como funciones de pérdida, precisiones, intersección sobre la unión y coeficiente de Dice. Finalmente se realiza un análisis exhaustivo de la robustez y la capacidad de generalización del método mediante experimentos rigurosos y validación cruzada. Este enfoque tiene como objetivo facilitar la investigación para el desarrollo de nuevos medicamentos y avances en el tratamiento de la neurocisticercosis.

---

## MODELOS ESPACIALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

Edier Aristizábal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLIN

evaristizabal@unal.edu.co

**Resumen.** Los movimientos en masa son uno de los fenómenos de origen natural con el mayor número de pérdidas humanas y económicas alrededor del mundo. La evaluación de la susceptibilidad se define como la estimación de la probabilidad espacial de ocurrencia de un movimiento en masa en un área específica, fundamental para el ordenamiento territorial. Existen en la reciente literatura un amplio rango de algoritmos de Inteligencia Artificial con aproximaciones diversas para establecer la relación entre variables predictoras y la ocurrencia de movimientos en masa. Desde modelos paramétricos lineales que mantienen niveles de interpretación altos, hasta modelos no paramétricos y no lineales altamente complejos en su interpretación física. Sin embargo, existen aún retos en los modelos basados en datos. Entre ellos se destacan el desbalance entre las clases afectadas por movimientos en masa y las no afectadas, la inclusión de la estructura espacial de los datos explícitamente en el modelo, y la validación de los resultados. En el presente trabajo se hace un recorrido por los modelos matemáticos disponibles en la modelación de la susceptibilidad por movimientos en masa, y los actuales retos a los que se enfrentan los pronósticos y sistemas de alerta por fenómenos originados en la naturaleza

---

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO BASADO EN ALGORITMOS GENÉTICOS

Felipe Merino Toro<sup>1</sup>, Daniel Cabarcas Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN  
fmerino@unal.edu.co

**Resumen.** En este trabajo se presenta el diseño de un circuito lógico, cuya topología es definida a través de un proceso de optimización llevado a cabo por un algoritmo genético con el propósito de obtener un jugador de tic-tac-toe óptimo. Para lograr este objetivo, el proceso de optimización es llevado a cabo por un algoritmo genético simple, y el problema se plantea como un problema de maximización. Dado un circuito lógico y un conjunto de pesos de carácter booleano en sus vértices, se busca optimizar el rendimiento del circuito lógico visto como jugador de tic-tac-toe a través de la optimización de los pesos que definen su topología, donde cada conjunto de pesos define una configuración única y por ende un circuito único. El algoritmo genético toma como individuos de su población, estos conjuntos de pesos. El diseño del algoritmo genético implica la evaluación de diversas configuraciones de circuitos lógicos, funciones objetivo y modelos de entrenamiento. Los resultados presentados exhiben un conjunto óptimo de estas configuraciones, así como un análisis del mejor jugador obtenido.

---

## MEJORA DE LA DETECCIÓN DE ATAQUES DDOS MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Fray Luis Becerra Suarez<sup>1</sup>, Ismael Fernández Román<sup>1</sup>, Manuel Guillermo Forero Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUE  
bsuarezf@uss.edu.pe

**Resumen.** La detección temprana y precisa de ataques de denegación de servicio distribuido (DDoS) constituye un área fundamental de investigación para salvaguardar la integridad y funcionalidad de los ecosistemas digitales de las organizaciones. A pesar de la creciente importancia de las redes neuronales en los últimos años, el uso de técnicas clásicas sigue siendo relevante debido a su interpretabilidad, velocidad, eficiencia de recursos y rendimiento satisfactorio. En este artículo se presentan los resultados del análisis comparativo de seis técnicas de aprendizaje automático, a saber, Random Forest (RF), Decision Tree (DT), AdaBoost (ADA), Extreme Gradient Boosting (XGB), Perceptron Multicapa (MLP) y Red Neuronal Densa (DNN) para clasificar ataques DDoS. Se utilizó el conjunto de datos CICDDoS2019, que fue sometido a un preprocesamiento de datos para eliminar valores atípicos y se seleccionaron 22 características utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. El clasificador RF obtuvo la mejor tasa de exactitud (99.97)

---

## MODELO DE ASIGNACIÓN AUTOMÁTICA DE TÓPICOS ACADÉMICOS BASADO EN BERT SENTENCE

Juan D. García-Arteaga<sup>1</sup>, Julian Santiago Martínez Moya<sup>1</sup>, Edgar Babativa Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

judgarciaar@unal.edu.co

**Resumen.** En el presente artículo proponemos una metodología basada en BERT, un modelo de lenguaje masivo o LLM por sus siglas en inglés (*Large Language Model*) para descubrir grupos naturales, segmentando de manera no supervisada de acuerdo a los tópicos en los cuales trabajan. Se utilizará como entrada los resúmenes de las publicaciones hechas por los profesores que colaboran con el Centro de Excelencia en Computación de Científica de la Universidad Nacional y se buscará hacer un *embedding* que proyecte cada documento a un espacio en el que su posición y relación con los otros documentos tenga un significado semántico. Los datos sobre las publicaciones se extrajeron con la ayuda del Proyecto Horus: Sistema de Visualización de la capacidad investigativa y producción científica de la Universidad Nacional de Colombia.\*

\*<https://horus.unal.edu.co/>

---

## SOLVING ELIPTIC PDES ON POLYGONAL DOMAINS USING NEURAL NETWORKS

Manuela Bastidas<sup>1</sup>, David Pardo<sup>2</sup>, Jamie Taylor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO, <sup>3</sup>CUNEF UNIVERSIDAD

mbastidaso@unal.edu.co

**Abstract.** The Deep Fourier Residual (DFR) method is a specific case of Variational Physics-Informed Neural Networks in which the loss function is an approximation of the dual norm of the PDEs weak-residual. For many well-posed problems, the dual norm of the weak-residual corresponds directly to the energy norm of the error. Therefore, this loss function ensures that reducing the loss during the training of a NN corresponds to reducing the error in the solution at the same rate. The DFR method was proposed for solving elliptic problems using the calculation of the dual norm based on a spectral representation of the dual norms of the test function space, but this spectral representation is well-known only on rectangles and it is non-trivial on general domains. We present an extension of the DFR method to the use of adaptive strategies on general polygonal domains. We decompose the PDE domain into rectangular subdomains and the loss function is computed as the sum of local loss functions. We then employ a Dofler marking algorithm to adaptatively refine the initial subdomain decomposition of the domain and increase the accuracy of the approximated solution on relevant regions of the domain.

---

## MÉTODO AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES DE ENSAYO COMETA MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

Manuel Guillermo Forero Vargas<sup>1</sup>, Mauricio Alberto Quimbaya Gomez<sup>2</sup>, Juan Esteban Acosta Franco<sup>1</sup>,  
Juan Felipe Quiroga Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

<sup>2</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI

2420192023@estudiantesunibague.edu.co

**Resumen.** El Ensayo Cometa, o electroforesis unicelular en gel es un método empleado para el estudio del daño de células de ácido desoxirribonucleico (ADN). Sin embargo, la evaluación de células dañadas se realiza con métodos manuales, lo cual consume demasiado tiempo y es impreciso. Por esta razón, en este trabajo se presenta un nuevo método automático para procesar y analizar imágenes del Ensayo Cometa, basado en técnicas de procesamiento de imágenes y modelos de aprendizaje automático, incluyendo Redes Neuronales Convolucionales. Se expone una investigación comparativa de cinco arquitecturas permitiendo tener una precisión con el método desarrollado de hasta 97.44%, superior a los resultados manuales, donde el Procesamiento Digital de Imágenes posibilitó lograr un mayor rendimiento. La validación de los resultados automáticos se llevó a cabo comparándolos con los resultados manuales, mostrando su rendimiento y confiabilidad, gracias a lo cual es ahora utilizado como método para el estudio de los resultados del Ensayo Cometa en el Laboratorio de Biología Celular de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

---

## CLASIFICACIÓN DE SÍMBOLOS MATEMÁTICOS MANUSCRITOS CON UNA RED BILSTM USANDO UNA NUEVA CARACTERÍSTICA *ONLINE*

Mauricio Maca<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA

mmaca@unicauca.edu.co

**Resumen.** Teniendo en cuenta que los resultados que se obtienen con una red BiLSTM en el reconocimiento de símbolos matemáticos manuscritos pueden mejorar dependiendo del número de características usadas en el entrenamiento y del tamaño del conjunto de entrenamiento, en este artículo se propone un modelo que usa un conjunto de características *online*, el cual incluye una nueva característica basada en proyecciones y se presenta una alternativa que permite incrementar el tamaño del conjunto de entrenamiento para la red BiLSTM obteniendo resultados competitivos. Adicionalmente, se presentan modelos híbridos que combinan redes CNN y BiLSTM con buenos resultados.

---

## SOAT-GREEDY: ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE AMBULANCIAS EN BOGOTÁ USANDO APRENDIZAJE POR REFUERZO

Valentina Cepeda Vega<sup>1</sup>, Daniel Lasso Jaramillo<sup>1</sup>, Diana Pinilla Alarcon<sup>1</sup>, Mario Vasquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
df.lasso@uniandes.edu.co

**Resumen.** Este documento presentó la aplicación de un problema de asignación modelado como un bandido multi-armado estacionario para encontrar la distribución óptima de puntos de despacho de ambulancias para la atención de accidentes de tránsito en Bogotá. Para ello, se utilizaron datos reales de la ubicación de IPS y de accidentes de tránsito, que fueron simulados para crear la dinámica de atención en cada uno de los escenarios. Para simplificar, se utilizó un área delimitada de Bogotá (aproximadamente el 25

---

## REDES NEURONALES INFORMADAS POR LA FÍSICA: IMPLEMENTACIÓN CLÁSICA Y CUÁNTICA

Bryan Steven Rodriguez Ruiz<sup>1</sup>, Diego Alejandro Muñoz Durango<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
brrodriguezr@unal.edu.co

**Resumen.** En este trabajo se comparara la implementación clásica y cuántica de las redes neuronales artificiales informadas por la física. Dependiendo de la arquitectura, se pueden obtener diferentes métricas del problema que se quiere solucionar. Al usar redes neuronales informadas por la física la cantidad de pasos que se ejecutan en el entrenamiento del modelo aumenta, esto se debe a que la función de pérdida ahora tiene información de las ecuaciones gobernantes del sistema físico a solucionar. Se busca entonces una manera de acelerar el proceso de entrenamiento del modelo y además obtener resultados aceptables. En el artículo de referencia se usa un nuevo tipo de redes neuronales las cuales ahora incluyen el acople con redes neuronales cuánticas las cuales permiten obtener resultados similares en una menor cantidad de pasos. Como caso particular, en este trabajo se considera un oscilador armónico lineal, con una frecuencia de 20Hz y una frecuencia de amortiguación de 2Hz. Se encuentran soluciones aproximadas a partir del uso de técnicas clásica y cuántica, mostrando ventajas y retos al usar los diferentes métodos de solución.

**Agradecimientos.** Queremos agradecer al proyecto Hermes 52893 “Centro de excelencia en computación cuántica e inteligencia artificial” financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

---

## EMBEDDING FROM LANGUAGE MODEL O ELMO

David Stiven Segura Gonzalez<sup>1</sup>, Laura Camila Aldana Contreras<sup>1</sup>, Daniel Andres Romero Sepulveda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

david\_ds\_1996@hotmail.com

**Resumen.** El procesamiento natural de lenguaje es una importante herramienta en el aprendizaje profundo. Con este somos capaces de entrenar modelos y permitir que las máquinas entiendan el lenguaje que usamos día a día, también por sus múltiples aplicaciones a la industria como: traducción automática, análisis de semántico, análisis de sentimientos, detección de plagio, chat-bots etc. Embedding from language model o ELMo es un modelo que utiliza una representación vectorial densa donde los valores de los vectores son de punto flotante, esta representación es más óptima que una representación vectorial one-hot. ELMo toma inspiración en modelos de incrustación de palabra o Word embedding como word2vec o COVe, pero estos modelos mencionados anteriormente sufren de un defecto y es que no tienen en cuenta el contexto de las palabras, ELMo da un cambio de panorama y tiene en cuenta el contexto que viene acompañado por la palabra así una misma palabra puede tener una diferente representación vectorial. ELMo es un framework desarrollado por investigadores de ALLEN NLP. Los vectores de palabras de ELMo se calculan utilizando un modelo de lenguaje bidireccional de dos capas que comprenden un paso hacia adelante y hacia atrás. ELMo incrusta palabras entrenando un LSTM bidireccional entrenado en una tarea específica para crear estas incrustaciones, a ELMo se le ocurre la incrustación contextualizada agrupando los estados ocultos y la incrustación inicial de cierta manera concatenación seguida de suma ponderada. ELMo maneja un sistema de tokens que son procesados por una CNN a nivel de caracteres, utiliza 2048 filtros convolucionales de n-gramas de dos capas, una proyección lineal de 512 dimensiones y utiliza 4096 estados ocultos de LSTM.

---

## GENERATIVE MODELS: AUDIO GENERATION IN BIOACOUSTICS

Jose Sebastián Ñungo Manrique<sup>1</sup>, Freddy Rolando Hernández Romero<sup>1</sup>, Francisco Albeiro Gómez Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

s.nungo@gmail.com

**Abstract.** In the field of bioacoustics, studying animal sounds unlocks a wealth of information about their behavior and ecology. However, a significant obstacle arises when attempting to record sounds from species that are either exotic or dwell in remote areas. This project tackles the challenge of limited and low-quality recordings of frog croaks, often limited by their surroundings. To overcome this lack of data, we propose the use of generative models to synthesize new frog croaks. Generating audio in bioacoustics is a largely unexplored field, demanding careful consideration of aspects such as the temporal dimension, the structure of frog calls, and potential environmental noise interference. Our aim is to apply generative models to create realistic, high-quality frog croaks, enriching the existing audio dataset for these amphibians.

## DEEP LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DE LA MAGNITUD DE SISMOS

Juan José Ruiz Ruiz<sup>1</sup>, Isabel Cristina García Arboleda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
juanjoruiruz2003@gmail.com

**Resumen.** Un sismo es un desastre natural que se mide con base a su magnitud e intensidad. El estudio de este fenómeno natural es tan antiguo como la humanidad misma. Sin embargo, analizar su magnitud data de los años 90's, debido a que Richter en 1935 propuso una forma de medirla. El propósito de este proyecto es predecir la magnitud de los sismos. Muchos autores han abordado este problema utilizando diversos enfoques como estadística bayesiana, series temporales, métodos del área de inteligencia artificial, entre muchos otros. Específicamente, este proyecto se enfoca en comparar dos enfoques de Deep Learning que se han utilizado para predecir la magnitud de sismos. El primero, presentado por Wang et al. (2017), que utiliza una segmentación espaciotemporal y una red neural Long short-term memory (LSTM). Por otro lado, el trabajo de Abebe et Al. (2023) que sugiere que el uso de un modelo Transformer ofrece una mejor predicción para la magnitud de sismos. Para comparar ambos enfoques se utilizan los datos de los sismos presentados en Japón desde el año 1965 hasta el año 2024. En primer lugar, se hace un análisis descriptivo de los datos. Luego, utilizando variables de entrada como la magnitud, la fecha, la latitud, la longitud y la profundidad, se predice la magnitud de los sismos en toda la región utilizando ambas redes. Se comparan ambos métodos utilizando las métricas MAE, MSE, RMSE y MAPE. Además, se analiza si la segmentación espaciotemporal tiene un cambio en los rendimientos de cada modelo.

---

## ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA LA SEGMENTACIÓN NO SUPERVISADA EN PATOLOGÍA DIGITAL

Julián Camilo Camacho Torres<sup>1</sup>, Juan Sebastián Díaz Gutiérrez<sup>1</sup>, David Romo-Bucheli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
deromob@uis.edu.co

**Resumen.** El aprendizaje automático ha revolucionado la identificación de patrones en imágenes durante las últimas dos décadas. Hemos pasado de un mundo donde la percepción, reconocimiento, e interpretación visual semántica eran características exclusivas de los seres humanos, a otro donde la interpretación exhaustiva de las máquinas promete nuevas perspectivas. Sin embargo, estos avances se han basado principalmente en el uso de redes neuronales profundas y en un paradigma que requiere una gran cantidad de ejemplos anotados: el aprendizaje automático supervisado. Aunque este enfoque es efectivo, presenta limitaciones en áreas como las imágenes médicas, donde obtener anotaciones curadas es sumamente costoso y demanda una gran cantidad de tiempo. Además, este tipo de aprendizaje puede llevar al sobreajuste de los modelos, causando una pérdida significativa de desempeño en imágenes cuyas características visuales difieren de las utilizadas en el entrenamiento. A pesar de que las bases de datos son cada vez más completas e intensivas, sigue siendo relevante explorar si existen métodos de aprendizaje más eficientes y con mejor capacidad de generalización. De esta manera, los mecanismos no supervisados de aprendizaje automático surgen como una potencial solución, al buscar representaciones que emergen directamente de la estructura de los datos en el espacio multidimensional, y que prometen una robusta generalización a imágenes fuera de la distribución. En esta presentación, se propone realizar una exploración de los mecanismos de aprendizaje no supervisado que han sido explorados en la actualidad, y se discutirá las perspectivas que tienen en el campo de las imágenes médicas

---



## ANÁLISIS COMPARATIVO DE CNN PARA EL RECONOCIMIENTO DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS

Milton Rey<sup>1</sup>, Francisco Sánchez<sup>1</sup>, Angel Cruz Roa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
aacruz@unillanos.edu.co

**Resumen.** En este trabajo se presenta un método computacional para facilitar la detección de los pulsos de ecolocalización de tres especies de murciélagos neotropicales: *Noctilio albiventris*, *Saccopteryx leptura* y *Saccopteryx bilineata*. Inicialmente se realizó el procesamiento de las señales aplicando un filtro pasabanda de 20 a 100 kHz, rango de emisión de los sonidos de ecolocalización de los murciélagos, y tomando segmentos de 12 ms correspondientes a la duración esperada de los pulsos. Posteriormente, se propone un método computacional basado en el uso de una red neuronal convolucional (CNN) para clasificar automáticamente pulsos (o no pulsos) de ecolocalización de murciélagos a partir de imágenes de espectrogramas de ultrasonido. Este método ha sido probado en entornos con ruido y sin ruido dando como resultado una exactitud (*Accuracy*) del 98.3%, *Precision* del 97% y *Recall* del 99.6%. Lo cual permitirá apoyar la investigación en ecología y comportamiento biológico de los murciélagos para su clasificación por especies y actividades de forrajeo.

---

## DETECCIÓN DE RETINOPATÍA DIABÉTICA EN IMÁGENES DEL FONDO DEL OJO UTILIZANDO ALGORITMOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO

Oscar Mauricio Campos Sepulveda<sup>1</sup>, Camilo Ernesto Serrano Lozada<sup>1</sup>, Juan Sebastian Carrillo Rodriguez<sup>1</sup>, Jorge Villamizar Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
oskarwest96@gmail.com

**Resumen.** La retinopatía diabética es una complicación ocular crónica y progresiva que afecta a un tercio de todas las personas con diabetes, es una de las causas principales de ceguera, su proliferación conduce al glaucoma y el hecho de detectarla en una etapa temprana es decisivo para prevenir daños irreversibles en la visión, no obstante el diagnóstico de esta requiere una evaluación al detalle por parte de un oftalmólogo especializado, esto puede resultar costoso, lento y limitado en recursos en sitios como Colombia, según el informe del MINSALUD hasta el 2017 el número de especialistas de oftalmología era de 742 para una población de 46.044.606 habitantes, en el cual, Santander es uno de los departamentos con mayor concentración de especialistas en oftalmología, contrario al caso de departamentos como San Andrés, Arauca, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés y Vichada donde no hay reporte de oftalmólogos. En los años más recientes, el campo del aprendizaje profundo y las redes neuronales convolucionales han tenido grandes avances y han demostrado mucho potencial en aplicaciones médicas, entre estas la detección de enfermedades oculares, estos métodos permiten analizar grandes cantidades de imágenes de forma automatizada, brindando mejores oportunidades para la detección temprana de esta enfermedad. Pese a los avances, existen aún retos en el desarrollo de métodos lo suficientemente precisos a la hora de la detección de la retinopatía diabética, estos desafíos comprenden la necesidad de un conjunto de datos adecuado, el diseño de una arquitectura de red eficiente, la validación adecuada del método propuesto entre otros. Esta investigación se propone aprovechar el potencial del aprendizaje profundo para detectar de manera oportuna la retinopatía diabética.

---

# Teoría de códigos y criptografía

---

## SEGURIDAD DE FIRMAS DIGITALES BASADAS EN POLINOMIOS MULTIVARIADOS

Daniel Cabarcas Jaramillo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN  
dcabarc@unal.edu.co

**Resumen.** En esta ponencia daré un panorama general de los principales ataques a esquemas de firmas digitales basadas en polinomios multivariados y su complejidad. Luego presentaré algunos resultados recientes que nos permiten explicar mejor la complejidad del algoritmo Crossbred, el cual es uno de los más efectivos para resolver sistemas de ecuaciones cuadráticas sobre campos finitos pequeños.

---

## CÓDIGOS DE DIMENSIÓN MULTIPLICADA

Diana H. Bueno-Carreño

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA SECCIONAL CALI  
dhbueno@javerianacali.edu.co

**Resumen.** En [2] se presenta una mejora de la cota para la distancia mínima de códigos abelianos conocida como distancia aparente, ampliamente estudiada en [1], llamada distancia  $\mathbf{B}$ -aparente. A partir de estos resultados, desarrollamos una proposición que nos permite diseñar, basados en una elección apropiada de  $q$ -órbitas, códigos abelianos con buenas cotas y parámetros. En esta charla mostraremos este resultado y cómo él permite construir códigos abelianos bivariados a partir de códigos cíclicos, de tal forma que se preserve la distancia  $\mathbf{B}$ -aparente y se multiplique su dimensión.

### Referencias

- [1] J.J. Bernal, D.H. Bueno-Carreño, J.J. Simón, Apparent distance and a notion of BCH multivariate codes. *IEEE Trans. Inform. Theory*, **62**(2), 655-668, 2016.
  - [2] J.J. Bernal, M. Guerreiro, J.J. Simón, From ds-Bounds for Cyclic Codes to True Minimum Distance for Abelian Codes, *IEEE Transactions on Information Theory*, 65 (2019), 1752-1763.
-

## INTRODUCCIÓN A MPC

Hernán Darío Vanegas Madrigal

HASHCLOAK INC.  
HDVANEGASM@GMAIL.COM

**Resumen.** En esta charla se expondrán los conceptos básicos de la computación segura de múltiples participantes (MPC por sus siglas en inglés). En un primer momento se responderá a la pregunta “¿Qué es MPC?”. Posteriormente, se mostrará una clasificación de los protocolos MPC de acuerdo a tres factores: el tipo de adversario para el cual el protocolo es seguro, las garantías que el protocolo ofrece para retornar el valor del cómputo y la cantidad de participantes corruptos admitidos por el protocolo. Luego se mostrara el estado del arte y algunos resultados importantes en el área investigativa de MPC de acuerdo a la clasificación presentada anteriormente. Finalmente se presentará un ejemplo básico de un protocolo MPC basado en secreto compartido aditivo.

---

## OPERATIONS IN BINARY LINEAR CODES AND ITS HASSE DIAGRAM

John H. Castillo

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
jhcastillo@udenar.edu.co

**Abstract.** A binary  $[n, k]$ -linear code  $\mathcal{C}$  is a  $k$ -dimensional subspace of  $\mathbb{F}_2^n$ . For  $\mathbf{x} \in \mathbb{F}_2^n$ , the set  $\mathbf{x} + \mathcal{C}$  is a coset of  $\mathcal{C}$ . It can be defined a partial ordering on the set of cosets of a binary linear code  $\mathcal{C}$  of length  $n$ : for  $\mathbf{x}, \mathbf{y} \in \mathbb{F}_2^n$ ,  $\mathbf{x} \preceq \mathbf{y}$  provided that  $\text{supp}(\mathbf{x}) \subseteq \text{supp}(\mathbf{y})$ , and we construct its associated Hasse diagram. More precisely, for a binary linear code  $\mathcal{C}$ , we denote by  $\Gamma(\mathcal{C}) = (V_{\mathcal{C}}, E_{\mathcal{C}})$  the graph constructed such that the set of vertices  $V_{\mathcal{C}} = \text{cl}(\mathcal{C})$  and  $\mathcal{C}_1\mathcal{C}_2 \in E_{\mathcal{C}}$  if  $\mathcal{C}_1 \prec \mathcal{C}_2$  and  $\text{wt}(\mathcal{C}_1) = \text{wt}(\mathcal{C}_2) - 1$ . If  $\mathcal{C}_1\mathcal{C}_2$  is an edge of  $\Gamma(\mathcal{C})$ ,  $\mathcal{C}_1$  is called a *child* of  $\mathcal{C}_2$ , and  $\mathcal{C}_2$  is a *parent* of  $\mathcal{C}_1$ . Actually, the graph  $\Gamma(\mathcal{C})$  is known as the *Hasse diagram* of the poset  $(\text{cl}(\mathcal{C}), \preceq)$ . It is clear that  $|V_{\mathcal{C}}| = 2^{n-k}$ . In this talk, we study some operations between binary linear codes and its respective graph representation. This is a joint work with Lisbeth Delgado-Ordoñez (Universidad del Cauca) and Alexander Holguín-Villa (Universidad Industrial de Santander).

---

## CRIPTOGRAFÍA POST CUÁNTICA BASADA EN TEORÍA DE CÓDIGOS.

Valérie Gauthier Umaña

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
ve.gauthier@uniandes.edu.co

**Resumen.** El interés de los seres humanos por comunicarse secretamente y guardar información de manera segura es probablemente tan antiguo como la propia escritura. La llegada de los computadores cuánticos trae nuevos retos. Para solucionarlos surge la criptografía post-cuántica. En esta charla presentaremos una de sus áreas: la criptografía post-cuántica basada en teoría de códigos.

---

## CIFRADO CAÓTICO DE IMÁGENES MEDIANTE UN MAPA LINEAL A TROZOS DISCONTINUO

Andrés Amador<sup>1</sup>, Daniel Nuñez<sup>1</sup>, Juan Paz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
afamador@javerianacali.edu.co

**Resumen.** El Caos Robusto se ha utilizado ampliamente en varias aplicaciones y se ha convertido en una poderosa herramienta en el diseño de algoritmos de cifrado. En este trabajo, presentamos una conjetura refinada sobre la existencia de caos robusto en un mapa estroboscópico discontinuo bidimensional dado por la discretización de la forma canónica normalizada para sistemas lineales a trozos discontinuos (DPWL para abreviar). En primer lugar, estudiamos rigurosamente las propiedades del mapa, obteniendo resultados sobre la estabilidad de las órbitas periódicas y expresiones analíticas de los exponentes de Lyapunov. Además, aprovechando los resultados conocidos sobre la existencia de ciclos límite inestables en sistemas DPWL de tiempo continuo y bajo algunos supuestos, mostramos la existencia de una región de captura donde todas las órbitas periódicas del mapa son inestables y los exponentes de Lyapunov son positivos. Finalmente, utilizamos estos resultados para diseñar un algoritmo de cifrado caótico de imágenes.

---

## ASYMPTOTIC AND CONCRETE COMPLEXITY OF PROBABILISTIC ALGORITHMS TO SOLVE SYSTEMS OF MULTIVARIATE POLYNOMIAL EQUATIONS

Andres Angulo Garcia<sup>1</sup>, Daniel Cabarcas Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
aangulog@unal.edu.co

**Abstract.** This work delves into the computational complexity of solving multivariate polynomial systems over finite fields, with a focus over boolean systems, crucial for cryptographic schemes. Evaluating and comparing prominent probabilistic algorithms emphasizing those who make use of the Multivariate Quadratic Problem (MQ-Problem). Particularly, this research contributes to the field by conducting a comparative analysis of the efficiency of the Björklund algorithm, implementing improvements for tighter bounds. The investigation advances our understanding of the time complexity of solving the MQ-Problem, offering insights into its cryptographic implications.

---

## UNA FUNCIÓN CRIPTOGRÁFICA CONSTRUIDA DESDE CONJUNTOS SIDON TIPO BOSE: ALGUNOS RESULTADOS Y PROBLEMAS

Carlos Alberto Trujillo Solarte<sup>1</sup>, Rigo Julián Osorio Angulo<sup>1</sup>, Diego Fernando Ruíz Solarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
trujillo@unicauca.edu.co

**Resumen.** Funciones criptográficas con alta no linealidad, baja diferenciabilidad uniforme y bien balanceadas, tienen un papel básico en el diseño de sistemas criptográficos seguros. Por otro lado, un conjunto Sidon, definido sobre un grupo conmutativo  $(G, +)$  notado aditivamente, es un subconjunto  $S$  de  $G$  con la propiedad que todas las sumas de dos elementos de  $S$  son distintas. Recientemente, junto con Julián Osorio y Diego Ruiz (ver [1]), diseñamos una función criptográfica basada en la construcción de conjuntos Sidon debida a E. C. Bose. En esta ponencia presentamos dicha función, algunas propiedades de la función y problemas relacionados. [1] Julián Osorio, Carlos Trujillo and Diego Ruiz. Construction of a Cryptographic Function based on Bose-Type Sidon Sets. Por aparecer en AIMS Mathematic. Accepted: March 2024.

---

## REGLAS $LAMBDA$ -GOLOMB RESOLUBLES Y CONFIGURACIONES CÍCLICAS RESOLUBLES

Cristian Camilo Meneses Gaviria<sup>1</sup>, Carlos Andrés Martos Ojeda<sup>1</sup>, David Fernando Daza Urbano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
camilomeneses@unicauca.edu.co

**Resumen.** Una regla Golomb resoluble de orden  $k$ , es un subconjunto de enteros, cuya propiedad es que todas las diferencias no cero de dos elementos de dicho conjunto son distintas, además sus elementos representan a todo el grupo  $\mathbf{Z}_k$ . Este concepto se puede generalizar al de regla  $\lambda$ -Golomb resoluble, en las cuales se admiten a lo más  $\lambda$  repeticiones en las diferencias de dos elementos de la regla. una configuración resoluble es aquella en la que los bloques pueden organizarse en grupos de manera que cada punto esté representado exactamente una vez en cada grupo, y estos grupos dividen equitativamente el conjunto total de puntos. Esta ponencia se enfocará en mostrar propiedades de las reglas  $\lambda$ -Golomb resoluble, demostrar algunas construcciones y su relación con las Configuraciones resolubles. Palabras clave: Regla  $\lambda$ -Golomb resoluble, Configuraciones resolubles.

---

## A PSEUDORANDOM BIT GENERATOR BASED ON BOSE-TYPE SIDON SETS

Julian Osorio<sup>1</sup>, Carlos Trujillo<sup>1</sup>, Diego Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
rosorio@unicauca.edu.co

**Abstract.** Sidon sets have a variety of applications in mathematics and in real-world problems, such as error-correcting codes, the signal compression in telecommunications, and cryptography. In particular, pseudorandom number (bit) generators with good randomness qualities is critical in the development of secure applications. Based on the construction of Bose-type Sidon sets, in this paper we present the construction of a new non-cryptographic pseudorandom bit generator (PRBG), with large period, high degree of entropy and good randomness properties.

---

## CÓDIGOS AG PARA APLICACIONES MODERNAS

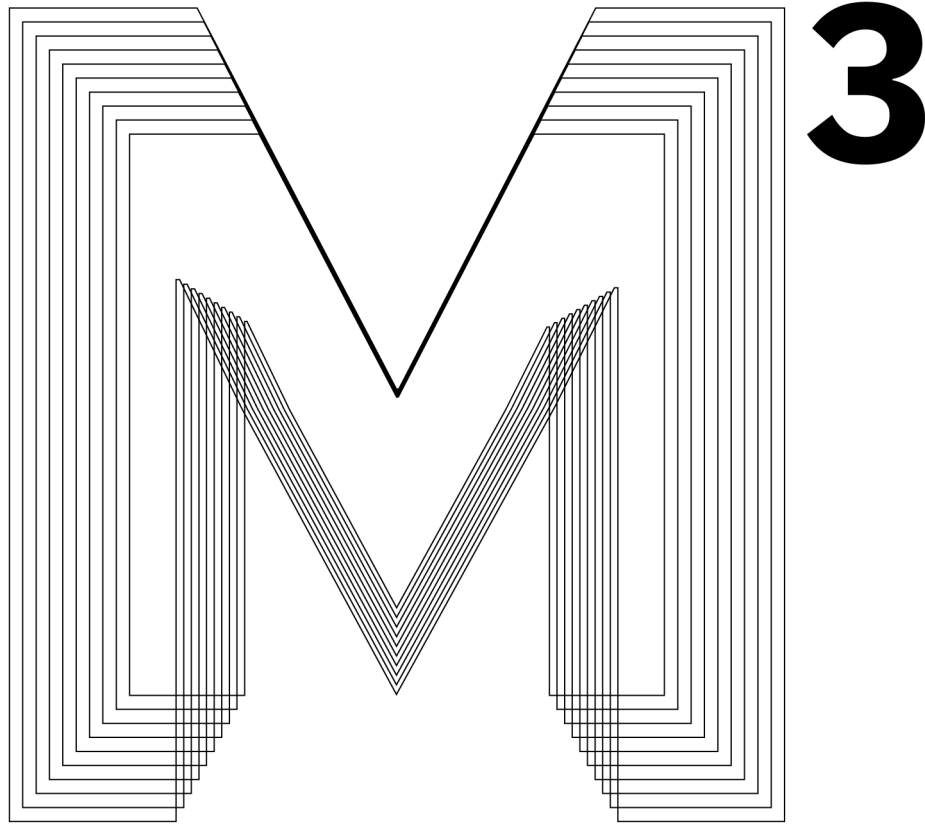
Wilson Olaya León

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

wolaya@uis.edu.co

**Resumen.** Los códigos Algebraico Geométricos (AG) son códigos correctores de errores que fueron introducidos por V.D. Goppa en 1977, estos se construyen como códigos evaluación de las funciones racionales del espacio de Riemann-Roch en los puntos racionales de una curva algebraica. Esta familia de códigos se puede ver como una extensión de los de códigos Reed-Solomon y contienen a cualquier código lineal. El propósito inicial de estos códigos es preservar la calidad de la información transmitida a través de un canal con ruido. En las últimas décadas se han utilizado estos mismos códigos correctores de errores para dar solución a otros problemas modernos en la teoría de la información. Por ejemplo, el almacenamiento en la nube (o almacenamiento distribuido) utiliza códigos localmente recuperables (LRC), la esteganografía (u ocultamiento de información) utiliza los bits de redundancia de un código, la seguridad de la información en la era poscuántica (o criptografía poscuántica) explora el protocolo de clave pública McEliece que basa su seguridad en la dificultad del problema de decodificar un código arbitrario, la protección a datos sensibles (o enmascaramiento de datos) utiliza códigos lineales dual complementarios (LCD), y el diseño de esquemas de compartición de secretos (incluye el computo multiparte seguro) utiliza el esquema de Shamir basado en teoría de códigos. En esta charla exploraremos estas aplicaciones modernas de la teoría de códigos y nos enfocaremos en las soluciones e inconvenientes que se han obtenido, para estos problemas modernos, usando códigos AG.





# Optimización y control

---

## THE INTERPLAY OF OPTIMIZATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: NAVIGATING ESSENTIAL CONCEPTS AND APPLICATIONS

Anibal Sosa

UNIVERSIDAD ICESI  
uasosa@icesi.edu.co

**Abstract.** This presentation delves into the intricate relationship between mathematics and artificial intelligence (AI), elucidating the pivotal role that optimization plays in the development and implementation of AI systems. There is a broad spectrum of mathematical disciplines such as analysis, linear algebra, optimization, and probability that forms the foundation of many AI applications. Moreover, we find areas of specialized domains such as random matrix theory, graph theory, game theory, differential equations, and operations research that may become crucial components of any mathematical toolkit present in AI. By categorizing AI types and applications first, this presentation guides the audience to pinpoint some of the relevant mathematical methods and tools within the AI community. The talk provides a concise survey of popular machine learning models, spotlighting the underlying mathematical structures of training functions, loss functions, and optimization techniques. The discussion gives a light summary of essential mathematical foundations for various AI applications that interplay with mathematical concepts such as convex functions, gradient descent and Newton's method. This talk serves as a resource for students, practitioners, and enthusiasts seeking a nuanced understanding of the mathematical intricacies within a small portion of the dynamic landscape of AI related to optimization.

---

## EL PROBLEMA DE COMPLEMENTARIEDAD NO LINEAL: TEORÍA, APLICACIONES Y NUEVOS ALGORITMOS PARA SU SOLUCIÓN

Carlos Andrés Arias Torres<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>, Héctor J. Martínez<sup>2</sup>, Favián Arenas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE  
carlosarias@unicauca.edu.co

**Resumen.** El llamado problema de complementariedad no lineal, *grosso modo*, un conjunto de igualdades y desigualdades, que en algunos contextos es sinónimo de sistema en equilibrio, ha despertado el interés de muchos investigadores en las últimas cinco décadas por sus numerosas aplicaciones en variados campos de la Ciencia, Ingeniería y Economía. Los desarrollos teóricos sobre este problema que demuestran que es posible reformularlo como un *sistema de ecuaciones no lineales* o como un *problema de minimización* abrieron un camino muy promisorio para nuevas investigaciones y para el diseño de métodos computacionales para



su solución; esta técnica llamada de *reformulación* ha sido muy popular, sobre todo en las dos últimas décadas. En nuestro Grupo de Optimización, no hemos estado ajenos a la importancia de este problema y a la necesidad de nuevas propuestas algorítmicas para su solución. Vale la pena mencionar que gran parte de nuestro trabajo de investigación ha estado centrado en el tema de complementariedad no lineal, el cual ha dado como fruto la propuesta de algoritmos tipo cuasi *Newton* tanto locales como globales para su solución, los cuales han resultado competitivos frente a métodos tipo *Newton* tradicionalmente usados con el mismo fin. A la par de estas propuestas algorítmicas, hemos realizado su análisis de convergencia y un estudio numérico de su desempeño. En esta charla se presentarán los principales resultados de esta investigación.

---

## ON GRAPHS WITH FINITE-TIME CONSENSUS

Cesar A Uribe<sup>1</sup>, Edward Duc Hien Nguyen<sup>1</sup>, Xin Jiang<sup>2</sup>, Bicheng Ying<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RICE UNIVERSITY, <sup>2</sup>LEHIGH UNIVERSITY, <sup>3</sup>GOOGLE INC  
cauribe@rice.edu

**Abstract.** In this talk, we present sequences of graphs satisfying the finite-time consensus property (i.e., iterating through such a finite sequence is equivalent to performing global or exact averaging) and their use in Gradient Tracking. We provide an explicit weight matrix representation of the studied sequences and prove its finite-time consensus property. Moreover, we incorporate the studied finite-time consensus topologies into Gradient Tracking and present a new algorithmic scheme called Gradient Tracking for Finite-Time Consensus Topologies (GT-FT). We analyze the new scheme for nonconvex problems with stochastic gradient estimates. Our analysis shows that the convergence rate of GT-FT does not depend on the heterogeneity of the agents' functions or the connectivity of any individual graph in the topology sequence. Furthermore, owing to the sparsity of the graphs, GT-FT requires lower communication costs than Gradient Tracking using the static counterpart of the topology sequence.

---

## THE ENGINEERING POTENTIAL OF FISH RESEARCH: SWIMMING UPSTREAM TO NEW SOLUTIONS

Daniel Burbano Lombana  
RUTGERS UNIVERSITY  
daniel.burbano@rutgers.edu

**Abstract.** Millions of years of evolution have endowed animals with refined and elegant mechanisms to orient and navigate in complex environments. Elucidating the underpinnings of these processes is of critical importance not only in biology to understand migration and survival but also for engineered network systems to aid the development of bio-inspired algorithms for estimation and control. Particularly interesting is the study of fish navigation where different cues, such as vision and hydrodynamics are integrated and fed back to generate locomotion. Little is known, however, about the information pathways and the integration process underlying complex navigation problems. This talk will discuss recent advances in data-driven mathematical models based on potential flow theory, stochastic differential equations, and control theory describing fish navigation. In addition, we will discuss how biological insights gained from this research can be applied to robot navigation and zero-order optimization and estimation and control problems in network systems

---

---

## THE ELECTRIC VEHICLE ROUTING AND OVERNIGHT CHARGING SCHEDULING PROBLEM ON A MULTIGRAPH

Daniel Yamín<sup>1</sup>, Guy Desaulniers<sup>2</sup>, Jorge E. Mendoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>COPA, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

<sup>2</sup>POLYTECHNIQUE MONTRÉAL AND GERAD, MONTREAL, QUEBEC, CANADA

<sup>3</sup>HEC MONTRÉAL, MONTREAL, QUEBEC, CANADA

d.yamin@uniandes.edu.co

**Abstract.** In the electric vehicle (EV) routing and overnight charging scheduling problem, a fleet of EVs must serve the demand of a set of customers with time windows. The problem consists in finding a set of minimum cost routes and determining an overnight EV charging schedule that ensures the routes' feasibility. Because i) travel time and energy consumption are conflicting resources, ii) the overnight charging operations take considerable time, and iii) the charging infrastructure at the depot is limited, we model the problem on a multigraph where each arc between two vertices represents a path with a different resource consumption trade-off. To solve the problem, we design a branch-price-and-cut algorithm that implements state-of-the-art techniques, including the ng-path relaxation, subset-row inequalities, and a specialized labeling algorithm. We report computational results showing that the method solves to optimality instances with up to 50 customers. We also present experiments evaluating the benefits of modeling the problem on a multigraph rather than on the more classical 1-graph representation.

---

## REINFORCEMENT LEARNING FOR SAFETY-CRITICAL SYSTEMS

Enrique Mallada

JOHNS HOPKINS UNIVERSITY

mallada@jhu.edu

**Abstract.** Integrating Reinforcement Learning (RL) in safety-critical applications, such as autonomous vehicles, healthcare, and industrial automation, necessitates an increased focus on safety and reliability. This talk considers two complementary mechanisms to augment RL's suitability for safety-critical systems. Firstly, we consider a constrained reinforcement learning (C-RL) setting, wherein agents aim to maximize rewards while adhering to required constraints on secondary specifications. Several algorithms rooted in sampled-based primal-dual methods have been recently proposed to solve this problem in policy space. However, such methods exhibit a discrepancy between the behavioral and optimal policies due to their reliance on stochastic gradient descent-ascent algorithms. We propose a novel algorithm for constrained RL that does not suffer from these limitations. Leveraging recent results on regularized saddle-flow dynamics, we develop a novel stochastic gradient descent-ascent algorithm whose trajectories almost surely converge to the optimal policy. Secondly, we study the problem of incorporating safety-critical constraints to RL that allow an agent to avoid (unsafe) regions of the state space. Though such a safety goal can be captured by an action-value-like function, a.k.a. safety critics, the associated operator lacks the desired contraction and uniqueness properties that the classical Bellman operator enjoys. In this work, we overcome the non-contractiveness of safety critic operators by leveraging that safety is a binary property. To that end, we study the properties of the binary safety critic associated with a deterministic dynamical system that seeks to avoid reaching an unsafe region. We formulate the corresponding binary Bellman equation (B2E) for safety and study its properties. While the resulting operator is still non-contractive, we fully characterize its fixed points representing—except for a spurious solution—maximal persistently safe regions of the state space that can always avoid failure. We provide an algorithm that, by design, leverages axiomatic knowledge of safe data to avoid spurious fixed points.

---

## SEMIDEFINITE PROGRAMMING IN QUANTUM INFORMATION SCIENCE

Javier Peña<sup>1</sup>, Sridhar Tayur<sup>1</sup>, Vikesh Siddhu<sup>3</sup><sup>1</sup>CARNEGIE MELLON UNIVERSITY, <sup>2</sup>IBM T.J. WATSON RESEARCH CENTER  
javipena@gmail.com

**Abstract.** This talk will describe two different algorithmic approaches to tackle the following central problem in quantum information science: given a bipartite quantum state, detect if the state is entangled by constructing a suitable “entanglement witness”. The construction of an entanglement witness can be cast as a challenging convex feasibility problem. Our approach to this convex feasibility problem combines modern convex optimization machinery and a widely known positive-partial transpose (PPT) symmetric extension criteria for entanglement detection.

---

## WHAT’S IN A PRIOR? LEARNED PROXIMAL NETWORKS FOR INVERSE PROBLEMS

Jeremias Sulam

JOHNS HOPKINS UNIVERSITY  
jsulam1@jhu.edu

**Abstract.** Proximal operators are ubiquitous in inverse problems, commonly appearing as part of algorithmic strategies to regularize problems that are otherwise ill-posed. Modern deep learning models have been brought to bear for these tasks too, as in the framework of plug-and-play or deep unrolling, where they loosely resemble proximal operators. Yet, something essential is lost in employing these purely data-driven approaches: there is no guarantee that a general deep network represents the proximal operator of any function, nor is there any characterization of the function for which the network might provide some approximate proximal. In this talk we’ll present a framework to develop learned proximal networks (LPN), which provide exact proximal operators for a data-driven nonconvex regularizer, and show how a new training strategy, dubbed proximal matching, provably promotes the recovery of the log-prior of the true data distribution.

---

## THE RADIUS OF STATISTICAL EFFICIENCY

Joshua Cutler<sup>1</sup>, Mateo Díaz<sup>2</sup>, Dmitriy Drusvyatskiy<sup>1</sup><sup>1</sup>UNIVERSITY OF WASHINGTON, <sup>2</sup>JOHNS HOPKINS UNIVERSITY  
mateodd@jhu.edu

**Abstract.** Classical results in asymptotic statistics show that the Fisher information matrix controls the difficulty of estimating a statistical model from observed data. In this work, we introduce a companion measure of robustness of an estimation problem: the radius of statistical efficiency (RSE) is the size of the smallest perturbation to the problem data that renders the Fisher information matrix singular. We compute RSE up to numerical constants for a variety of test bed problems, including principal component analysis, generalized linear models, phase retrieval, bilinear sensing, and matrix completion. In all cases, the RSE quantifies the compatibility between the covariance of the population data and the latent model parameter. Interestingly, we observe a precise reciprocal relationship between RSE and the intrinsic complexity/sensitivity of the problem instance, paralleling the classical Eckart–Young theorem in numerical analysis.

---

**CONSTRAINT PENALIZATION FOR NON-CONVEX OPTIMIZATION PROBLEMS: APPLICATIONS TO QUANTUM COMPUTING**Luis F. Zuluaga<sup>1</sup>, Juan C. Vera<sup>2</sup>, Rodolfo A. Quintero<sup>1</sup><sup>1</sup>LEHIGH UNIVERSITY, <sup>2</sup>TILBURG UNIVERSITY  
luis.zuluaga@lehigh.edu

**Abstract.** We begin by showing that conditions for strong Lagrangian duality of non-convex optimization problems can be obtained via a proof inspired by polynomial optimization techniques. By further looking into conditions for dual attainment, this approach leads to a generic way to reformulate equality constrained binary optimization problems as unconstrained binary optimization problems. This type of reformulations have gained recent importance, thanks to the fact that they allow quantum computers to be used to address the solution of a wide range of combinatorial optimization problems. We finish by discussing how our results can be extended to the case of mixed binary optimization problems.

---

**DECISION-DEPENDENT WASSERSTEIN DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION**Mauricio Junca<sup>1</sup>, Diego Fonseca<sup>1</sup><sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
mj.junca20@uniandes.edu.co

**Abstract.** We propose a distributionally robust approach to a mode estimation based on a robustification of kernel density estimators. Our method considers the mode of the largest nonparametric density estimator achievable over Wasserstein balls centered around the empirical distribution function. We show that the  $\infty$ -Wasserstein case leads to simple tractable estimators that can achieve minimax optimal convergence rates under mild distributional assumptions.

---

**ROBUST SUPPORT VECTOR MACHINES VIA CONIC OPTIMIZATION**Valentina Cepeda<sup>1</sup>, Andres Gomez<sup>2</sup>, Shaoning Han<sup>2</sup><sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, <sup>2</sup>UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA  
gomezand@usc.edu

**Abstract.** We consider the problem of learning support vector machines robust to uncertainty. It has been established in the literature that typical loss functions, including the hinge loss, are sensible to data perturbations and outliers, thus performing poorly in the setting considered. In contrast, using the 0-1 loss or a suitable non-convex approximation results in robust estimators, at the expense of large computational costs. In this paper we use mixed-integer optimization techniques to derive a new loss function that better approximates the 0-1 loss compared with existing alternatives, while preserving the convexity of the learning problem. In our computational results, we show that the proposed estimator is competitive with the standard SVMs with the hinge loss in outlier-free regimes and better in the presence of outliers.

---

## CONSENSUS-BASED DISTRIBUTED OPTIMIZATION FOR MULTI-AGENT SYSTEMS OVER MULTIPLEX NETWORKS

Eduardo Mojica-Nava<sup>1</sup>, Chistian Rodriguez<sup>1</sup>, Andrés Urquijo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

eamojican@unal.edu.co

**Abstract.** Multilayer networks provide a more comprehensive framework for exploring real-world and engineering systems than traditional single-layer networks, consisting of multiple interacting networks. However, despite significant research in distributed optimization for single-layer networks, similar progress for multilayer systems is lacking. This paper proposes two algorithms for distributed optimization problems in multiplex networks using the supra-Laplacian matrix and its diffusion dynamics. The algorithms include a distributed saddle-point algorithm and its variation as a distributed gradient descent algorithm. By relating consensus and diffusion dynamics, we obtain the multiplex supra-Laplacian matrix. We extend the distributed gradient descent algorithm for multiplex networks using this matrix and analyze the convergence of both algorithms with several theoretical results. Numerical examples validate our proposed algorithms, and we explore the impact of interlayer diffusion on consensus time. We also present a coordinated dispatch for interdependent infrastructure networks (energy-gas) to demonstrate the application of the proposed framework to real engineering problems.

---

## CONTROL ÓPTIMO DEL DENGUE EN DOS PARCHES CON RECURSOS LIMITADOS

Edwin Barrios<sup>1</sup>, Olga Vasilieva<sup>1</sup>, Mikhail Svinin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE, <sup>2</sup>RITSUMEIKAN UNIVERSITY

edwin.barrios@correounivalle.edu.co

**Resumen.** A pesar de las medidas preventivas en curso para el control de vectores, el dengue todavía presenta brotes y los desplazamientos diarios de las personas también facilitan su propagación. Para contener la propagación de la enfermedad después de que ya se ha producido un brote, las autoridades sanitarias locales se ven obligadas a realizar fumigaciones con insecticidas como medida correctiva del control de vectores, tratando así de evitar infecciones humanas masivas. Varias cuestiones relacionadas con la implementación práctica de tales medidas correctivas pueden resolverse desde un punto de vista matemático, y el propósito de este estudio es contribuir a esta línea de investigación. Utilizando como base un modelo ODE de transmisión del dengue de dos parches, diseñamos las estrategias óptimas dependientes del parche para la fumigación de insecticidas con el enfoque de control óptimo. También analizamos la respuesta de las estrategias óptimas a tres modos alternativos de recortes presupuestarios bajo diferentes intensidades de desplazamiento diario. Nuestro enfoque ilustró que intentar “ahorrar dinero” reduciendo el presupuesto para el control correctivo es completamente imprudente, y que los “ahorros” previstos en realidad se convertirán en un gasto público adicional considerable para el tratamiento de infecciones humanas, que podría haberse evitado con una intervención correctiva oportuna.

---

## ANALYZING THE INFLUENCE OF KEY PARAMETERS VARIATION IN DISTRIBUTIONALLY ROBUST OPTIMIZATION WITH WASSERSTEIN DISTANCE: A NETWORKED MICROGRIDS PERSPECTIVE

Edwin Cervera<sup>1</sup>, Sebastian Linares-Rugeles<sup>1</sup>, Eduardo Mojica-Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ

eacerveraf@unal.edu.co

**Abstract.** This study emphasizes the importance of accurately modeling uncertain parameters, especially those related to climate factors, using Distributionally Robust Optimization (DRO) with the Wasserstein metric. We explore how could change the optimal answers in modeling parameters, like selecting the Wasserstein radius and adjusting empirical probability density functions (PDFs), affect optimization outcomes. Our analysis offers insights into different methods for estimating central distributions derived from data, highlighting the resilience and flexibility of optimization models in dealing with unpredictable environmental factors.

---

## A CENTERED NEWTON METHOD FOR NONLINEAR COMPLEMENTARITY PROBLEM

Favián Arenas<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>, María González-Lima<sup>2</sup>, Carlos Andrés Arias Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL NORTE

farenas@unicauca.edu.co

**Abstract.** In this work we present a centered Newton type algorithm for solving the nonlinear complementarity problem by a reformulation of the problem as a nonlinear system of equations with nonnegativity constraints. The proposed algorithm considers centered Newton directions projected over the feasible set in order to maintain iterate feasibility. We present theoretical and numerical results for the proposal.

---

## A LEAST-CHANGE SECANT ALGORITHM FOR SOLVING GENERALIZED COMPLEMENTARITY PROBLEM

Hevert Vivas<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>, Carlos Andrés Arias Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA

hevivas@unicauca.edu.co

**Abstract.** In this paper, we propose a least-change secant algorithm to solve the generalized complementarity problem indirectly through its reformulation as a nonsmooth system of nonlinear equations using a one-parametric family of complementarity functions. We present local and superlinear convergence results of new algorithm and analyze its numerical performance.

---

---

## IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE DIJKSTRA, PARA DETERMINAR LA RUTA MÁS CORTA EN ATENCIÓN DE CASOS DE INCIDENTES DELICTIVOS

Isnardo Arenas Navarro<sup>1</sup>, Eliseo Gallo Albarracín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

eliseo.gallo@unimilitar.edu.co

**Resumen.** Los índices de delincuencia en una población se ven afectados por la constante inseguridad que viven los ciudadanos al desplazarse de un punto a otro. Distintas zonas, calles y espacios públicos de las ciudades con mayor densidad tienen un alto índice de delincuencia (robo, extorsión, etc.). En situaciones en las cuales ocurren incidentes delictivos, es fundamental encontrar las rutas adecuadas para llegar al destino de origen de incidente. En este caso lo que se busca es identificar el camino más corto desde donde se encuentre la unidad operativa hasta el lugar donde se origina el incidente. El problema del camino más corto consiste en encontrar el camino más corto entre dos vértices (o nodos) de un grafo; para encontrar soluciones al problema del camino más corto se utilizan algoritmos como las distintas variaciones del algoritmo de Dijkstra. Una red de tráfico puede considerarse un grafo formado por un conjunto de vértices y un conjunto de aristas. Para calcular la longitud del camino más corto desde el origen hasta cada uno de los nodos restantes del grafo, se simula la implementación del algoritmo de Dijkstra mediante un software específico. Esta ponencia presentará una visión general del análisis del camino más corto para un mecanismo eficaz de respuesta a incidentes delictivos (atracos, robos, extorsiones, etc.) que minimice los tiempos de llegada de unidades policiales disponibles. Se analizan tanto la teoría de grafos considerando el análisis de redes en sistemas de información geográfica, con el fin de modelar y analizar la ruta más corta considerando diversas variables como lo son las rutas y el tráfico en un momento específico. Se pondrán en consideración la integración simulada de valores obtenidos en tiempo real de Sistemas de Información Geográfica (SIG), proporcionamos alguna aplicación Web para encontrar rutas óptimas desde las ubicaciones de las estaciones de los equipos de respuesta especializados hasta el lugar de los incidentes, con el fin de maximizar su capacidad de respuesta ante incidentes peligrosos.

---

## RELIABILITY-BASED SIZING OF ISLANDED MULTI-ENERGY MICROGRID: A CONIC CHANCE-CONSTRAINED OPTIMIZATION APPROACH

Juan Camilo Camargo-Berrueto<sup>1</sup>, Diego Adolfo Mejía-Giraldo<sup>1</sup>, Santiago Lemos-Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

camilo.camargo@udea.edu.co

**Abstract.** This paper presents a methodology to optimally design a multi-energy microgrid with thermal and electric loads considering N-1 and probabilistic regulation reserves. This methodology consists of a chance-constrained optimization that determines the optimal sizing of the microgrid. Microgrid operations are rigorously considered by modelling hourly thermal and electric demand patterns as well as technology production schedules over a year. Such schedules include both electric and thermal power balances, ramp constraints, N-1 and regulation reserves, among others. To ensure a reliable microgrid design and operation, reserve constraints have been proposed to deal with both N-1 generation contingencies, and forecast errors. N-1 reserves guarantee that a sudden outage of any of the electric generators is strategically covered by the remaining generators in order to avoid load shedding. Additionally, nonzero-mean random forecast errors of electric load and solar production are addressed by a set of chance constraints able to schedule asymmetric up and down regulation reserves. Their levels are high enough to cover hourly random forecast errors (or

intermittencies) with a high threshold probability. The proposed methodology results in a mixed integer second-order cone program. Results of microgrid designs with and without reliability reserves are carefully analysed and compared. Neglecting reliability constraints leads to a lower-cost design at the expense of exposing the microgrid to unsafe operation. Finally, sensitivity analysis to study the optimal portfolio sizing with respect to electric BESS investment cost, solar production forecast mean error, and random intermittency threshold probability are performed.

---

## UN MODELO DE AGENTES HETEROGÉNEOS EN TIEMPO CONTINUO CON CHOQUES ESTOCÁSTICOS EN EL INGRESO.

Juan Carlos Zambrano Jurado<sup>1</sup>, Rafael Serrano<sup>2</sup>, Marcen Eduardo Laguna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

juan.carlos.zambrano@correounivalle.edu.co

**Resumen.** En este estudio se plantea un modelo teórico de agentes heterogéneos, que resulta de una aplicación del control óptimo estocástico en tiempo continuo a la macroeconomía. El modelo involucra choques idiosincráticos no asegurables en el ingreso de los agentes, a través de procesos estocásticos de difusión y de saltos los cuales permiten acercarse a los distintos procesos de riesgo en el ingreso, y analizar sus efectos en las decisiones óptimas de consumo, ahorro y distribución conjunta de los agentes. El modelo se resuelve numéricamente por medio de diferencias finitas, el cual tiene asociado un sistema de ecuaciones acopladas dado por la ecuación de Hamilton-Jacobi-Bellman (H.J.B), que decide el problema de optimización de consumo y ahorro de cada agente, y la ecuación de kolmogorov (k.F), que caracteriza la evolución en el tiempo de la distribución de riqueza de los agentes, dadas las elecciones óptimas de los individuos. Los resultados muestran que el tamaño de los choques modelados por procesos de difusión y de saltos en el ingreso, afectan directamente la incertidumbre del modelo y las decisiones de política óptima de los agentes.

---

## DATA ANALYSIS, OPTIMIZATION, AND MODEL SIMULATION IN TRACKING PROBLEMS: A CASE STUDY IN THE CONTEXT OF COVID-19 FOR THE MINIMIZATION OF SUSCEPTIBLE AND INFECTED POPULATION USING SIMULINK

Justo Manuel Castro Jimenez<sup>1</sup>, Alfredo Rafael Roa Narvárez<sup>1</sup>, Jeinny Maria Peralta Polo<sup>1</sup>, Miguel Antonio Caro Candezano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

alfredoroo@mail.uniatlantico.edu.co

**Abstract.** This study focuses on the implementation of a mathematical model in SIMULINK to analyze control strategies against COVID-19 in Colombia, where, despite the global health emergency having passed, the virus spread continues. Utilizing the SIRC model, strategies targeting both susceptible and infected populations include vaccination and preventive measures for the former, and treatment and isolation for the latter. The use of SIMULINK allows for precise simulation of the virus transmission dynamics, providing a valuable tool for the evaluation and optimization of interventions. By highlighting the application of control strategies in the post-emergency scenario, this work underscores the importance of an adaptive and ongoing response to the persistent threat of the virus. The findings reaffirm the need for maintaining flexible and effective control strategies, even after the acute phase of the pandemic has ended, significantly contributing to the understanding of infectious disease management in a specific country context.

---



## SOLVING MATRIX POLYNOMIAL EQUATIONS BY GLOBAL QUASI-NEWTON ALGORITHM

Mauricio Macías<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>, Héctor J. Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE  
mauromac@unicauca.edu.co

**Abstract.** In this work we propose a global quasi-Newton algorithm to solve matrix polynomial equations using an exact linear search strategy with a commutativity hypothesis. We show that the strategy does not affect the convergence of the method. Furthermore, we present some numerical tests that show the good behavior of the algorithm.

---

## MINIMIZING OPTIMIZER S BIAS: DATA-DRIVEN DISTRIBUTIONALLY ROBUST RISK-AVERSE PORTFOLIO OPTIMIZATION

Sebastián Linares-Rugeles<sup>1</sup>, Edwin Cervera<sup>1</sup>, Eduardo Mojica-Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ  
slinaresr@unal.edu.co

**Abstract.** A risk averse portfolio optimization problem is defined using the condition-value-at-risk metric. Leveraging a linear robust reformulation of a Wasserstein-ambiguity-based distributionally robust optimization problem, the authors seek to compare the performance of the previous DROW reformulation to that of the sample average approximation (SAA) stochastic program for the risk-averse portfolio optimization in terms of the out-of-sample performance, with different sample data structure, size and characteristics.

---

## ESTRATEGIAS DE CONTROL EN UN MODELO MATEMÁTICO PARA COMBATIR EL DENGUE

Victor Manuel Salcedo Rosero<sup>1</sup>, Luis Eduardo López Montenegro<sup>2</sup>, Ana María Pulecio Montoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO - RECINTO DE MAYAGÜEZ, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

<sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE CALDAS, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS  
victorsalcedorosero@gmail.com

**Resumen.** En el transcurrir de la ponencia se presenta en un principio un modelo matemático donde se estudia el crecimiento de mosquitos hembra adultos *Aedes aegypti* y se acopla a la dinámica de transmisión del virus del dengue en la población humana. Se realiza un análisis de estabilidad local de los puntos de equilibrio con base en el número reproductivo básico de la enfermedad, el cual está dependiendo de un control  $\varepsilon$ . A continuación, se realiza una estrategia de control constante  $\varepsilon^*$ , seguidamente se presenta una estrategia de control considerando la función  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  acotada en el intervalo  $[0, 1]$  y con ello se establece el problema de optimización para la función de costos  $C(T)$  considerando la función  $\varepsilon(t)$ , sujeta a algunas restricciones. Con estos resultados se analiza la pertinencia de aplicar dichos controles a la población del mosquito transmisor para reducir la cantidad de personas infectadas y eventualmente eliminar la enfermedad del entorno. Por último, se llevan a cabo simulaciones numéricas utilizando el software MATLAB para comparar escenarios con control constante, control  $\varepsilon(t)$  y sin control.

---

## A JACOBIAN SMOOTHING INEXACT NEWTON METHOD FOR SOLVING THE NONLINEAR COMPLEMENTARY PROBLEM

Wilmer Sánchez Grueso<sup>1</sup>, Carlos Andrés Arias Torres<sup>1</sup>, Rosana Pérez Mera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
wilmersanchez@unicauca.edu.co

**Abstract.** In this paper, we propose a Jacobian smoothing inexact Newton-type algorithm for solving the nonlinear complementarity problem by reformulating it as a system of nonlinear equations. We show that the algorithm converges up to  $q$ -quadratically and present numerical experiments that show its good local performance. In order to compare in terms of time our algorithm with other known algorithms, we introduce a new normalized measurement that we call *time index*.

## MUNITOR BY ELIPSON SINERGY

Andres Mateo Chilito Avella<sup>1</sup>, Juan David Alfonso Giraldo<sup>1</sup>, Cristihan David Meza Poveda<sup>1</sup>,  
Franklin Smith Fernandez Romero<sup>1</sup>, Brayan Camilo Joya Herrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
a.chilitoa@uniandes.edu.co

**Resumen.** La agricultura de precisión muestra grandes oportunidades para transformar la industria ganadera y lechera en Colombia. Un país con un profundo legado agrícola y desafíos emocionantes debido a su diversidad geográfica como climática. En este contexto, se introduce un collar ganadero llamado MUnitor, con el que se espera no solo mejorar la productividad y el bienestar animal, sino también ofrecer soluciones sostenibles para los retos ambientales asociados con el sector lechero y ganadero tradicional. Colombia, albergando una de las mayores poblaciones de ganado en América Latina, enfrenta una gran necesidad por adoptar prácticas agrícolas sostenibles. Con más de 23 millones de cabezas de ganado [?] y una producción lechera que supera los 7,000 millones de litros anualmente[?], el impacto ambiental de la ganadería convencional incluye la deforestación, la emisión de gases de efecto invernadero, el uso intensivo de recursos, entre muchos otros factores que se convierten en un tema de alta preocupación. Con este contexto, el MUnitor se posiciona como una herramienta ideal en el esfuerzo por mitigar estos impactos, a través de la optimización de la gestión del ganado, la promoción de prácticas de pastoreo más eficientes y menos dañinas para el medio ambiente. El MUnitor puntualmente combina el análisis de la salud y el bienestar del animal, monitoreo de su actividad, ubicación e identificación individual. Lo anterior aprovechando tecnologías disponibles como: IoT (Internet de las Cosas), IA (Inteligencia Artificial), y análisis de grandes datos. Esta integración permite una gestión precisa del ganado, detección temprana de enfermedades, optimización del ciclo reproductivo y mejora en la producción de leche, adaptándose a las condiciones específicas de las fincas colombianas, específicamente nos hemos enfocado en pequeños campesinos que requieren de nuestro apoyo para cultivar prácticas sostenibles, mientras se les brinda acompañamiento en su crecimiento. Algunas de las características del MUnitor son: La detección temprana de enfermedades a través del monitoreo continuo de signos vitales reduciendo la mortalidad y los costos veterinarios; La optimización del ciclo reproductivo aumentando la tasa de éxito en la inseminación artificial; La integración de tecnologías GPS mejorando la gestión del pastoreo, reduciendo el impacto ambiental y aumentando la sostenibilidad de las prácticas ganaderas. Otro de los aspectos a resaltar, es la aplicación con tecnologías web que enseña al ganadero/lechero prácticas sostenibles, al igual que transmite información relevante para la gestión eficiente (esto después de procesar y analizar todas las variables y datos recolectados para su finca, en tiempo real) y la toma de decisiones ambientalmente responsables como optimizadas, esto mientras se acompaña y capacita constantemente al campesino. Es claro que la implementación de esta tecnología en el sector ganadero y lechero colombiano no solo es capaz de mejorar la sostenibilidad ambiental, sino

también fortalecer la resiliencia económica de los campesinos frente a los diversos desafíos que enfrenta el campo colombiano. Mediante la optimización de las prácticas de pastoreo y la mejora en la eficiencia de la producción de leche y carne, se espera que el collar contribuya significativamente a la reducción de la huella de carbono del sector. Además, la tecnología GPS incorporada ofrece una gestión del territorio más eficiente, promoviendo la conservación de los ecosistemas naturales y la biodiversidad. A través de su implementación se espera no solo una revolución en la productividad y el bienestar animal, sino también crear un modelo sostenible y replícale que pueda ser adaptado en otras regiones con desafíos similares, representando un modelo escalable que puede servir como referencia para la innovación en el sector agrícola a nivel global, demostrando el potencial de la tecnología para transformar de manera positiva las prácticas ganaderas y lecheras.

*Palabras clave:* Agricultura de precisión, Procesamiento de señales, Internet de las Cosas, Blockchain, Eficiencia energética en sistemas embebidos, Tecnologías de bajo consumo y largo alcance.

---

## MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE AGUA EMBOTELLADA

Andrés Eduardo Guaca Gómez<sup>1</sup>, Juan José Ruiz Ruiz<sup>1</sup>, Enzo Varela Macias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
1110362064@javerianacali.edu.co

**Resumen.** Producir agua embotellada implica aspectos logísticos, de inventario, gestión de maquinaria y demanda constante. Para optimizar este proceso se necesitan soluciones y análisis matemáticos que permitan mejorar el rendimiento y la eficiencia en la línea de producción. La optimización de recursos y la planificación son esenciales para satisfacer las demandas de los clientes. Este proyecto se enfoca en optimizar la producción de agua embotellada de una empresa colombiana, donde se adapta un modelo de programación lineal para maximizar la eficiencia operativa y minimizar costos con los datos de costos, demanda, y tiempos de producción. Se identifica que operar con 5 subperiodos por mes minimiza los costos. La planificación muestra cómo cumplir con la demanda y organizar los cambios de configuración. Los inventarios muestran adaptabilidad a la demanda. El análisis de sensibilidad revela que la configuración de la máquina impacta en los costos totales. Se proponen mejoras como ajustar suposiciones, considerar costos de cambio variables y explorar algoritmos más sofisticados para refinar el modelo.

---

## OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CORTE PARA LA FUNDICIÓN DE CUCHARAS DE DRAGA

Julián Soto<sup>1</sup>, Laura Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
juliansoto29@javerianacali.edu.co

**Resumen.** El presente trabajo examina la optimización del proceso de extracción de oro utilizando dragas en el río Nechí, Antioquia, enfocándose específicamente en la reutilización de cucharas hechas de acero al manganeso, un material importado actualmente por la empresa desde instituciones europeas. Dada la volatilidad de los precios y la incertidumbre en las fuentes de suministro, la empresa ha explorado estrategias para reutilizar el acero de las cucharas desgastadas en la producción de nuevas piezas, lo que podría garantizar la disponibilidad de materiales y reducir la dependencia de las importaciones. El estudio revela que el costo actual de cortar una cuchara usando el patrón existente, que utiliza una cuadrícula de

50 cm por lado, es de aproximadamente 5.000.000 COP, incluyendo el gas acetileno y un día de mano de obra, resultando en un costo de acero reutilizado por kilogramo de aproximadamente 2.500 COP. A nivel macro, la reutilización del manganeso no solo promete reducciones significativas en costos sino también en los impactos ambientales adversos asociados con la extracción y transporte del manganeso, que incluyen la liberación de polvo y gases tóxicos y las emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de los beneficios, la reutilización del acero al manganeso resulta ser 500 pesos colombianos más costosa por kilogramo que la importación del material. Por lo tanto, se ha propuesto una estrategia para hacer más rentable la reutilización, centrándose en optimizar el tiempo de corte de las cucharas. La investigación detalla el desarrollo de un modelo de programación lineal y un algoritmo para organizar patrones de corte que minimicen el tiempo y el costo asociado, especialmente en el uso de gas acetileno, que es directamente proporcional al tiempo de operación. Este modelo teórico sugiere que el tiempo requerido para cortar la figura cóncava de la cuchara podría reducirse de 12 a 9 horas, logrando así una reducción del costo teórico a 1.600 pesos. Sin embargo, se resalta que estos resultados son teóricos y se basan en supuestos que podrían no sostenerse en práctica, por lo que se recomienda una fase de prueba. Un mes después de la implementación del nuevo patrón de corte, se reporta una reducción a la mitad del tiempo de corte necesario, resultando en un costo aún más bajo de 1.250 pesos por cuchara. Este éxito práctico demuestra la viabilidad de la estrategia propuesta, aunque el trabajo reconoce que hay margen para mejoras adicionales y sugiere que la generación de patrones de forma aleatoria podría ser un área fructífera para futuras investigaciones, especialmente si se puede hacer de manera que no sea costosa computacionalmente. En conclusión, este estudio no solo aborda un problema específico dentro de la industria minera de oro sino que también propone soluciones innovadoras que tienen el potencial de mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental, marcando un paso significativo hacia la independencia de las fluctuantes dinámicas del mercado global de materias primas.

---

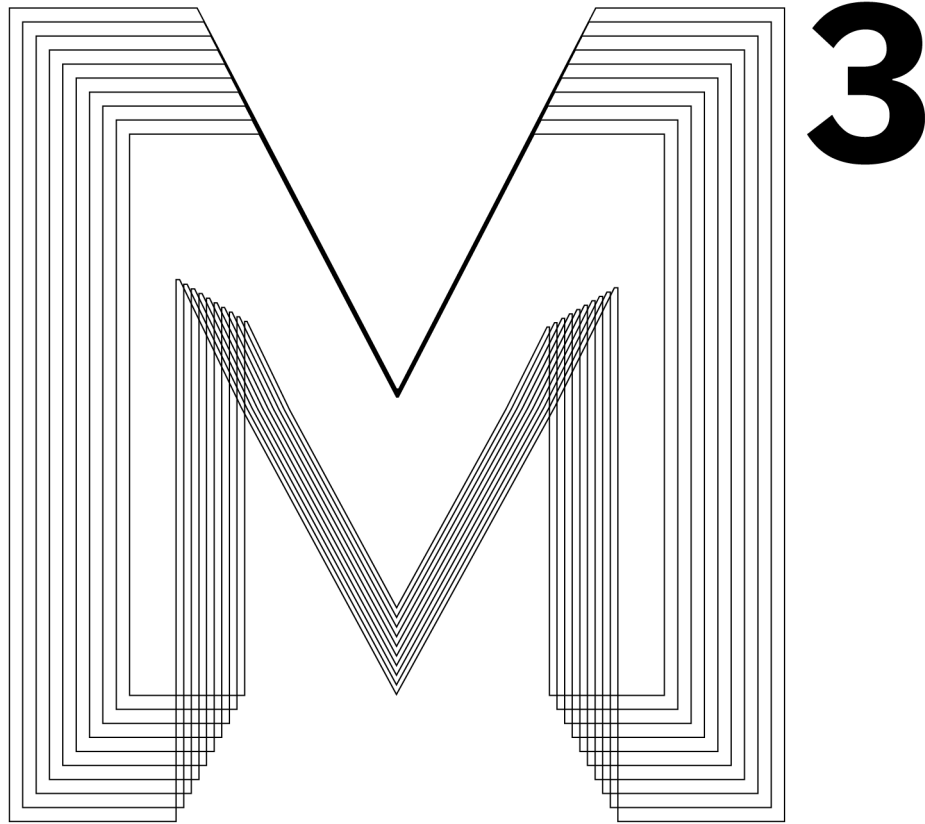
## GENERATING BIRDSONGS THROUGH PHYSICAL MODELS AND NUMERICAL OPTIMIZATION

Sebastián Aguilera Novoa<sup>1</sup>, Francisco Gómez J.<sup>1</sup>, Gabo B. Mindlin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
saguileran@unal.edu.co

**Abstract.** In this study, a physical-computational model is introduced, aiming to automate the generation of birdsongs from recorded samples. The integration of concepts from numerical analysis, signal processing, and numerical optimization facilitates this objective. The problem is formulated as a minimization problem to identify the optimal parameters that accurately replicate the tempo-spectral features of the original birdsongs. The model is widely tested and evaluated, with a primary focus on the Rufous-collared sparrow birdsongs, demonstrating impressive results with relative errors in the fundamental frequency below 2

---



# Análisis numérico y ecuaciones diferenciales parciales

---

## IDENTIFICACIÓN DE UN COEFICIENTE DE VELOCIDAD LINEAL EN UN MODELO DISPERSIVO NO LINEAL

Juan Carlos Muñoz  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
jcarlmz@yahoo.com

**Resumen.** En esta charla consideramos el problema inverso de identificar el coeficiente de velocidad lineal  $c(x)$  en la ecuación diferencial dispersiva no lineal de tipo Benjamin-Bona-Mahony (BBM)

$$\begin{aligned}u_t - \beta u_{xxt} + (c(x)u)_x + d(x, t)u + \gamma uu_x &= f(x, t), \\u(x, 0) &= u_0(x), \\u(0, t) &= u(L, t) = 0, \quad x \in [0, L], \quad t \in [0, T],\end{aligned}$$

donde  $\gamma$  (parámetro de no linealidad),  $\beta$  (parámetro de dispersión) son constantes positivas pequeñas y  $d(x, t), f(x, t), u_0(x)$  son funciones dadas. Este tipo de modelos describe la propagación de ondas de agua con pequeña amplitud en la superficie de un canal raso unidimensional con una topografía sumergida [1], la cual está relacionada con el coeficiente  $c(x)$ . Para el estudio del problema inverso propuesto, dada una observación de la amplitud de la onda  $u(x, T)$  en el tiempo final  $t = T$ , medida en la superficie de un canal con longitud  $L$ , el problema se reformula como uno de minimización restringida (PMR) para un funcional regularizado apropiado. Se deduce un estimativo de estabilidad local para el problema (PMR), el cual se valida numéricamente utilizando herramientas de la librería Dolfin-adjoint y FeniCS sobre Python [2, 3]. Finalmente, se ilustra numéricamente en algunos ejemplos la técnica presentada para la identificación del coeficiente  $c(x)$ . Los resultados presentados extienden al caso no lineal los resultados obtenidos por Pipicano et al. en [4] para una ecuación de tipo BBM lineal.

**Referencias:** [1] R. Grimshaw. Internal solitary waves in a variable medium, Adv. Fluid. Mech. 40, WIT Press, 209-218, 2004.  
[2] S.W. Funke and P.E. Farrel. A framework for automated PDE-constrained optimization, <https://arxiv.org/abs/1302.3894>, 2013.  
[3] A. Logg, K.A. Mardal and G.N. Wells. Automated solution of differential equations by the Finite Element Method, Lecture notes in Computational Science and Engineering, 84, Springer, 2012.  
[4] F. Pipicano, J.C. Muñoz and A. Sosa. Reconstruction of a space-dependent coefficient in a linear Benjamin-Bona-Mahony type equation, Comput. Methods Appl. Math. , 2021.

## ROBUST DOMAIN DECOMPOSITION STRATEGIES FOR HIGH-CONTRAST MULTISCALE PROBLEMS ON IRREGULAR DOMAINS

Juan Galvis<sup>1</sup>, Juan Calvo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ. <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
jcgalvisa@unal.edu.co

**Abstract.** Our research focuses on developing domain decomposition preconditioners tailored for second-order elliptic partial differential equations. We address two key challenges: handling coefficients with high contrast and accommodating irregular domains. The robustness of our preconditioners is crucial for real-world applications, such as modeling subsurface flow in porous media. Our method constructs a partition of unity using local spectral information and implements a two-level additive Schwarz preconditioner. Numerical experiments confirm their robustness. This talk follows: Calvo, Juan G., and Juan Galvis. "Robust domain decomposition methods for high-contrast multiscale problems on irregular domains with virtual element discretizations." *Journal of Computational Physics* (2024): 112909.

---

## OLAS MONSTRUOSAS –FREAK WAVES– REFLEJADAS POR ESTRUCTURAS COSTERAS

David Andrade

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
deandradep@gmail.com

**Resumen.** En la actualidad, alrededor del 40% de la población mundial habita en regiones costeras. La proximidad con el mar otorga importantes beneficios económicos que impulsan el desarrollo de grandes centros urbanos, industrias e infraestructura. Con el fin de salvaguardar a la población de las incursiones del mar, se construyen estructuras costeras como rompeolas, malecones o terraplenes, pero se prevé que, debido al aumento del nivel medio del mar, los daños causados por incursiones del mar aumenten. Con el objetivo de poder pronosticar oleajes peligrosos, presentaremos un modelo que nos permite calcular la distribución de probabilidad de la altura de las olas que se reflejan en una pared vertical. Las predicciones de nuestro modelo se basan en el espectro de las olas que se propagan hacia la costa, donde modelamos una estructura de defensa costera como una pared vertical, y un valor promedio de la profundidad. Con esta información obtenemos la evolución temporal de una matriz de correlación de la cual podemos obtener tres resultados importantes: la evolución temporal del espectro de las olas, una serie temporal de la varianza de la superficie libre en el lugar de la estructura y la probabilidad de excedencia para la altura de las olas. Nuestro resultado principal es que dependiendo de las características del oleaje que golpea la estructura y la profundidad, puede haber un incremento significativo en la probabilidad de obtener olas sorprendentemente altas, que podrían ser catalogadas como 'freak waves' u olas monstruosas.

---

## RESIDUAL-BASED A POSTERIORI ERROR ANALYSIS FOR A THREE-DIMENSIONAL TIME-HARMONIC EDDY CURRENT PROBLEM

Ramiro Acevedo<sup>1</sup>, Christian Gómez<sup>2</sup>, Bibiana López-Rodríguez<sup>3</sup>, Rodolfo Rodríguez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS,

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, <sup>4</sup>UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

rmacevedo@unicauca.edu.co

**Abstract.** The eddy current model is obtained by dropping the displacement currents from Maxwell equations and it provides a reasonable approximation to the solution of the full Maxwell system in the low frequency range. This model is commonly used in various scientific and industrial applications, such as induction heating, electromagnetic braking, electric generation, etc. In this talk we study the reliability and the efficiency of residual-based a posteriori error estimators for a three-dimensional time-harmonic eddy current problem in a bounded computational domain. We consider a model which is obtained by introducing three potential functions of the electromagnetic fields as main variables: a scalar potential for the electric field in the conductor, a vector potential for the magnetic field in a convex domain containing the conductor and the support of the electric sources, and a scalar potential for the magnetic field in the rest of the domain. The proposed local error indicators and the global error estimator are derived from a residual-based error equation, which is the sum of three specific error equations, each corresponding to one of the main variables in the model. The indicators consider terms defined in the elements (tetrahedrons) of the triangulation and on its faces, including the interfaces between elements where are computed two different electromagnetic potential functions. The reliability of the global error estimator is deduced by combining the orthogonality of the error with the definition of a Scott-Zhang type interpolation operator which preserves some properties of the normal traces. Furthermore, the efficiency for the global estimator is obtained by using the standard quartic and cubic bubble functions to provide the upper estimates for the volumetric and jump terms of the local error indicators. Finally, we present numerical examples confirming the reliability and efficiency of the a posteriori error estimators, and showing the good performance of the associated adaptive algorithms.

## ROBUST VIRTUAL ELEMENT METHODS FOR COUPLED STRESS-ASSISTED DIFFUSION PROBLEMS

Andres Eduardo Rubiano Martinez<sup>1</sup>, Ricardo Ruiz Baier<sup>1</sup>, Rekha Khot<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MONASH UNIVERSITY

andres.rubianomartinez@monash.edu

**Abstract.** This paper aims first to perform robust continuous analysis of a mixed nonlinear formulation for stressassisted diffusion of a solute that interacts with an elastic material, and second to propose and analyse a virtual element formulation of the model problem. The two-way coupling mechanisms between the Herrmann formulation for linear elasticity and the reaction-diffusion equation (written in mixed form) consist of diffusion-induced active stress and stress-dependent diffusion. The two sub-problems are analysed using the extended Babuška–Brezzi–Braess theory for perturbed saddle-point problems. The well-posedness of the nonlinearly coupled system is established using a Banach fixed-point strategy under the smallness assumption on data. The virtual element formulations for the uncoupled sub-problems are proven uniquely solvable by a fixed-point argument in conjunction with appropriate projection operators. We derive the a priori error estimates, and test the accuracy and performance of the proposed method through computational simulations



## ANÁLISIS NUMÉRICO DE UNA FAMILIA DE ECUACIONES MIXTAS DEGENERADAS.

Beatriz Rojas García<sup>1</sup>, Christian Camilo Gómez Mosquera<sup>1</sup>, Ramiro Miguel Acevedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA

brojasg@unillanos.edu.co

**Resumen.** En esta charla, se expone la estructura matemática de una familia de ecuaciones mixtas degeneradas lineales. Las condiciones necesarias para la existencia y unicidad del problema continuo se encuentran presentadas en Showalter2 (2022). El propósito de la ponencia es estudiar una aproximación totalmente discreta, empleando en la variable temporal el método de Euler implícito y en la variable espacial espacios finito dimensionales conformes (para las aplicaciones concretas espacios de elementos finitos.) Esta familia de ecuaciones degeneradas mixtas lineales han sido estudiadas por Acevedo y Gómez (2022). No obstante, la intención es generalizar los resultados obtenidos mediante la inclusión de nuevos operadores que amplíen los alcances de los artículos previos, permitiendo así nuevas aplicaciones. Cabe destacar que entre los trabajos introductorios a este tipo de estudio tenemos a Boffi y Gastaldi (2004); Bernardi y Raugel (1985), y como referencia básica se menciona el libro de Thomée (1997). Así, en la charla se presentan las hipótesis necesarias y suficientes para que la aproximación totalmente discreta posea solución única. Además, se discutirá un Lema que permite acotar el error absoluto en términos de un error de proyección. Por último, se mostrarán experimentos numéricos que respaldan los resultados obtenidos.

---

## ALGORITMO GOLUB-KAHAN BIDIAGONAL APLICADO A EIGENFACES

Carlos Enrique Nosa Guzman<sup>1</sup>, Brayan Alejandro Romero Castro<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

cnosa@unal.edu.co

**Resumen.** Esta ponencia se centra en el estudio del algoritmo Golub-Kahan bidiagonal para la descomposición SVD de una matriz y su aplicación en el contexto de caras propias (Eigenfaces). Durante la presentación, se abordarán los principios teóricos y algorítmicos del algoritmo Golub-Kahan bidiagonal y su eficacia en el cálculo de la SVD, destacando la optimización del cálculo numérico. Además, se examinará cómo esta técnica se adapta específicamente al análisis de Eigenfaces, permitiendo una representación eficiente y compacta de las características faciales en un espacio dimensional reducido (PCA).

**Palabras clave:** Álgebra Lineal Numérica, Eigenfaces, descomposición SVD.

---

## MIXED VARIATIONAL FORMULATIONS OF VIRTUAL ELEMENTS FOR THE POLYHARMONIC OPERATOR

Carlos Reales<sup>1</sup>, Iván Velásquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL SINÚ - ELÍAS BECHARA ZAINUM  
creales@correo.unicordoba.edu.co

**Abstract.** In this work we will present a method of virtual elements to approximate the solution of a polyharmonic problem  $(-\Delta)^n u = g$ . We will consider  $m + 1$  auxiliary unknowns when  $n = 2m + 1$ , and  $m$  auxiliary unknowns for  $n = 2m$ . In the first case ( $n = 2m + 1$ ), we will solve  $m$  fourth order problems and a second order one. In the even case, only  $m$  fourth-order problems have to be solved. Virtual element conforming discretizations are written for each fourthorder problem in  $C^1$ , and a  $C^0$ -virtual element method is established for the second-order problem. We also carry out the error analysis for both cases. Finally, we report a series of numerical tests to verify the performance of numerical scheme.

---

## A WELL-BALANCED AND ENTROPY STABLE SCHEME FOR A REDUCED BLOOD FLOW MODEL

Carlos A. Vega<sup>1</sup>, Sonia Valbuena<sup>2</sup>, Raimund Burger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL NORTE, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO, <sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
cvega@uninorte.edu.co

**Abstract.** This talk is based on designing of a very simple and computationally inexpensive well-balanced and entropy conservative finite volume scheme for a one-dimensional blood flow model which can preserve the man-at-eternal-rest steady state. Moreover, a numerical diffusion in terms of entropy variables was added to the entropy conservative scheme to obtain an entropy stable scheme. Some relevant numerical tests demonstrate that the proposed scheme preserves the steady state and gives good resolution for discontinuous solutions.

---

## MATHEMATICAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF AN EDDY CURRENT MODEL WITH INPUT CURRENT INTENSITIES

Christian Camilo Gómez Mosquera<sup>1</sup>, Ramiro Miguel Acevedo Martínez<sup>2</sup>, Romel Andres Bustinza Pariona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
chgomez@unillanos.edu.co

**Abstract.** The aim of this work is to propose a time-dependent degenerate parabolic eddy current model with input current intensities. We employ the theory of degenerate parabolic equations to establish the existence and uniqueness of the continuous problem. Additionally, the model is spatially discretized using a finite element method; an implicit Euler scheme is employed for time discretization. Finally, we provide numerical experiments to illustrate the theoretical results.

**Keywords:** Well-posedness, parabolic degenerate equations, finite element approximation, eddy current model.

---

## SYMPLECTIC HAMILTONIAN HYBRIDIZABLE DISCONTINUOUS GALERKIN METHODS FOR LINEARIZED SHALLOWS-WATER EQUATIONS

Cristhian Alexander Núñez Ramos<sup>1</sup>, Manuel Alejandro Sánchez Uribe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
aanunez6@uc.cl

**Abstract.** We focus on devising novel numerical methods for solving Linearized Shallow-Water Equations (LSWE) while preserving physical quantities of interest such as energy, vorticity, etc. The Shallow-Water Equations describe fluid dynamics with constant density at low depths, which are entirely determined by the conservative laws for momentum and mass. We employ a suitable rewriting of LSWE in a Hamiltonian form and utilize Hybridizable Discontinuous Galerkin Methods (HDG) for spatial discretization. This approach leverages the Hamiltonian structure of SWE combined with the symplectic time-stepping methods such as SDIRK, which conserve the discrete energy of the system over time. We discuss the main properties of our methodology and present numerical experiments to verify its performance, comparing it with other dissipative approaches found in the bibliography.

---

## CO2 STORAGE ANALYSIS IN SALINE AQUIFERS USING A BLACK OIL RESERVOIR SIMULATOR

David Leonardo Moreno Bedoya  
16-PSYCHE RESERVOIR SOLUTIONS  
dlmorenob@gmail.com

**Abstract.** Modern human activity demands the generation of large amounts of energy to be able to cope with the growing population. The cheapest source for the generation of energy, at the present time, is through fossil fuels and we have enough of the resource to allow us to work on an energy transition without making huge economical sacrifices that will impact negatively the human development index of a country. The use of geothermal energy or the energy of a star like the sun, to harvest nature's renewable sources, is the future natural way to go and one that will allow us to satisfy an ever growing hunger for energy. At the present time, the use of fossil fuels, in particular, generate large amounts of emissions and we need ways to mitigate and fight climate change. The technology carbon capture and storage (CCS) has emerged as a promising strategy. Among the various CCS methods, injecting CO<sub>2</sub> into saline aquifers stands out as a potentially viable long-term storage solution. However, the success of such storage depend on comprehensive modeling and simulation techniques to understand the intricate behavior of CO<sub>2</sub> within the subsurface reservoirs. By employing a black oil reservoir simulation model, we aim to capture the complex interactions between CO<sub>2</sub> and brine within the subsurface reservoir. This modeling approach allows to simulate multiphase flow of fluids with the phases being gas and liquid while considering key factors such as fluid properties, reservoir geometry, and operational parameters. Our study focuses on understanding critical aspects of CO<sub>2</sub> storage in saline aquifers, including the migration and trapping mechanisms, plume behavior, and reservoir response to injection operations. Through rigorous simulation experiments and sensitivity analyses, we aim to gain insights into the efficiency, capacity, and long-term integrity of CO<sub>2</sub> storage in saline aquifers. Moreover, we investigate the potential risks associated with CO<sub>2</sub> leakage, buoyancy effects, and geomechanical responses in marine-like ambients associated to unconventional resources. Furthermore, we explore the influence of key parameters such as injection rate, pressure constraints, reservoir heterogeneity, and caprock integrity on the performance and safety of CO<sub>2</sub> storage operations. By systematically analyzing these factors, we seek to optimize injection strategies and design robust monitoring protocols to ensure the secure containment of injected CO<sub>2</sub> over extended periods.

---

## PROBABILISTIC SOLUTIONS OF FRACTIONAL DIFFERENTIAL AND PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR MONTE CARLO SIMULATIONS

Erwin Suazo<sup>1</sup>, Tamer Oraby<sup>1</sup>, Harrinson Arrubla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>THE UNIVERSITY OF TEXAS RIO GRANDE VALLEY  
erwin.suazo@utrgv.edu

**Abstract.** The work in this paper is four-fold. Firstly, we introduce an alternative approach to solve fractional ordinary differential equations as an expected value of a random time process. Using the latter, we present an interesting numerical approach based on Monte Carlo integration to simulate solutions of fractional ordinary and partial differential equations. Thirdly, we show that this approach allows us to find the fundamental solutions for fractional partial differential equations (PDEs), in which the fractional derivative in time is in the Caputo sense and the fractional in space one is in the Riesz–Feller sense. Lastly, using Riccati equation, we study families of fractional PDEs with variable coefficients which allow explicit solutions. Those solutions connect Lie symmetries to fractional PDEs.

---

## APPLICATIONS OF AN OPENFOAM-BASED SOLVER FOR MULTIPHASE FLOWS AND TRANSPORT PROCESSES IN HETEROGENEOUS POROUS MEDIA

Franciane F. Rocha<sup>1</sup>, Roberto Lange<sup>1</sup>, Gabriel M. Magalhães<sup>1</sup>, Pedro V. S. Coimbra<sup>1</sup>,  
Hélio R. Neto<sup>1</sup>, Amanda H. L. M. Charin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>WIKKI BRASIL  
fr.franciane@gmail.com

**Abstract.** In this work, we present applications of an OpenFOAM solver recently developed for numerical simulations of multiphase flows in porous media with heterogeneous permeability and porosity fields. The solver, called upstreamFoam, combines the Eulerian multi-fluid approach for physical systems of moving and stationary phase fractions with Darcy’s law for porous media flows. It is based on the well-known multiphaseEulerFoam application for systems of any number of compressible fluid phases and includes extensions for the reservoir simulation models of the porousMultiphaseFoam. A distinguished feature of the upstreamFoam is the modeling of porous media as stationary phases, allowing for the use of different minerals or different types of solids as different stationary phases. The main application cases investigated include heterogeneous core problems with high capillary effects, oil flow in compressible formations, and benchmark reservoir problems.

---

## ABOUT THE PERIODIC OSTROVSKY EQUATION

Gerardo Loaiza<sup>1</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL CAUCA, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL VALLE  
gloaiza@unicauca.edu.co

**Abstract.** We establish a local well-posedness result for the Cauchy problem associated with the classical Ostrovsky equation within a periodic setting. Furthermore, we introduce various computer simulations based on the theoretical framework under investigation, employing distinct temporal discretization methods. Additionally, we present simulations that incorporate time-dependent coefficients.

---

## ESTUDIO DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL EMDEN-FOWLER POR GRUPOS DE SIMETRÍAS Y ANÁLISIS DINÁMICO

Germán Fabian Escobar Fiesco<sup>1</sup>, Kevyn Anderson Cuenca Escalante<sup>1</sup>, Sebastián Nuñez Tovar<sup>1</sup>, Oscar Mario Londoño Duque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
gerfaes@gmail.com

**Resumen.** En este trabajo, se encuentran soluciones invariantes para dos familias de la ecuación diferencial ordinaria generalizada de Emden-Fowler usando el grupo continuo de simetrías de Lie. Adicionalmente se estudia la dinámica de los puntos críticos (puntos estacionarios y puntos en el infinito) para algunas de las nuevas ecuaciones obtenidas por las transformaciones infinitesimales de Lie.

---

## NONCONFORMING VIRTUAL ELEMENT DISCRETIZATION FOR THE TRANSMISSION EIGENVALUE PROBLEM

Ivan Velazquez<sup>1</sup>, Dibyendu Adak<sup>2</sup>, David Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DEL SINU, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO velasquezivan4@gmail.com

**Abstract.** A  $C^0$  nonconforming virtual element method (VEM) is employed for the discretization of nonselfadjoint fourth-order eigenvalue problems derived from the transmission eigenvalue problem of general polygonal meshes. Further, we linearize the model problem by introducing an auxiliary variable and thus the variational problem becomes double in size. We discretize the modified scheme by using suitable projection operators and acquire the convergence analysis under standard assumptions of the polygonal meshes. We establish that the resulting discretization provides a correct approximation of the spectrum and conclude the convergence of the eigenfunctions and eigenvalues. A variety of representative examples are examined to justify the theoretical estimates

---

## MULTIPHYSICAL MODELING AND SIMULATION OF LITHIUM-ION BATTERIES

Jaime David Mora Paz

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA KONRAD LORENZ

jdmorap@gmail.com

**Abstract.** We build a transient multidimensional multiphysical model based on continuum theories, involving the coupled mechanical, thermal and electrochemical phenomena occurring simultaneously in the discharge or charge of lithium-ion batteries. The process delivers a system of coupled nonlinear partial differential equations. The discretized model is computationally solved in two dimensions by means of a finite element method that employs  $hp$  layered meshes, along with staggered second order semi-implicit time integration. The numerical results show that the full model allows for important additional insights to be drawn than when caring only for the electrochemical coupling.

---

## ANÁLISIS DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN EN ELASTODINÁMICA DE ESFUERZO DE PAR

José Ortiz-Ocampo<sup>1</sup>, Nicolás Guarín-Zapata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EAFIT

joseortiz1807@gmail.com

**Resumen.** En los últimos años, ha surgido un creciente interés en los materiales con arquitectura y la exploración de las interacciones microestructurales y su influencia en las propiedades macroscópicas de los medios continuos [?]. Estas interacciones trascienden los modelos clásicos de la mecánica de medios continuos, lo que lleva a los investigadores a proponer modelos no clásicos con parámetros adicionales para capturar estos efectos. Uno de estos modelos es la teoría corregida de esfuerzo de pares (C-CST por sus siglas en inglés), que incorpora efectos microestructurales mediante una generalización del postulado de Cauchy, introduciendo interacciones mecánicas adicionales que involucran pares de fuerza por unidad de superficie o esfuerzos de pares [?]. En este trabajo presentamos los efectos de la anexión de esta interacción en la propagación de onda a través de estos medios, explorando en particular la variación en los modos de vibración resultantes en contraste con el modelo elastodinámico clásico para diversos dominios. Esto particularmente analizado desde la experimentación computacional a través de la discretización de los operadores diferenciales correspondientes a cada teoría bajo el Método de Elementos Finitos (FEM).

---

---

## ENHANCING ROBUST VPINNS WITH FINITE ELEMENT METHODS

Juan Pablo Aguilar<sup>1</sup>, Nicolas Guarin-Zapata<sup>1</sup>, Manuela Bastidas Olivares<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EAFIT, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN  
 jpaguilarc99@gmail.com

**Abstract.** This work addresses the critical need to efficiently solve partial differential equations (PDEs) in various scientific and engineering disciplines. It highlights the application of Neural Networks (NNs) in this context, emphasizing the inherent limitations of a direct approach due to the lack of physical information and the requirement for extensive datasets. The concept of Physics-Informed Variational Neural Networks (VPINNs) is introduced as a response to these challenges. VPINNs integrate physical principles and automatic differentiation in network training, enabling the approximation of PDE solutions without relying on real data or simulations generated by traditional numerical methods. The study identifies specific challenges in the application of VPINNs, such as the selection and adjustment of NN architectures, computational efficiency, generalization to multiple types of PDEs, and the incorporation of uncertainty and noisy data. The primary objective of the work is to propose adjustments and strategies to overcome these limitations and contribute to PDE solutions through VPINNs. The study contributes to the field by exploring and enhancing the effectiveness of VPINNs and their derivatives, offering solutions to specific challenges.

---

## STRUCTURAL OPTIMIZATION POWERED BY TRANSFORMERS AND CONVOLUTIONAL NETWORKS

Kevin Santiago Sepúlveda-García<sup>1</sup>, Nicolás Guarín-Zapata<sup>1</sup>, Manuela Bastidas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD EAFIT, <sup>2</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN  
 kssepulveg@eafit.edu.co

**Resumen.** Este proyecto explora la intersección entre la optimización topológica y el aprendizaje profundo, presentando dos modelos neurales innovadores: U-net y Vision Transformer (ViT) con decodificador CNN. Estas arquitecturas son evaluadas por su capacidad para predecir estructuras óptimas, destacando la eficacia del Machine Learning (ML) en superar los límites de los métodos de optimización estructural convencionales. La optimización topológica es una disciplina que busca determinar la distribución de material más eficiente dentro de un dominio de diseño, dadas ciertas cargas y restricciones. Históricamente, se ha apoyado en métodos como SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization) para resolver problemas estructurales complejos. Sin embargo, estas técnicas tradicionales enfrentan desafíos, como la dependencia de gradientes y la susceptibilidad a quedarse en óptimos locales. La integración del ML promete superar estas barreras, utilizando modelos que pueden aprender de los datos para encontrar soluciones óptimas inaccesibles previamente. Para este fin, se generó un dataset utilizando una implementación del método SIMP con el paquete de Elementos Finitos SolidsPy, creando 40,000 datos basados en el clásico problema de una viga en voladizo. Los modelos se entrenaron con un batch size de 32 durante 100 épocas, utilizando un learning rate de 0.001 y el optimizador Adam. La función de pérdida seleccionada fue la binary\_crossentropy, complementada con la métrica de pixel accuracy para evaluar la precisión de las predicciones. Los resultados revelaron que tanto U-net como ViT alcanzaron una generalización destacada, logrando predecir con precisión las estructuras óptimas para entradas nuevas y conocidas, demostrando un rendimiento sólido sin signos de overfitting. Este éxito se atribuye a las propiedades inherentes de cada arquitectura: U-net, con su eficiencia en el análisis detallado de imágenes, y ViT, que sobresale en la captura de relaciones espaciales complejas gracias a sus mecanismos de atención. Sin embargo, el proyecto también identificó desafíos inherentes al uso de ML en la optimización topológica. A pesar de los resultados prometedores, la sensibilidad a los hiperparámetros y la necesidad de extensos conjuntos de datos para el entrenamiento

presentan obstáculos significativos. Las gráficas de loss vs epochs ilustraron la convergencia de los modelos, pero también subrayaron la importancia de la selección cuidadosa de hiperparámetros y la calidad de los datos para el éxito del entrenamiento. En conclusión, este proyecto confirma el potencial del ML, especialmente a través de modelos como U-net y ViT, para revolucionar la optimización topológica. Al superar las limitaciones de los métodos tradicionales, estos modelos abren nuevas posibilidades para el diseño estructural. Aunque existen desafíos, los resultados obtenidos sugieren caminos prometedores para futuras investigaciones, enfocándose en mejorar la eficiencia del entrenamiento y la precisión de las predicciones. La sinergia entre optimización topológica y aprendizaje profundo no solo mejora nuestra capacidad para diseñar estructuras óptimas sino que también amplía nuestro entendimiento de la compleja interacción entre material, forma y función.

---

## NUMERICAL ANALYSIS OF A POROUS NATURAL CONVECTION SYSTEM WITH VORTICITY AND VISCOUS DISSIPATION

Ricardo Ruiz Baier  
MONASH UNIVERSITY  
ricardo.ruizbaier@monash.edu

**Abstract.** In this paper we propose and analyse a new formulation and pointwise divergence-free mixed finite element methods for the numerical approximation of Darcy–Brinkman equations in vorticity–velocity–pressure form, coupled with a transport equation for thermal energy with viscous dissipative effect and mixed Navier-type boundary conditions. The solvability analysis of the continuous and discrete problems hinges on Banach spaces needed to properly control the advective and dissipative terms in the non-isothermal energy balance equation. Error estimates in appropriate norms are derived, and a few representative numerical examples are provided.

---

## FINITE ELEMENT SOLUTION OF THE REYNOLDS-ORR ENERGY EIGENVALUE PROBLEM

Wilmar Alexis Imbachi Quinchua<sup>1</sup>, Federico Fuentes Caycedo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
waimbachi@mat.uc.cl

**Abstract.** We introduce a convergence analysis of the finite element method applied to the Reynolds-Orr eigenvalue problem in wall-bounded shear-driven incompressible flows with arbitrary cross-section. The Reynolds-Orr eigenproblem can be written as a mixed formulation similar to Stokes flow, but including an extra term involving the strain rate tensor of the underlying laminar flow. The analysis of the resulting discrete eigenproblem must be adapted to the standard spectral approximation framework, since one of the bilinear forms which is coercive in the Stokes equations is no longer coercive. We demonstrate that the proposed approach delivers accurate estimates of errors associated with both eigenvalues and eigenfunctions. We carry out various numerical tests to showcase how well the method performs and to confirm the accuracy of our theoretical results.

---



## SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DIFUSIÓN CON INTERFASE FRACTAL DE LA CURVA DE KOCH

Yessica Vanessa Trujillo  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ  
ytrujillo1@unal.edu.co

**Resumen.** En esta ponencia se abordará el modelado y la resolución del problema de difusión con dos fases, donde la interfase se representa como una curva suave, para después centrarnos especialmente en la curva de Koch. Se estudiarán los conjuntos autosimilares y se presentarán sus propiedades junto con la construcción de conjuntos de grafos asociados, conocidos como pre-fractales. Se utilizará el método de elementos finitos extendido a conjuntos autosimilares para resolver el problema de Dirichlet en la curva de Koch, ilustrando las soluciones numéricas obtenidas en pre-fractales. Además, se explorará la difusión en un dominio dividido en dos fases con la curva de Koch como interfaz. Se emplearán propiedades de la energía asociadas al problema de Dirichlet y el método de elementos finitos para obtener aproximaciones numéricas, analizando la regularidad y convergencia de las soluciones numéricas obtenidas. Esto permitirá evaluar la precisión de los resultados presentados.

---

## NEURAL OPERATORS FOR CALDERÓN TYPE INVERSE PROBLEMS

Julián Villaquirá  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
jc.villaquir@uniandes.edu.co

**Resumen.** En este trabajo estudiamos el problema inverso de Calderón: recuperar  $\sigma$  en la expresión  $-\operatorname{div}(\sigma \nabla u) = 0$  a partir de mediciones en la frontera del dominio. Dadas suficientes mediciones en la frontera (en forma del operador de Dirichlet-a-Neumann) se sabe que existe un único  $\sigma$  asociado, pero recuperarlo es un problema mal planteado en el sentido de Hadamard. En este trabajo estudiamos este problema inverso por medio de operadores neuronales, una generalización del concepto de red neuronal a espacios infinito-dimensionales. También exploramos qué información adicional puede ser usada como datos de entrada (p. ej. la función de Weyl) y si tiene efecto en la calidad de las reconstrucciones obtenidas. Comparamos los resultados con técnicas clásicas como el método de linealización de Calderón.

---

## CONSTRUCCIÓN DE MODOS ATRAPADOS PARA LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER

María Isabel Romero Rodríguez  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
maria.romeror@unimilitar.edu.co

**Resumen.** En la industria de la animación por computadora, la creación de animaciones de fluidos es un desafío importante. Lograr realismo en la superficie del agua y su interacción con objetos implica resolver ecuaciones complejas de dinámica de fluidos, lo que puede ser costoso computacionalmente. Recientemente se ha explorado el uso de modelos físicos para la animación de escenas. Este documento forma parte de una investigación en curso sobre la simulación y animación de ondas de agua. Aquí presentamos de manera didáctica una técnica para desarrollar soluciones exactas de modos atrapados de la ecuación de Schrödinger, que sirve como modelo para construir las soluciones en guías de ondas con diversas geometrías.

---

# Finanzas y actuaria

---

## VALORACIÓN DE UN NUEVO CONTRATO SOBRE CAPITAL HUMANO PARA LA FINANCIACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR A TRAVÉS DE OPCIONES FINANCIERAS EXÓTICAS

Oscar Javier López-Alfonso<sup>1</sup>, Paola Forero-Valera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

<sup>2</sup>UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ojlopeza@unal.edu.co

**Resumen.** En esta charla presentamos la valoración de un nuevo contrato de financiación de la educación superior privada, denominado contrato educativo de financiación dual (CED). Este contrato corresponde a un esquema mixto bajo el cual una parte de los recursos requeridos por el estudiante son otorgados a través de una beca académica, mientras que la otra parte es otorgada bajo un Contrato de Capital Humano. Para hallar su valor, calculamos la prima de riesgo de una opción financiera exótica utilizando métodos numéricos. A continuación, se realiza un análisis de sensibilidad en términos de los parámetros que definen el comportamiento del contrato propuesto. Finalmente, se efectúa una implementación práctica del CED en el caso colombiano utilizando los datos del Observatorio Laboral para la Educación, encontrando que el nuevo contrato ofrece beneficios con respecto a los esquemas tradicionales de financiación.

---

## UNDERSTANDING THE WORST-KEPT SECRET OF HIGH-FREQUENCY TRADING

Sergio Pulido

ENSIIE / LAMME EVRY, FRANCE

sergio.pulidonino@ensiie.fr

**Abstract.** Volume imbalance in a limit order book is often considered as a reliable indicator for predicting future price moves. In this work, we seek to analyse the nuances of the relationship between prices and volume imbalance. To this end, we study a market-making problem which allows us to view the imbalance as an optimal response to price moves. In our model, there is an underlying efficient price driving the mid-price, which follows the model with uncertainty zones. A single market maker knows the underlying efficient price and consequently the probability of a mid-price jump in the future. She controls the volumes she quotes at the best bid and ask prices. Solving her optimization problem allows us to understand endogenously the price-imbalance connection and to confirm in particular that it is optimal to quote a predictive imbalance. The value function of the market maker's control problem can be viewed as a family of functions, indexed by the level of the market maker's inventory, solving a coupled system of PDEs. We

show the existence and uniqueness of classical solutions to this coupled system of equations. In the case of a continuous inventory, we also prove the uniqueness of the market maker's optimal control policy. This is joint work with Mathieu Rosenbaum and Emmanouil Sfondourakis.

---

## STOCHASTIC MODEL FOR GLWB WITH SURRENDER BENEFIT AND DYNAMIC WITHDRAWAL

Viswanathan Arunachalam  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
varunachalam@unal.edu.co

**Abstract.** Variable annuity consists of various embedded options/guarantees provided by the insurer. Variable annuity consists of various embedded options/guarantees provided by the insurer for which the policyholder has to pay extra fees to avail them. These additional guarantees provide stability and safety as the policyholder approaches retirement. There are various categories into which these embedded options can be divided: the guaranteed minimum death benefit (GMDB) and guaranteed minimum living benefit (GMLB). Guaranteed minimum living benefits can be available to the policyholder through various options. Some of the main options are guaranteed minimum withdrawal benefit (GMWB), guaranteed minimum income benefit (GMIB), guaranteed lifelong withdrawal benefit (GLWB), and guaranteed minimum accumulation benefit (GMAB). GLWB was first introduced in 2004 and became the most popular guarantee in the VA market. However, the research on the valuation of GLWB is minimal, and the literature needs to be more comprehensive. This study investigates the pricing problem of a variable annuity (VA) contract embedded with a guaranteed lifetime withdrawal benefit (GLWB) rider. VAs are annuities in which the value is linked to a bond and equity sub-account fund. The guaranteed lifetime withdrawal benefit rider regularly provides a series of payments to the policyholder for the policy term while he/she is alive, regardless of portfolio performance. Thus, in this research, the generalized GARCH models are used with surrender benefit and dynamic withdrawal strategy to develop a time series model for the pricing of annuity that overcomes the constraints. A numerical illustration and sensitivity analysis are used to examine the suggested model. (This is joint work with S. Singh and S. Dharmaraja).

---

## DUESENBERY EQUILIBRIUM WITH SHORT TIME OPTIMIZATION

Jaime Londoño  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MANIZALES  
jaime.a.londono@gmail.com

**Abstract.** We study intertemporal equilibrium, assuming an optimization criterion for short times based on the relative income approach to solving optimal consumption and investment for agents. We present an approach to handle many (including infinite) live agents and time-varying heterogeneous preferences of iso-elastic type. First, we present a result for optimal consumption and investment extending Jaime A. Londoño. Duesenberry equilibrium and heterogeneous agents. (SIAM Journal on Financial Mathematics, 11(3):659–689, 2020.) to infinitely many agents. Next, we propose a limiting behavior for infinitely many consumers that uses the latter behavior for consumption and investment in short times. We assume that agents often reset their consumption to reflect changes in their preferences for future consumption. We define a short-time Duesenberry inter-temporal Equilibrium as a market with the classical clearing conditions where the consumption and investment of agents are the results of the latter limiting optimal behavior for consumption and investment. We establish the characterization and existence of a short-time

Duesenberry Equilibrium under a weak condition and develop an example that illustrates the features of the paper. Our model explains the “equity premium puzzle” and the “risk-free rate puzzle” reasonably well. The theoretical framework used is a generalization of markets when the processes are Brownian Flows on Manifolds.

---

## A ROBUST VERSION OF A RISK-INVERSE WEIGHING METHODOLOGY FOR PORTFOLIO SELECTION

Santiago Ortiz<sup>1</sup>, Juan Renza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA-CALI

<sup>2</sup>DEPARTMENT OF BUSINESS INTELLIGENCE, PRIORITY POWER  
sortiza@usbcali.edu.co

**Abstract.** Portfolio theory, a fundamental principle in finance, emphasizes the significance of diversification in mitigating investment risk and optimizing returns. This study introduces robust and non-parametric methodologies aimed at reducing estimation errors and addressing data anomalies in portfolio selection. Our approach revolves around a modified version of an Inverse-Risk Weighing procedure, which eliminates the need for optimization procedures and exhibits resistance to outliers in return data. The novel robust methodology proposed in this work is evaluated using both simulated and real-world data, demonstrating its effectiveness compared to existing methodologies in the literature. By incorporating robust techniques, our approach offers improved stability and reliability in portfolio selection, particularly in the presence of extreme observations.

---

## RESULTADOS RECIENTES DE ESTUDIOS SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DE CARTERAS

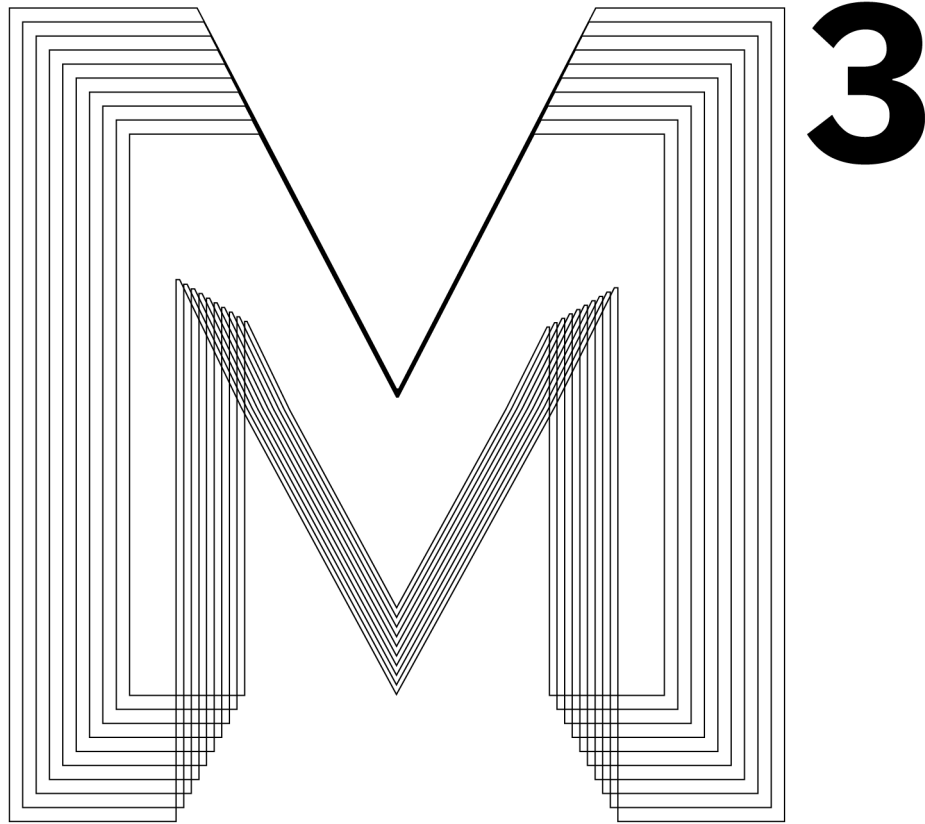
María del Mar Gómez Arévalo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
mgomeza@udistrital.edu.co

**Abstract.** This poster presents a synthesis of recent research made on portfolio optimization, exploring various mathematical techniques and algorithms developed by specialists in the field, such as analysts, mathematicians, and scientists. It follows four articles published between 2021 and 2023, written by different authors from across the world, which includes contributions from experts based in Latin America, specifically from Colombia and Mexico, as well as from Switzerland and India. These studies cover topics like portfolio diversification, semi-metric optimization, change point detection, and other techniques such as time series analysis, offering a global view of the ongoing evolution in portfolio optimization. The poster emphasizes on how these research discoveries could potentially influence financial practices and the development of new portfolio optimization strategies in an economic environment of constant change.

*Keywords:* portfolio optimization, diversification, semi-metric optimization, semi-infinite programming, time series analysis, change point detection, mean-variance portfolio, hierarchical risk parity portfolio, autoencoder portfolio..

---



# Sesión invitada de industria

---

## OPTIMUS AI: OPTIMIZING PRODUCTION PERFORMANCE USING AI

Diana Castellanos

MCKINSEY & COMPANY

dianacastev@gmail.com

**Abstract.** OptimusAI, developed by McKinsey & Company, is a sophisticated toolkit designed to enhance AI-driven optimization processes in industrial manufacturing plants. It leverages a full portfolio of digital solutions that combines science, data, and experts to help processing plants in heavy industries make data-driven decisions to improve profit per hour. Central to OptimusAI's approach is the careful selection of objective functions and constraints, which are critical for the effectiveness of optimization models. The toolkit emphasizes the importance of high-quality data and robust collection methodologies, along with the strategic application of penalties and constraints to address specific operational and business needs. Collaboration with subject matter experts (SMEs) is crucial for accurately identifying constraints and fine-tuning penalty weights to achieve optimal outcomes. OptimusAI features advanced prediction methodologies and includes essential techniques like cross-validation, hyperparameter tuning, and performance evaluation, ensuring comprehensive coverage of predictive modeling. A significant aspect of OptimusAI is its range of features and capabilities, including pre-configured use case templates and modular coding elements that streamline development and mitigate risks. Its versatility makes it applicable across various industrial sectors, such as mining, metals, pulp & paper, chemicals & agriculture, power generation, and oil & gas. Key components include the Optimizer Library, which efficiently handles nonlinear, non-convex problems, and integration tools like Kedro dataset connectors and PI connectors for efficient data management. In summary, OptimusAI equips practitioners with the necessary tools to develop effective optimization models, emphasizing the importance of objective function selection, constraints management, and data integrity. By introducing a wide array of predictive techniques and a specialized toolkit, OptimusAI accelerates and de-risks the application of advanced analytics in industrial manufacturing environments, enhancing AI-powered optimization across various processing operations.

---

## NETWORK-BASED APPROACH FOR STRESS-RESPONSIVE GENES IDENTIFICATION IN PLANTS

Camila Riccio

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - CALI

camila.riccio@javerianacali.edu.co

**Abstract.** Plants face various environmental stressors that significantly impact their growth, development, and productivity. Understanding the molecular mechanisms underlying plant stress responses is crucial for crop improvement and agricultural sustainability. Traditional methods for identifying stress-responsive genes often lack the ability to capture the intricate interactions and regulatory networks governing these responses. Our network-based approach leverages computational tools and network analysis to unravel the complex interplay of genes involved in stress responses. This research introduces the Control-Stress Data Integration with Overlapping Clustering (CSI-OC) Workflow. By constructing differential co-expression networks from large-scale transcriptomic data, we identify overlapping modules of genes that coordinately respond to stress conditions, surpassing traditional methods by capturing the interconnectedness of genes and their collective contributions to phenotypic traits. The inputs consist of RNA-seq expression data and phenotypic trait data under both stress and control conditions. The workflow begins with data preprocessing, where raw expression data undergoes normalization and filtering, ultimately unified using the Log Fold Change (LFC) metric to merge control and stress expression data through one-to-one comparisons. This merging process is also applied to phenotypic data. Next, networks are constructed where nodes represent genes, and genes are connected based on the similarity of their differential expression patterns. Both traditional Pearson-based and alternative Lasso-based approaches were used, the latter managing larger datasets resulting in focused and sparser networks. The use of an overlapping module detection algorithm, like Hierarchical Link Clustering (HLC), was motivated by evidence showing genes' involvement in multiple pathways, functions, and protein complexes simultaneously. Relevant modules were prioritized using Lasso regression with respect to phenotypic traits reflecting the plant's stress response. The union of the genes belonging to the selected modules were identified as stress-responsive genes. When applied to rice and sugarcane, two agriculturally significant crops, the workflow revealed key genes related to salt and drought stress responses, respectively. Computational validation demonstrated the meaningfulness of the genes identified by CSI-OC. These genes outperformed randomly selected gene sets in both classification and regression tasks using a Random Forest model. Wilcoxon signed-rank tests confirmed significant differences between the genes selected by CSI-OC and random gene groups. Functional enrichment analysis further supports the involvement of CSI-OC-selected genes in vital biological processes and the regulation of stress-related phenotypic traits.

---

## UNA INTRODUCCIÓN AL DISEÑO FILAS-COLUMNAS COMO ALTERNATIVA PARA CAPTAR LA ALTA VARIABILIDAD ESPACIAL

Christian Cadena

ALLIANCE BIOVERSITY & CIAT

c.c.cadena@cgiar.org

**Resumen.** En los experimentos agrícolas orientados al mejoramiento, la cantidad de tratamientos y/o niveles de factores experimentales es considerable, lo que dificulta captar su variabilidad. El diseño de filas y columnas es una herramienta útil para capturar con mayor precisión la variabilidad espacial entre los factores. Este diseño se basa en la creación de subbloques con  $n$  repeticiones, conformados por parcelas donde cada parcela (unidad experimental) contiene un nivel de tratamiento. De esta forma, es posible detectar la variabilidad del suelo, la variabilidad del tratamiento por repetición, entre otros factores.

## MACHINE LEARNING-GUIDED PPI NETWORK ANALYSIS FOR ALUMINUM STRESS RESPONSE RELATED PROTEINS PREDICTION

Chrystian Sosa

INSTITUTO ÓMICAS, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - CALI  
ccsosaa@javerianacali.edu.co

**Abstract.** Rice is one of the most important crops worldwide, but it is affected by abiotic stress such as aluminum stress that leads to agronomical yield losses in acidic soils. Even if rice is a model species for cereals and possesses a wide range of bioinformatics resources and an extensive list of genes and proteins participants in the stress, a holistic perspective of unknown protein participants has not been attempted using interactome and experimental omics data. Thus, the purpose of this research was to predict candidate proteins by the use of the most recent rice interactome (RicePPInets) and transcriptomics integration data for two rice cultivars' transcript counts. To test the influence of this integration on protein prediction, a strategy of five stages including four prediction scenarios with and without transcriptomics integration with the interactome using graph embedding algorithms node2vec (unweighted graph), node2vec+ (weighted graph with transcriptomics integration) was used to classify new protein candidates with two datasets (i) Dataset 1: An extensive list of proteins previously described in aluminum tolerance in rice and (ii) Dataset 2: A differentially expressed genes list was used. Additionally, a single averaging of seven classification models from Positive Unlabeled Learning (PULearn) and Adaptive Sampling (AdaSampling) was used. The results of this workflow reveal a good performance of the classification models as well as more similarities to the training dataset 1 and an increase in the probabilities for the positive class when the transcriptomics integration was employed. A new screen of 3100 and 3057 candidate proteins for dataset 1 and 2 is provided as a result. Also, the overlapping of results for weighted and unweighted predicted protein for each dataset suggests that transcriptomics integration helps to refine the prediction results by helping to enrich biological processes, molecular functions, and metabolic pathways that are not observed in the unweighted interactome. Therefore, it is indicated that the aluminum stress is complex, and it must be observed from a metabolic perspective as well to elucidate how metabolic pathways act together to ensure the tolerance to aluminum stress.

---

## DESIGN AND GA-ASSISTED OPTIMIZATION OF MOLECULAR TWEEZERS FOR SELECTIVE DETECTION AND QUANTIFICATION OF SUCROSE

Gustavo Lara

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - CALI  
glara@javerianacali.edu.co

**Abstract.** Sucrose plays a pivotal role in plants, serving as primary metabolites and biomarkers. Nevertheless, their regulatory actions are not yet fully elucidated. An in-depth understanding of these mechanisms requires the quantification of sucrose in real biological samples, distinguishing the subtle structural differences of sucrose from other carbohydrates. Additionally, sucrose's high solubility in aqueous media and electroneutrality under physiological conditions add complexity to its accurate detection. In this work, we present a holistic approach to designing molecular tweezers for the selective detection of sucrose, utilizing a graph-based (GB) representation of the tweezer molecules, and an implementation of genetic algorithms (GA) to efficiently explore the chemical space and generate new molecular tweezers from an initial population. The newly generated tweezers are subject to lower and upper limits of molecular size. The GB-GA



best-performing solutions are evaluated using a scoring function that comprises a scalar combination of the free energy for the tweezer-sucrose reaction, the LogP octanol-water partition coefficient, maximum acidity constants pKa, and the synthetic accessibility score of the tweezer. This holistic evaluation ensures that the selected molecules not only exhibit high performance in sucrose detection but also possess favorable properties for practical application and the detection of sucrose in real biological samples.

---

## PROCESAMIENTO DE SERIES DE TIEMPO PARA GENERAR DATOS DE VALOR AL PROCESO

Jorge Parra  
XM S.A. E.S.P.  
jparra@xm.com.co

**Resumen.** XM es una empresa especializada en la gestión de Sistemas de Tiempo Real, la administración del Mercado de Energía Mayorista y el desarrollo de soluciones y servicios de energía e información. Como parte de la gestión de Sistemas de Tiempo Real, XM se encarga de la planeación, optimización y coordinación de la operación del Sistema Eléctrico de Potencia o Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia, y es durante estos procesos que se generan grandes colecciones de datos que permiten realizar seguimiento en tiempo real del comportamiento del sistema eléctrico. Teniendo en cuenta la reestructuración y la penetración de nuevas tecnologías en el sistema eléctrico, garantizar su adecuada gestión cada vez depende más de contar con información confiable y de valor, que permita a los actores del sistema tomar decisiones acertadas; y es aquí en donde el procesamiento de series de tiempo juega un papel fundamental para XM. Como parte de esta función hemos detectado que la obtención de datos de valor a partir de series de tiempo depende en gran medida de tres aspectos que se resaltan a continuación: 1. Contar con herramientas de historización, análisis y visualización de datos de gran capacidad 2. Contar con un adecuado esquema de gobierno de información y calidad de datos 3. Contar con conocimiento profundo del proceso operativo El uso de matemáticas aplicadas en datos de proceso ha permitido a XM generar datos de valor que a su vez pueden traducirse en la presentación de estos datos en herramientas de visualización, que finalmente decantan en la generación de pronósticos operativos, detección de anomalías en la operación normal como problemas de calidad de datos o fallos de equipos; así mismo, ha permitido generar optimización de los procesos mejorando la eficiencia operativa, el seguimiento de variables críticas con alta fidelidad y la reducción del riesgo operativo.

---

## MATHEMATICAL VALIDATION OF THE FUNCTIONALITY OF BILGE, BALLAST AND FIRE FIGHTING SYSTEMS OF THE VESSEL: PATRULLERA OCEÁNICA DE COLOMBIA

José Pertuz  
COTECMAR  
jpertuz@cotecmar.com

**Abstract.** On a vessel, piping systems allow connecting equipment, tanks, and different compartments, transporting the different fluids required for its functionality. In some cases, the safety of a vessel will depend on the piping arrangement as well as other equipment on the vessel, for this reason, parameters such as pipe flow resistance and pump capacity must be carefully considered. This study will validate the response of the main emergency auxiliary systems in a vessel, which are the bilge, ballast and fire-fighting

pipng systems at their most critical operational points by modeling the system using PIPE-FLO software, analyzing if the initial design conditions defined in the preliminary phase, are enough in the definitive routing of the 3D modeling, complying with the security normative.

---

## AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE AJUSTES DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CON MATEMÁTICAS APLICADAS

Juan Piñeros

XM S.A. OPERADOR SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO

jpineros@xm.com.co

**Resumen.** La seguridad de los sistemas eléctricos de potencia requiere que los ajustes del relé de distancia funcionen correctamente para el máximo número de posibles escenarios. Este trabajo presenta en forma pionera con matemáticas aplicadas, una manera de cuantificar el desempeño de relés de distancia mediante un modelo híbrido inteligente para determinar y verificar los ajustes del relé de distancia para maximizar su desempeño. Se ha considerado un enfoque de ingeniería desempeño para proponer un modelo híbrido basado en tres conceptos. Reconocimiento automático de la topología basado en métodos constructivos. Se utilizan reglas de experto para definir los rangos de los ajustes, las soluciones iniciales y la selección inteligente de verificación de fallas con lógica difusa. Se utiliza un algoritmo de evolución diferencial modificado para optimizar las soluciones convencionales iniciales, considerando una nueva evaluación de desempeño como función objetivo. La función objetivo evalúa los tiempos de funcionamiento según los rangos de tiempo de zona esperados y la relevancia de las fallas. Se presentan dos casos reales de aplicación del modelo con resultados satisfactorios. Finalmente se muestra también el concepto de automatización en protecciones de sobrecorriente aplicado en forma simplificada en transformadores con el concepto de matriz de cortocircuito.

---

## STOPPING CRITERIA FOR PARAMETER-FREE METAHEURISTIC OPTIMIZATION ALGORITHMS IN THE SOLUTION OF BENCHMARKING PROBLEMS

Luis Paternina

COTECMAR

lpaternina@cotecmar.com

**Abstract.** Gradient-based optimization algorithms have a mathematical background that proves the existence of the convergence of the numerical solution. Such algorithms require either the objective function have a mathematical closed expression, or the calculation of the numerical derivatives of the objective function, which increases the computational cost. Metaheuristic algorithms do not follow the conventional procedures for the calculation of gradients but they require the tuning of certain parameters dependent on each case scenario, which makes difficult the extension of these algorithms to a broader scope of applied problems. The recent development of parameter-free metaheuristic algorithms aims to avoid the parameter tuning process, however, it is still not known which stopping criteria can be used to ensure that the obtained numerical solution is an adequate solution of the optimization problem. This works consists of the exploration of well-known stopping criteria for parameter-free metaheuristic optimization algorithms for minimization of a set of typical benchmarking test functions for single-objective optimization. The goal of this study case is to determine for a given minimization problem which stopping criteria fits better in

order to guarantee the convergence of the numerical solution. As a forthcoming work, it is proposed to implement these parameter-free metaheuristic algorithm in applied problems in structural mechanics and naval structures optimization.

---

## QUANTUM COMPUTING WITH A PERSPECTIVE ON COMBINATORIAL OPTIMIZATION

Miguel Ortiz

MCKINSEY & COMPANY

miaortizma@unal.edu.co

**Abstract.** Quantum computing is a drastically different paradigm of computation that leverages quantum effects such as superposition and entanglement to massively optimize certain type of problems and unlock completely new areas of computing. Combinatorial optimization is expected to be the first use case to benefit from QC; Practical advantage has already been demonstrated with quantum inspired devices. Quantum optimization is powered by quantum tunneling effects and the adiabatic theorem, which enables discovery of the global solution using a transitional Hamiltonian that starts in the ground state of an easy problem and concludes in the optimal solution of a hard problem. QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) is a quantum ready, NP complete, formulation with a 1-1 correspondence with the Ising Hamiltonian that is used to embed business problems into quantum solvers. Despite these advancements, several barriers and technical dependencies such as algorithm development, hardware limitations, and the need for interdisciplinary integration remain challenges that need addressing. Over the long-term hybrid solutions will bring the best of both worlds: classical algorithms are advantageous in sectioning the bigger problems while QC can be faster solving digestible smaller problems.

---

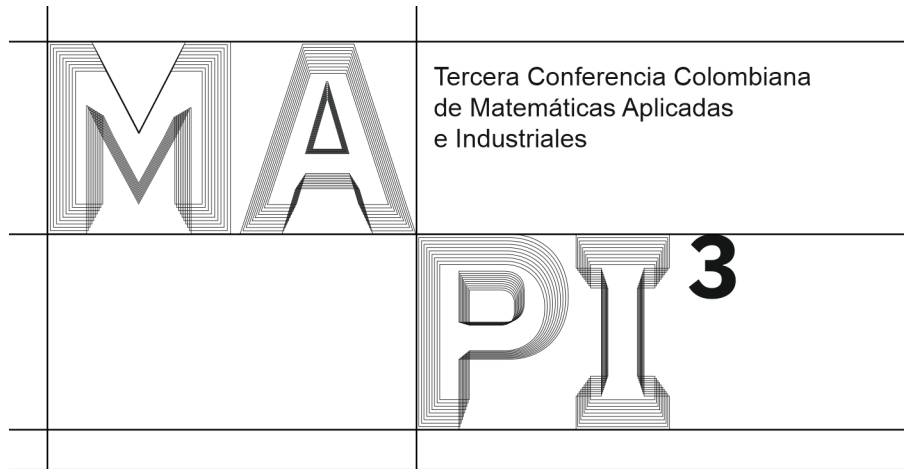
# Índice de autores

- Abel Alvarez Bustos, 56  
 Adolfo Quiroz, 29, 60  
 Adriana Camila Romero Alfonso, 51  
 Alejandra Rios Salgado, 35  
 Alexander Barrios, 39  
 Alexander Gutierrez Gutierrez, 44  
 Alfredo Garcia, 19  
 Alfredo Rafael Roa Narváez, 87  
 Amanda H. L. M. Charin, 99  
 Ana María Pulecio Montoya, 88  
 Ana Victoria Perdomo Fajardo, 61  
 Andres Angulo Garcia, 75  
 Andres Eduardo Rubiano Martinez, 95  
 Andres Gomez, 83  
 Andres Mateo Chilito Avella, 89  
 Andrés Amador, 75  
 Andrés Eduardo Guaca Gómez, 90  
 Andrés Torres, 50  
 Andrés Urquiyo, 84  
 Andrés Ángel, 38  
 Angel Cruz Roa, 72  
 Anibal Sosa, 79
- Barrera D., 30  
 Beatriz Rojas García, 96  
 Bibiana López-Rodríguez, 95  
 Bicheng Ying, 80  
 Boris A. Rodríguez Rey, 33  
 Boyan Lazarov, 19  
 Brayan Alejandro Romero Castro, 96  
 Brayan Camilo Joya Herrera, 89  
 Bryan Steven Rodriguez Ruiz, 69
- Camila Lopez, 65  
 Camila Riccio, 110  
 Camilo Almanza R., 47  
 Camilo Eduardo Echeverry Naranjo, 57  
 Camilo Ernesto Serrano Lozada, 72  
 Camilo Medina González, 44
- Camilo Orduz Baez, 52  
 Camilo Pérez, 38  
 Carenne Ludena, 55  
 Carina Curto, 37  
 Carlos A. Vega, 97  
 Carlos Alberto Trujillo Solarte, 76  
 Carlos Andrés Arias Torres, 79, 85, 89  
 Carlos Andrés Martos Ojeda, 76  
 Carlos Enrique Nosa Guzman, 44, 96  
 Carlos Ernesto Ramirez Ovalle, 56  
 Carlos Espinal, 37  
 Carlos Jaime Barrios Hernández, 22  
 Carlos M. Lopera-Gómez, 35  
 Carlos Reales, 97  
 Carlos Trujillo, 76  
 Carlos Vicente Niño Rondón, 64  
 Carolina Ortega-Portilla, 58  
 Carolina Osorio, 18  
 Cesar A Uribe, 80  
 Cesar A. Acosta-Minoli, 45  
 Chistian Rodriguez, 84  
 Christian Cadena, 110  
 Christian Camilo Gómez Mosquera, 95–97  
 Christopher Kribs, 42  
 Chrystian Sosa, 111  
 Cristhian Alexander Núñez Ramos, 98  
 Cristian Alejandro Pulido Quintero, 45, 46  
 Cristian Camilo Espitia Morillo, 48  
 Cristian Camilo Meneses Gaviria, 76  
 Cristihan David Meza Poveda, 89  
 Crépey S., 30  
 César A. Uribe, 50  
 César Neyit Galindo-Martínez, 22
- Daniel Andres Romero Sepulveda, 70  
 Daniel Burbano Lombana, 80  
 Daniel Cabarcas Jaramillo, 66, 73, 75  
 Daniel Cortés Z, 44  
 Daniel Lasso Jaramillo, 69

- Daniel Nuñez, 75  
 Daniel Yamín, 81  
 Darwin Herran, 65  
 David Andrade, 94  
 David Andres Cifuentes Valero, 57  
 David Fernando Daza Urbano, 76  
 David Leonardo Moreno Bedoya, 98  
 David Mora, 100  
 David Moreno, 23  
 David Pardo, 67  
 David Romo-Bucheli, 64, 71  
 David Stiven Segura Gonzalez, 70  
 Dayanna Lucia Gamez Gonzalez, 32  
 Diana Castellanos, 109  
 Diana H. Bueno-Carre no, 73  
 Diana Pinilla Alarcon, 69  
 Dibyendu Adak, 100  
 Diego Adolfo Mejía-Giraldo, 86  
 Diego Alejandro Hernández Castañeda, 46  
 Diego Alejandro Muñoz Durango, 51, 69  
 Diego Fernando Ruíz Solarte, 49, 76  
 Diego Fonseca, 31, 83  
 Diego Gerardo Roldan, 63  
 Diego Ruiz, 60, 76  
 Diego Villamizar, 39  
 Dmitriy Drusvyatskiy, 82
- Edgar Babativa Gómez, 67  
 Edgar L. Chavez, 29  
 Edier Aristizábal, 65  
 Eduardo Mojica-Nava, 84, 85, 88  
 Edward Duc Hien Nguyen, 80  
 Edwin Barrios, 84  
 Edwin Cervera, 85, 88  
 Edwin G. Castro, 58  
 Élder Jesús Villamizar Roa, 48  
 Eliseo Gallo Albarracin, 86  
 Enrique Mallada, 81  
 Enzo Varela Macias, 90  
 Erwin Suazo, 99  
 Estefanía Aguirre, 41
- Fabio Humberto Sepúlveda Murillo, 32  
 Farid Chejne Janna, 42  
 Favián Arenas, 79, 85  
 Federico Fuentes Caycedo, 103  
 Federico Úsuga Agudelo, 33  
 Felipe Merino Toro, 66  
 Franciane F. Rocha, 99  
 Francisco Albeiro Gómez Jaramillo, 40, 44–46,  
 50, 63, 70, 91
- Francisco J. Rodríguez-Cortés, 29  
 Francisco Sánchez, 72  
 Franklin Smith Fernandez Romero, 89  
 Franz López Arredondo, 58  
 Fray Luis Becerra Suarez, 66  
 Freddy Rolando Hernández Romero, 63, 70
- Gabo B. Mindlin, 91  
 Gabriel M. Magalhães, 99  
 Gabriel Suárez, 51  
 Gerardo Hernández-del-Valle, 33  
 Gerardo Loaiza, 100  
 German Combariza, 38, 39  
 Germán Fabian Escobar Fiesco, 100  
 Giada Adelfio, 29  
 Gibrán Otazo, 55  
 Gilberto Arenas Díaz, 48  
 Gobet E., 30  
 Gustavo Adolfo Moreno Carmona, 46  
 Gustavo Lara, 111  
 Guy Desaulniers, 81
- Harrinson Arrubla, 99  
 Heber Ivan Mejia Cabrera, 59  
 Héctor Antonio Botero Castro, 43  
 Héctor J. Martínez, 42, 79, 88  
 Hector Machuca Balaguera, 47  
 Hélio R. Neto, 99  
 Henry Argüello, 18  
 Henry Chimal-Dzul, 39  
 Henry Mauricio Sánchez Sanabria, 39  
 Hernán Darío Álvarez Zapata, 41  
 Hernán Darío Álvarez Zapata, 43  
 Hernán Darío Vanegas Madrigal, 74  
 Hevert Vivas, 85  
 Hugo Montesinos, 29
- Isabel C. Hoyos Rincón, 33  
 Isabel Cristina García Arboleda, 34, 71  
 Isabel Cristina Ramírez Guevara, 35, 46  
 Ismael Fernández Román, 66  
 Isnardo Arenas Navarro, 47, 62, 86  
 Iván Velásquez, 97, 100
- Jaaziel Lopez De La Luz, 39  
 Jaime David Mora Paz, 101  
 Jaime Londoño, 106  
 Jamie Taylor, 67  
 Jasmid Vera Cuenca, 49  
 Javier Esteban Martínez Caldas, 47  
 Javier Peña, 82  
 Javier Sleyner Pardo Barrero, 61

- Jeferson F. Piamba, 58  
 Jeanny Maria Peralta Polo, 87  
 Jeremias Sulam, 82  
 Joan Manuel Montealegre Hermosa, 49  
 John H. Castillo, 74  
 Johnatan Cardona-Jiménez, 30, 46  
 Jonatan A. González, 29  
 Jorge Andres Sanabria Forero, 53  
 Jorge Duitama, 60  
 Jorge E. Mendoza, 81  
 Jorge Eliecer Ospino Portillo, 47  
 Jorge Parra, 112  
 Jorge Sanabria, 51  
 Jorge Villamizar Morales, 72  
 Jose Luis Ramos R., 47  
 Jose Sebastián Ñungo Manrique, 70  
 Joshua Cutler, 82  
 José Castillo, 24  
 José Ortiz-Ocampo, 101  
 José Pertuz, 112  
 Juan C. Vera, 83  
 Juan Calvo, 94  
 Juan Camilo Camargo-Berrueco, 86  
 Juan Carlos Galvis Arrieta, 44, 94  
 Juan Carlos Maya López, 42  
 Juan Carlos Muñoz, 93, 100  
 Juan Carlos Zambrano Jurado, 87  
 Juan David Alfonso Giraldo, 89  
 Juan David García Arteaga, 55, 67  
 Juan Esteban Acosta Franco, 68  
 Juan F. Díaz-Sepúlveda, 29  
 Juan Felipe Camargo Espinosa, 58  
 Juan Felipe Pacazuca Santiago, 48  
 Juan Felipe Quiroga Rodríguez, 68  
 Juan José Alegría, 60  
 Juan José Ruiz Ruiz, 71, 90  
 Juan Pablo Aguilar, 102  
 Juan Paz, 75  
 Juan Piñeros, 113  
 Juan Rada, 37  
 Juan Renza, 107  
 Juan Sebastian Carrillo Rodriguez, 72  
 Juan Sebastián Díaz Gutiérrez, 71  
 Juddy Heliana Arias Castro, 42, 52  
 Julian Osorio, 76  
 Julian Santiago Martínez Moya, 67  
 Juliana Londono Alvarez, 37  
 Julián Camilo Camacho Torres, 71  
 Julián Soto, 90  
 Julián Villaquirá, 104  
 Justo Manuel Castro Jimenez, 87  
 Katherine Morrison, 37  
 Kevin Santiago Sepúlveda-García, 102  
 Kevyn Anderson Cuenca Escalante, 100  
 Lady A. Hoyos Rincón, 33  
 Laura Baquedano, 65  
 Laura Blanco, 90  
 Laura Camila Aldana Contreras, 70  
 Laura Lema, 41  
 Laura Lotero, 55  
 Laura Manuela Orjuela Hernández, 62  
 Leidy Vanesa Espitia Cruz, 48  
 Leonardo Trujillo, 31  
 Lina María Gómez Echavarría, 43  
 Luis Alejandro Barbosa, 63  
 Luis Eduardo López Montenegro, 88  
 Luis Eduardo Osorio Acevedo, 39  
 Luis F. Zuluaga, 83  
 Luis Paternina, 113  
 Ma. de los Ángeles González, 55  
 Manuel Alejandro Sánchez Uribe, 98  
 Manuel Guillermo Forero Vargas, 24, 56–59, 62, 64–66, 68  
 Manuela Bastidas Olivares, 23, 67, 102  
 Marcen Eduardo Laguna, 87  
 Maria Camila Espinal Ramirez, 40  
 Mario Andrés Velásquez Méndez, 38  
 Mario Enrique Arrieta Prieto, 45  
 Mario Vasquez, 69  
 María Alejandra Murcia Cometa, 49  
 María del Mar Gómez Arévalo, 107  
 María González-Lima, 85  
 María Isabel Romero Rodríguez, 47, 62, 104  
 Mateo Díaz, 82  
 Mauricio Alberto Quimbaya Gomez, 68  
 Mauricio Junca, 31, 83  
 Mauricio Maca, 68  
 Mauricio Macías, 88  
 Mauro Montealegre Cardenas, 49  
 Melanie Bernal, 31  
 Melissa Robles, 60  
 Michael Anton Hoegele, 32  
 Miguel Antonio Caro Candezano, 87  
 Miguel Ortiz, 114  
 Miguel Sandoval Cardozo, 49  
 Mikhail Svinin, 84  
 Milena Sanchez, 39  
 Milton Rey, 72  
 Mónica Ribero, 18, 22  
 Naren Samir Herrera Erazo, 52

- Natalia Rojas, 31  
 Nguyen H.-D., 30  
 Nicolas Guarín-Zapata, 102  
 Nicoletta D'Angelo, 29  
 Nicolás Guarín-Zapata, 23, 41, 101, 102  
 Nicolás Martínez, 50  
 Nicolás Santiago Giraldo Parra, 35  
 Nino Yofrani Perez Perafan, 49
- Olga Vasilieva, 84  
 Oscar Javier López-Alfonso, 105  
 Oscar Mario Londoño Duque, 100  
 Oscar Mauricio Campos Sepulveda, 72
- Paola Forero-Valera, 105  
 Paul Fernando Camargo Toro, 50  
 Paula Marcela Valencia Ramirez, 61  
 Pedro Jose Albarracin Vargas, 53  
 Pedro V. S. Coimbra, 99
- Rafael Serrano, 87  
 Raimund Burger, 97  
 Ramiro Miguel Acevedo Martínez, 95–97  
 Rekha Khot, 95  
 Ricardo Ruiz Baier, 95, 103  
 Rigo Julián Osorio Angulo, 76  
 Roberto Lange, 99  
 Rodolfo A. Quintero, 83  
 Rodolfo Rodríguez, 95  
 Rodrigo Gil Castañeda, 44  
 Romel Andres Bustinza Pariona, 97  
 Rosana Pérez Mera, 68, 79, 85, 88, 89
- Saadeddine B., 30  
 Samuel A. Torres Orozco, 33  
 Santiago Angarita, 50  
 Santiago González Cruz, 51, 53  
 Santiago Lemos-Cano, 86  
 Santiago Ortiz, 107
- Sebastián Montoya Caicedo, 60  
 Sebastián Nuñez Tovar, 100  
 Sebastián Aguilera Novoa, 91  
 Sebastián Linares-Rugeles, 85, 88  
 Sergio Alexander Castro Casadiego, 64  
 Sergio Andrés Puerto, 60  
 Sergio Barona, 34  
 Sergio Luis Alejandro Miranda Rojas, 62  
 Sergio Pulido, 105  
 Shaoning Han, 83  
 Sol Mery Álvarez Argáez, 33  
 Sonia Valbuena, 97  
 Sridhar Tayur, 82  
 Stephan R. García, 39  
 Stephane Labarthe, 22  
 Stephane Marchand-Maillet, 29
- Tamer Oraby, 99  
 Tulia Esther Rivera Flórez, 32
- Valentina Cepeda Vega, 69, 83  
 Valérie Gauthier Umaña, 74  
 Victor Alexci Tuesta Monteza, 59  
 Victor Manuel Salcedo Rosero, 88  
 Vikesh Siddhu, 82  
 Viswanathan Arunachalam, 106
- Weymar Astaiza, 39  
 Wilmar Alexis Imbachi Quinchua, 103  
 Wilmer Oswaldo Leal Jaimes, 25  
 Wilmer Sánchez Grueso, 89  
 Wilson Olaya León, 77  
 Wincy Alejandro Guerra-Polania, 33
- Ximena Castañeda Ochoa, 35  
 Xin Jiang, 80
- Yessica Vanessa Trujillo, 104  
 Yezid Torres Moreno, 53



Tercera Conferencia Colombiana  
de Matemáticas Aplicadas  
e Industriales

Organizan:



Patrocinan:



Impreso en la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia  
junio de 2024