

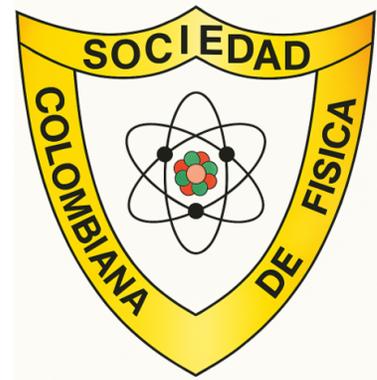
# Congreso Nacional de Física 2025

Libro de Resúmenes

Manizales, Colombia  
Octubre 2025



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES



## **XXX Congreso Nacional de Física**

Universidad Nacional de Colombia — Sede Manizales  
8–10 de octubre de 2025, Manizales, Colombia

# **Libro de Resúmenes**

### **Organizador del Congreso**

---

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Nombre</b>              | Prof. Carlos Vargas Hernández                    |
| <b>Afiliación</b>          | Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales |
| <b>País</b>                | Colombia   |
| <b>Contacto (opcional)</b> | [cvargash@unal.edu.co]                           |

### Comité Académico Nacional

| <b>Nombre</b>                                | <b>Afiliación</b>  | <b>País</b> |
|--|--|-------------|
| <b>Dr. Dr. Fabio Meza</b>                    | Ingeniería Química / Universidad Nacional de Colombia          | Colombia    |
| <b>Dra. Alneira Cuellar</b>                  | Ingeniería Química / Universidad Nacional de Colombia          | Colombia    |
| <b>Dr. Julio Cesar García A.</b>             | Ingeniería Electrónica / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Dr. Juan Carlos Cordero</b>               | Departamento de Matemáticas / Universidad Nacional de Colombia | Colombia    |
| <b>MsC. Wilson Gonzales G.</b>               | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Adm. Paula B. Mejía P.</b>                | Administrativa, Facultad Ciencias                              | Colombia    |
| <b>Adm. Yesica Natalia Q.</b>                | Dpto Administración Empresas/ Universidad Nacional de Colombia | Colombia    |
| <b>Est. Ing. Fis. Jerónimo Gil</b>           | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Est. Ing. Fis. Juliana Cardona Serna</b>  | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Est. Ing. Fis. Nasbleymith Alvarez C.</b> | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Est. Ing. Fis. Sofia Gonzales</b>         | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |
| <b>Est. Ing. Fis. Jose L. Murcia</b>         | Departamento de Física / Universidad Nacional de Colombia      | Colombia    |

## Comité Académico Internacional

| Nombre                           | Afiliación   | País           |
|----------------------------------|--|----------------|
| <b>Dr. Marcelo M. Mariscal.</b>  | INFIQC, CONICET, Departamento de Química Teórica y Computacional, Universidad Nacional de Córdoba                                | Argentina      |
| <b>Dr. Manuel Melendrez.</b>     | Dr. Manuel Melendrez Castro. Departamento de Biología y Química, Universidad de San Sebastián                                    | Chile          |
| <b>Ms.C. Marco Avellaneda C.</b> | Dr. Manuel Melendrez Castro. Departamento de Biología y Química, Universidad de San Sebastián                                    | Chile          |
| <b>Dr. Miguel A. Meléndez L.</b> | CINVESTAV-IPN  | México         |
| <b>Dr. David Garzón Ramos</b>    | Bristol Robotics Lab T-Block, UWE Frenchay Campus, Bristol BS16 1QY  | United Kingdom |
| <b>Dr. Gerard Olivar-Tost.</b>   | Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología Universidad de Aysén   | España         |
| <b>Dr. Juan Carlos Martínez.</b> | Unidad Académica de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas.   | México         |
| <b>Dr. Aaron Sánchez Juárez</b>  | Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica, Instituto de Energías Renovables, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM | México         |
| <b>Dr. Miguel Fuentes C.</b>     | Northeastern University. Khoury College of Computer Sciences.  | USA            |

# Índice general

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>CONFERENCISTAS</b>  | <b>15</b> |
| 1.1      | Tecnologías Fotovoltaicas Comerciales: Evolución y Tendencias – Dr. Aarón Sánchez Juárez   | 15        |
| 1.2      | Improving the mechanical properties of nanomaterials – Marcelo M. Mariscal . . . . .   | 16        |
| 1.3      | Del origen de la Mecánica cuántica a los puntos cuánticos – J. C. Martínez Orozco . . . . .  | 17        |
| 1.4      | Neutron Reflectometry and Machine Learning Workflows – Miguel Fuentes-Cabrera . . . . .  | 18        |
| 1.5      | ¿Y si la interferencia no fuera cuestión de ondas? – Román Castañeda . . . . .   | 19        |
| 1.6      | Evaluación de la eficiencia de una malla curricular mediante simulaciones Monte Carlo – Alejandro P. Riascos . . . . .               | 20        |
| 1.7      | Física Cuántica y Educación para el Siglo XXI – Jairo Giraldo Gallo . . . . .  | 21        |
| 1.8      | Ciencia, tecnología e innovación en materiales basados en grafeno oxidado – Dr. Jhon Prías .   | 22        |
| 1.9      | De la computación Clásica a la Computación Cuántica – Dr. Roberto Martínez . . . . .   | 23        |
| <b>2</b> | <b>Talleres y Minicursos</b>   | <b>25</b> |
| 2.1      | Criterios de Diseño en Sistemas Fotovoltaicos (Minicurso) – Dr. Aarón Sánchez Juárez . . . .   | 26        |
| 2.2      | Esfuerzos en Polímeros: Fundamentos y Aplicaciones – Dra. Alneria Cuellar y Dr. Fabio Meza   | 28        |
| 2.3      | Taller EMC: Fundamentos teóricos y laboratorio práctico – Dra. Julio Cesar García Alvarez .  | 29        |
| <b>3</b> | <b>ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA</b>   | <b>31</b> |
| 3.1      | Producción de materia oscura tipo FIMP en cosmologías no estándar . . . . .  | 31        |
| 3.2      | El origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el modelo cosmológico de De Sitter . . . . .                           | 32        |
| 3.3      | Identificación de estructuras en el Universo a través del clustering de cuásares . . . . .   | 33        |
| 3.4      | Efectos del ambiente en la acreción de masa y morfología galáctica . . . . .   | 34        |
| 3.5      | Inestabilidades Tearing Mode en el marco de la RRMHD . . . . .   | 35        |
| 3.6      | Construcción de un radiotelescopio para analizar el Sol en la banda de 12 GHz . . . . .  | 36        |
| 3.7      | Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD . . . . .   | 37        |
| 3.8      | Construcción de un sistema de coordenadas ortogonales para el estudio de fuentes ovoidales en relatividad general . . . . .          | 38        |
| 3.9      | Colapso estelar en gases degenerados relativistas: una exploración del límite de Chandrasekhar mediante la ecuación de TOV . . . . . | 39        |
| 3.10     | Influencia del ambiente en la relación masa-metalicidad en galaxias con AGN . . . . .  | 40        |
| 3.11     | Caracterización morfológica de los brazos espirales en galaxias de disco de IllustrisTNG50 .   | 41        |
| 3.12     | La Eikonal como puente a la ecuación de Schrödinger: límite clásico y aproximación JWKB  | 42        |
| 3.13     | Estudio de la dispersión de ondas de radio en el núcleo galáctico activo NGC 6334B . . . . .   | 43        |
| 3.14     | Mapeando condiciones termodinámicas para la aguabilidad subsuperficial en Marte . . . . .  | 44        |
| 3.15     | El origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el modelo cosmológico de De Sitter . . . . .                           | 45        |
| 3.16     | Agujeros negros súper masivos y su influencia en la dinámica galáctica . . . . .   | 46        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.17     | Simulación de un agujero negro tipo Schwarzschild y Kerr . . . . .   | 47        |
| 3.18     | Validación de dos planetas terrestres orbitando la estrella GJ1002 . . . . .   | 48        |
| 3.19     | Inestabilidades Tearing Mode en el marco de la RRMHD . . . . .   | 49        |
| 3.20     | Extended FLRW models, non-Abelian gauge fields and the weak cosmological principle . . . . .   | 50        |
| 3.21     | Sepultamiento magnético por hiperacreción y reemergencia Hall–Ohm en magnetares mili-<br>segundo . . . . .                                       | 51        |
| 3.22     | Acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton alrededor de agujeros negros . . . . .   | 52        |
| 3.23     | Trayectoria de partículas en un agujero negro de Bumblebee . . . . .   | 53        |
| 3.24     | Observing the eye of the storm: testing regular black holes with LVK and EHT observations . . . . .  | 54        |
| 3.25     | Estudio de la distribución del polvo interestelar en la Vía Láctea con datos de Gaia . . . . .   | 55        |
| 3.26     | De la dimensionalidad a la emisión: un enfoque algebraico para agujeros negros . . . . .   | 56        |
| 3.27     | La teoría corpuscular de Lesage-Majorana y la paradoja de los neutrinos solares . . . . .  | 57        |
| <b>4</b> | <b>ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN</b>   | <b>59</b> |
| 4.1      | Visualización computacional 3D de campos eléctricos y superficies equipotenciales en dis-<br>tintas configuraciones cargadas . . . . .           | 60        |
| 4.2      | Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” . . . . .  | 61        |
| 4.3      | Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la educación media. . . . .   | 62        |
| 4.4      | Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” . . . . .  | 63        |
| 4.5      | Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la educación media. . . . .   | 64        |
| 4.6      | Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física . . . . .  | 65        |
| 4.7      | Misión Radiactiva . . . . .  | 66        |
| 4.8      | Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT . . . . .  | 67        |
| 4.9      | Laboratorio STEAM con objetos cotidianos: una experiencia del Museo de la Ciencia y el<br>Juego de la Universidad Nacional de Colombia . . . . . | 68        |
| 4.10     | Estudio de Fotoimpedancia con Cálculo Fraccional en Tintas Semiconductoras de Grafeno<br>y Chalcona . . . . .                                    | 69        |
| <b>5</b> | <b>ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE</b>  | <b>71</b> |
| 5.1      | Estudio catalizadores de alúmina-níquel . . . . .  | 72        |
| 5.2      | Nanopartículas de ZnO obtenidas por métodos verdes para evaluación de germinación de<br>semillas de algodón . . . . .                            | 73        |
| 5.3      | Síntesis y caracterización de compósitos de matriz polimérica con nanopartículas magnéti-<br>cas de $Fe_3O_4$ . . . . .                          | 74        |
| 5.4      | Síntesis hidrotermal de perovskitas dopadas con tierras raras para aplicaciones fotocatalíticas . . . . .  | 75        |
| 5.5      | Síntesis de partículas de Carbon Black y su influencia como reemplazo parcial del cemento . . . . .  | 76        |
| 5.6      | Fabricación de materiales compuestos para potencial uso como cosechadores de energía<br>piezoeléctricos . . . . .                                | 77        |
| 5.7      | Numerical Solution of the Swing Equation for Transient Stability Analysis of a Synchronous<br>Generator . . . . .                                | 78        |
| 5.8      | Reconstrucción 3D de fuentes de Ra-226 en concreto mediante espectrometría gamma colima-<br>mada . . . . .                                       | 79        |
| 5.9      | Estudio de la emanación del radón y su correlación con radio en suelos para la gestión<br>ambiental y la protección radiológica . . . . .        | 80        |
| 5.10     | Measurements of CO2 capture from pollutant gases generated by internal combustion engi-<br>nes in graphene-based materials . . . . .             | 81        |
| 5.11     | DFT-Based Investigation of $CO_2$ Adsorption on Graphene and Graphene Oxide structures . . . . .   | 82        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.12     | Instrumentación de un banco de pruebas para la evaluación térmica de colectores solares planos . . . . .  | 83        |
| 5.13     | Tratamiento de aguas mieles usando nanopartículas de CaO obtenidas por precipitación controlada . . . . .   | 84        |
| 5.14     | Dispositivo inteligente portátil para la detección de metales pesados en aguas residuales de la galvanotecnia . . . . .   | 85        |
| <b>6</b> | <b>FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN, FAI</b>   | <b>87</b> |
| 6.1      | Prototipo de Medición de Radiación Ionizante . . . . .  | 88        |
| 6.2      | Sistema experimental de validación usando un dispositivo digital de microespejos . . . . .  | 89        |
| 6.3      | Validación de información basada en un correlador de transformada conjunta y un modulador espacial de luz . . . . .   | 90        |
| 6.4      | Microscopía Holográfica Digital usando Componentes Accesibles y de Bajo Costo . . . . .   | 91        |
| 6.5      | Medición de Mapa de Dosis en Radiología Clínica con el Detector Triple-GEM . . . . .  | 92        |
| 6.6      | Reproducción del método APJ para calibración de BPMs y corrección de cuadrupolos en el LHC . . . . .  | 93        |
| 6.7      | Optimización de campos ópticos complejos para la generación no iterativa de hologramas de fase . . . . .  | 94        |
| 6.8      | Construcción de un microscopio láser confocal de bajo costo para la caracterización de soportes poliméricos . . . . .   | 95        |
| 6.9      | Sistema especializado para la medición y caracterización de propiedades opto-electrónicas en diodos emisores de luz orgánicos . . . . .   | 96        |
| 6.10     | Estudio experimental de propiedad magnética en dos tipos de arenas negras del departamento del Huila . . . . .  | 97        |
| 6.11     | Efecto de (Sm, Gd) en las propiedades estructurales y morfológicas del sistema (Gd,Sm)In <sub>1-x</sub> MnxO <sub>3</sub> . . . . .   | 98        |
| 6.12     | Computational Study of Airfoil Icing on NACA 0024: A CFD Approach with ANSYS . . . . .  | 99        |
| 6.13     | Determinación experimental de la conductividad térmica de tres tipos de arcillas del departamento del Huila . . . . .   | 100       |
| 6.14     | Producción de películas nanoestructuradas con aplicación en dispositivos flexibles . . . . .  | 101       |
| 6.15     | Prototipado de un transiluminador (Dark Reader) eficiente y a bajo costo . . . . .  | 102       |
| 6.16     | Control de la polarización eléctrica a temperatura ambiente en el sistema bicapa BiFeO <sub>3</sub> /VO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mediante la variación del espesor de la capa de ferrita de bismuto . . . . . | 103       |
| 6.17     | Caracterización estructural de catalizadores metal/zeolita mediante imágenes 3D y microscopía de alta resolución . . . . .  | 104       |
| 6.18     | Corrección de errores cuadrupolares con el método de Salto de Acción y Fase en las regiones de interacción del Futuro Colisionador Circular o FCC . . . . .   | 105       |
| 6.19     | Medida de la distancia focal para los colores RGB . . . . .   | 106       |
| 6.20     | Diseño y Construcción del Primer Telescopio de Muones Atmosféricos de la Universidad de Antioquia . . . . .   | 107       |
| 6.21     | Ice accretion on a NACA 4415 airfoil . . . . .  | 108       |
| 6.22     | Chemical treatments to improve electrical performance of Silver Nanowire Transparent Electrodes . . . . .   | 109       |
| 6.23     | Análisis comparativo entre el método convencional y el método APJ usando simulaciones MAD-X . . . . .   | 110       |
| 6.24     | Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física . . . . .   | 111       |
| 6.25     | Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones . . . . .  | 112       |

|   |     |
|---|-----|
| 6.26 Desarrollo de un Espectrógrafo de Impedancia Basado en EVAL-ADMX2001 con Interfaz en Python . . . . .  | 113 |
| 6.27 Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones . . . . .   | 114 |
| 6.28 Ruido de fase y varianza de Allan en osciladores de cesio 5071A: medición, modelado y límites de estabilidad . . . . .   | 115 |
| 6.29 Diseño de un modulador electro-óptico de espacio libre para estabilización láser con cavidad extendida . . . . .   | 116 |
| 6.30 Desarrollo e implementación de un detector portátil de partículas . . . . .  | 117 |
| 6.31 Preparation of YBCO-BYTO and YBCO-BZO nanostructured superconducting films by chemical method . . . . .  | 118 |
| 6.32 Desarrollo de un Espectrógrafo de Impedancia Basado en EVAL-ADMX2001 con Interfaz en Python . . . . .  | 119 |
| 6.33 Preparación y Caracterización de Biocueros en base a Almidón y Borra de Café . . . . .   | 120 |
| 6.34 Implementación de la técnica de Espectroscopía de Absorción Saturada para la determinación experimental de la constante de acoplamiento de estructura hiperfina de la línea D1 . . . . . | 121 |
| 6.35 Diagnóstico de plasma en descarga luminiscente con cátodo de solución . . . . .  | 122 |
| 6.36 Cuantificación óptica de viabilidad celular en ensayos MTT mediante el sensor RGB TCS3200  | 123 |
| 6.37 Influencia del grado de madurez de la cáscara de naranja en las propiedades ópticas de puntos de carbono obtenidos por síntesis hidrotérmica . . . . .                                   | 124 |
| 6.38 Uso de la Micro:bit en física y matemáticas en bachillerato del Colegio Raíces del Futuro . . . . .  | 125 |
| 6.39 Paleomagnetic Dating of Volcanic Products: a Case Study of Cerro Bravo Volcano, Colombia   | 126 |
| 6.40 Análisis fotocatalítico de la degradación de rodamina B con puntos de carbono derivados de biomasa . . . . .   | 127 |
| 6.41 Pruebas de oclusión y ruido aplicadas a la imagen encriptada de un sistema de encriptación para la autenticación de tres imágenes . . . . .  | 128 |
| 6.42 Estudio experimental de la sensibilidad del receptor IR VS1838B debido a variaciones de frecuencia . . . . .   | 129 |
| 6.43 Protección ante radiación cósmica en hábitats lunares: un estudio mediante simulaciones Monte Carlo . . . . .  | 130 |
| 6.44 Tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop . . . . .  | 131 |
| 6.45 Análisis cuantitativo del crecimiento foliar en Swinglea glutinosa según la posición nodal . . . . .   | 132 |
| 6.46 Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetosurfactantes de $[\text{Co}(\text{trien})(\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{NO})]\text{Cl}_2$ por química verde . . . . .              | 133 |
| 6.47 Análisis y validación de la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE mediante banco de pruebas en el experimento DUNE . . . . .  | 134 |
| 6.48 Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE . . . . .  | 135 |
| 6.49 Adherencia de recubrimientos de DLC con intercapas de Si y Ti usando precursores líquidos  | 136 |
| 6.50 Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial . . . . .   | 137 |
| 6.51 Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial . . . . .   | 138 |
| 6.52 Implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo para la medición de ondas cerebrales . . . . .   | 139 |
| 6.53 Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE . . . . .  | 140 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 7.1  | Algoritmos para ampliación de profundidad de campo y campo de visión en microscopía óptica robotizada . . . . .   | 142 |
| 7.2  | Estudio computacional de las propiedades estructurales y electrónicas de la interfase $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ mediante cálculos DFT . . . . .  | 143 |
| 7.3  | Estudio computacional de las propiedades estructurales y electrónicas de la interfase $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ mediante cálculos DFT . . . . .  | 144 |
| 7.4  | Integración simpléctica y caracterización del caos en un péndulo doble con fricción tipo Stokes   | 145 |
| 7.5  | Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Quantum Well . . . . . | 146 |
| 7.6  | Caracterización de las propiedades microfísicas de precipitación en la región interandina . .   | 147 |
| 7.7  | Simulación de un péndulo real mediante integración de Verlet . . . . .  | 148 |
| 7.8  | Dinámica caótica y escape en billares abiertos: simulación de hasta dos partículas con colisiones elásticas . . . . .   | 149 |
| 7.9  | Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD . . . . .  | 150 |
| 7.10 | Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP . . . . .   | 151 |
| 7.11 | Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP . . . . .   | 152 |
| 7.12 | Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT . . . . .   | 153 |
| 7.13 | Teoría de campo medio dinámica de redes neuronales balanceadas autorreguladas por depresión sináptica . . . . .   | 154 |
| 7.14 | Simulación de la órbita de Mercurio en Python: Comparación entre mecánica newtoniana y relatividad general . . . . .  | 155 |
| 7.15 | Desarrollo metodológico para calcular el campo magnético en la región exterior a un plasma en equilibrio magnetohidrodinámico en un tokamak . . . . .   | 156 |
| 7.16 | Predicción de la Fatiga en Acero Mediante Técnicas de Aprendizaje Automático Supervisado  | 157 |
| 7.17 | Dinámica y termodinámica de un sistema Jaynes-Cummings estimulado por láser . . . . .   | 158 |
| 7.18 | Extensión del modelo de opinión tipo Potts bajo medios masivos: efectos de un ruido social dinámico . . . . .   | 159 |
| 7.19 | Ultrafast Laser Parameters Optimization through Machine Learning Techniques . . . . .   | 160 |
| 7.20 | Reconocimiento de Actividades Físicas Utilizando Redes Neuronales Convolucionales y Sensores Inerciales . . . . .   | 161 |
| 7.21 | Modelado de la Cinética de Adsorción de Metales Pesados en Agua Mediante Simulación Monte Carlo Cinético (kMC) y Machine Learning Basado en Optimización Bayesiana . . . .                                | 162 |
| 7.22 | Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física . . . . .   | 163 |
| 7.23 | Caracterización experimental y computacional de osciladores de Chua acoplados: dinámica caótica y sincronización . . . . .  | 164 |
| 7.24 | Caracterización experimental y computacional de osciladores de Chua acoplados: dinámica caótica y sincronización . . . . .  | 165 |
| 7.25 | Relaxation Dynamics of Salicylidene-1-naphthylamine: A DFT/TDDFT Case Study on the ES IPT Mechanism . . . . .   | 166 |
| 7.26 | Desplazamientos de fase por dispersión neutrón-protón . . . . .   | 167 |
| 7.27 | Dinámica de sincronización en redes de conectividad cerebral: una aproximación con el modelo de Kuramoto . . . . .  | 168 |
| 7.28 | Simulación de la atenuación de rayos gamma en tejidos biológicos utilizando Geant4 y ROOT   | 169 |
| 7.29 | Cálculo de Vida media en la Desintegración alfa Usando Formulas semi-empíricas y la Aproximación WKB . . . . .  | 170 |
| 7.30 | Soluciones libres de malla a problemas de fenómenos de transporte . . . . .   | 171 |
| 7.31 | Estudio comparativo del comportamiento micromagnético de una nanopartícula bajo campos magnéticos oscilantes y rotantes . . . . .   | 172 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 7.32     | Hacia la mejora de la calidad del software científico: propuesta metodológica evaluada en contextos formativos . . . . .   | 173        |
| 7.33     | Método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo en dos dimensiones para campos electromagnéticos: implementación paralela en CPU y GPU . . . . .  | 174        |
| 7.34     | Estudio computacional de estados magnéticos en nanodiscos con interacción Dzyaloshinskii-Moriya . . . . .  | 175        |
| 7.35     | Simulación de Espectros UV-Vis en Estructuras de Grafeno Oxidado . . . . .   | 176        |
| 7.36     | Entre Peones y Partículas: Mecánica Estadística del Ajedrez . . . . .  | 177        |
| 7.37     | Interacción de átomos de sodio en estructuras de Grafeno Oxidado vía DFT . . . . .   | 178        |
| <b>8</b> | <b>FÍSICA FUNDAMENTAL</b>  | <b>179</b> |
| 8.1      | Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT . . . . .  | 180        |
| 8.2      | La Eikonal como Puente a la Ecuación de Schrödinger: Límite Clásico y Aproximación JWKB  | 181        |
| 8.3      | Estado actual de las anomalías R(D) y R(D*) y su interpretación en términos de nueva física  | 182        |
| 8.4      | Operador de fase cuántica en el formalismo de la transformación de Fourier Fraccionaria . .  | 183        |
| 8.5      | Micro:bit Herramienta para la enseñanza de la Matemática y Física . . . . .  | 184        |
| 8.6      | Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales . . . . .  | 185        |
| 8.7      | Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales . . . . .  | 186        |
| 8.8      | Producción de fermiones estériles por up-scattering en experimentos de $CE\nu NS$ . . . . .  | 187        |
| 8.9      | Dinámica no lineal y estabilidad de un péndulo confinado por resortes laterales: análisis exacto, aproximación de Chebyshev y validación numérica . . . . .  | 188        |
| 8.10     | Observación del entrelazamiento cuántico con quarks top en el detector ATLAS . . . . .   | 189        |
| 8.11     | Estudio de la energía de activación y tiempo de relajación de los radicales $H^+$ en el sistema PVDF+ $H_3PO_4$ a través del análisis en el módulo eléctrico en la espectroscopia de impedancia compleja . . . . . | 190        |
| 8.12     | Exploración de $CE\nu NS$ con neutrinos de reactor en RED-100 y perspectivas sobre interacciones no estándar . . . . .   | 191        |
| 8.13     | Modelo molecular para soluciones ópticamente activas basado en la birrefringencia elíptica .   | 192        |
| 8.14     | Análisis del espectro de decaimiento beta del tritio en KATRIN para establecer límites sobre los parámetros de neutrinos estériles . . . . .   | 193        |
| 8.15     | Simetría Hiperbólica en la Relatividad Especial: Una Visualización a través de los Diagramas de Minkowski Haciendo uso de Geogebra® . . . . .  | 194        |
| 8.16     | Corrección a la masa del pion neutro mediante el modelo sigma en un campo magnético . .  | 195        |
| <b>9</b> | <b>FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA</b>   | <b>197</b> |
| 9.1      | Prototipado de un Transiluminador (DARK READER) Eficiente y a Bajo Costo . . . . .   | 198        |
| 9.2      | Evaluación mecánica en compresión de andamios porosos de Quitosano-Hidroxiapatita para aplicaciones en regeneración ósea . . . . .   | 199        |
| 9.3      | Factores de corrección geométrica para calibración de cámaras de pozo mediante simulación Monte Carlo . . . . .  | 201        |
| 9.4      | Hacia una definición física del dolor: ¿cómo se relaciona con la percepción de la información?   | 202        |
| 9.5      | CARACTERÍSTICAS TERMOLUMINISCENTES (TL) DEL ÓXIDO DE BERILIO (BeO) EN UN RANGO DE BAJA DOSIS . . . . .   | 203        |
| 9.6      | EVALUACIÓN DE LAS DOSIS OCUPACIONALES EN LA PREPARACIÓN, DISPENSACIÓN Y TRANSPORTE DE RADIOFÁRMACOS MARCADOS CON TC-99M . . . . .  | 204        |
| 9.7      | La Forma del Eritrocito como Consecuencia de la Minimización de la Energía de Curvatura de la Membrana en Condiciones Isotónicas . . . . .   | 205        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 9.8       | Detección de sobreexpresión de receptores de folato en muestras cervicales mediante un biosensor capacitivo de titanio . . . . .                       | 206        |
| 9.9       | Análisis del efecto en la densidad de estados (DOS) de nanotubos de dióxido de titanio TiO <sub>2</sub> funcionalizados con ácido fólico . . . . .     | 207        |
| 9.10      | Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP . . . . .  | 208        |
| 9.11      | Diferencias morfológicas entre células de piel sana y enferma usando microscopía holográfica digital . . . . .   | 209        |
| <b>10</b> | <b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES</b>  | <b>211</b> |
| 10.1      | Segmentación retiniana asistida por inteligencia artificial: redes neuronales aplicadas al diagnóstico ocular . . . . .                                | 212        |
| 10.2      | Desarrollo de un módulo de análisis de Lengua de Señas Colombiana con aprendizaje por refuerzo aplicado a contextos educativos . . . . .               | 213        |
| 10.3      | 2-Adic Quantum Mechanics, Continuous-Time Quantum Walks, and the Space Discreteness  | 214        |
| 10.4      | Aplicación de redes neuronales ortogonales en la aproximación numérica de la ecuación de Bagley-Torvik . . . . .                                       | 215        |
| 10.5      | Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales  | 216        |
| 10.6      | Predicción y Análisis de la Resistencia a la Compresión del Concreto mediante Aprendizaje Automático y Simulación Monte Carlo . . . . .                | 217        |
| 10.7      | Inferencia de parámetros físicos en nanodiscos magnéticos mediante redes neuronales profundas . . . . .  | 218        |
| 10.8      | Análisis del Campo de Ruptura Dieléctrico Intrínseco en Materiales Semiconductores y Aislantes mediante Algoritmos de Aprendizaje Automático . . . . . | 219        |
| 10.9      | Modelado QSAR asistido por Machine Learning como potenciales inhibidores de la proteína ROP18 en Toxoplasma gondii . . . . .                           | 220        |
| 10.10     | Efecto de los parámetros de diseño en la resistencia a compresión de biocompuestos impresos en 3D . . . . .  | 221        |
| 10.11     | Propiedades Físicas, Mecánicas y Tribológicas de Biocompuestos Impresos en 3D Mediante Deposición Fundida de Filamentos . . . . .                      | 222        |
| 10.12     | Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales  | 223        |
| 10.13     | Evaluación comparativa de redes neuronales para detección de fibrilación auricular con métricas tradicionales y complementarias . . . . .              | 224        |
| 10.14     | Procesamiento de imágenes cuánticas: un enfoque que utiliza la métodos mixtos y discretos . . . . .  | 225        |
| 10.15     | Caracterización óptica y eléctrica del grafeno oxidado para aplicaciones en comunicación óptica . . . . .  | 226        |
| 10.16     | Estudio del efecto de funciones de activación polinómicas en la respuesta de un perceptron simple . . . . .  | 227        |
| 10.17     | Study of the influence of temperature on the light emission response of electrical polarized graphene oxide . . . . .                                  | 228        |
| 10.18     | Efecto del reinicio estocástico en el tiempo de sincronización del modelo de Kuramoto en redes . . . . .   | 229        |
| <b>11</b> | <b>MATERIA CONDENSADA</b>  | <b>231</b> |
| 11.1      | Impacto de impurezas y asimetría estructural en cadenas lineales de puntos cuánticos . . . . .   | 232        |
| 11.2      | Síntesis, análisis cristalográfico, morfológico y magnético del material LaSr(Bi, Mn)FeO <sub>6</sub> . . . . .  | 233        |
| 11.3      | Propiedades térmicas de membranas poliméricas de quitosano y H <sub>3</sub> PO <sub>2</sub> . . . . .  | 234        |
| 11.4      | Conductividad iónica de membranas poliméricas de quitosano y H <sub>3</sub> PO <sub>2</sub> . . . . .  | 235        |

|   |     |
|---|-----|
| 11.5 Optical and electrical characterization of Spin coating ZnO thin films doped with aluminum for solar cell applications . . . . .   | 236 |
| 11.6 Estudio de las propiedades magnéticas y estructurales del sistema $\text{Fe}_{50}\text{Al}_{50-x}\text{B}_x$ obtenido por aleamiento mecánico . . . . .  | 237 |
| 11.7 Estudio de las propiedades estructurales y magnéticas del sistema $\text{Fe}_3\text{Sn}_{1-x}\text{Sm}_x$ . . . . .  | 238 |
| 11.8 Estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema $\text{Fe}_{100-x}\text{Ni}_x$ obtenido por aleamiento mecánico . . . . .  | 239 |
| 11.9 Mejoramiento de la inyección de huecos al interior de dispositivos OLED . . . . .  | 240 |
| 11.10 Estudio computacional autoconsistente de un modelo unidimensional tipo DFT: implementación en C++ y análisis de condiciones iniciales para la densidad electrónica . . . . .  | 241 |
| 11.11 Conductividad Hall Cuántica como Invariante TKNN y Espectro Fractal de la Mariposa de Hofstadter . . . . .  | 242 |
| 11.12 Pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs en ambiente dieléctrico: Propiedades ópticas y efectos del campo eléctrico . . . . .   | 243 |
| 11.13 Estudio estructural, morfológico, óptico, térmico y magnético del Rutenato de Neodimio . . . . .  | 244 |
| 11.14 Interacciones moleculares en membranas de PMMA/ $\text{H}_3\text{PO}_2$ con cisco de café y su efecto en la conductividad iónica . . . . .  | 245 |
| 11.15 Análisis estructural de membranas poliméricas sintetizadas a partir de Almidón de arroz, LiTFSI y chitosan . . . . .  | 246 |
| 11.16 Evaluación estructural, térmica y magnética de una perovskita ortorrómbica con posibles características altermagnéticas . . . . .   | 247 |
| 11.17 Síntesis, caracterización estructural y propiedades magnetoeléctricas del sistema $\text{Sr}_{2,68}\text{Tr}_{1,32}\text{Mn}_{0,64}\text{Ti}_{2,68}\text{Fe}_{0,68}\text{O}_{12}$ (Tr=Nd, Sm) con comportamiento ferromagnético-semiconductor . . . . . | 248 |
| 11.18 Crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos de Ni/Si(100) mediante CVD acoplado a espectroscopía XPS . . . . .   | 249 |
| 11.19 Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición . . . . .  | 250 |
| 11.20 Producción y caracterización de dispositivos emisores de luz roja basados en compuestos semiconductores orgánicos . . . . .   | 251 |
| 11.21 Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Quantum Well . . . . .   | 252 |
| 11.22 Ferromagnetic-Semiconductor Response in the $\text{LaCaFeTiO}_6$ Double Perovskite and Expansion towards the $\text{RCaFeCoO}_6$ Material Family . . . . .  | 253 |
| 11.23 Estudio Riguroso de los Estados Electrónicos y la Absorción Óptica en Puntos-Anillo Cuánticos Acoplados de GaAs/AlGaAs . . . . .  | 254 |
| 11.24 Synthesis and structural, morphological, and optical characterization of sillenites of the type $\text{Bi}_{12}\text{MO}_{20}$ . . . . .  | 255 |
| 11.25 Síntesis Sostenible y Caracterización de Óxido de Grafeno para potencial aplicaciones en Sensado Óptico . . . . .   | 256 |
| 11.26 Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos . . . . .   | 257 |
| 11.27 Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos . . . . .   | 258 |
| 11.28 Evaluación del atrapamiento de iones $\text{Cu}^{2+}$ en agua utilizando Carboximetil Celulosa como adsorbente verde . . . . .  | 259 |
| 11.29 Propiedades Termodinámicas en Grafeno Inducidas por Electrones Vestidos de Fotones . . . . .  | 260 |
| 11.30 Adsorción de mercurio (Hg) sobre una monocapa de Selenuro de Galio (GaSe) . . . . .   | 261 |

|   |     |
|---|-----|
| 11.31 Oscilaciones de Rabi y Quantum Beats en Grafeno bajo Radiación Circularmente Polarizada   | 262 |
| 11.32 Análisis de muestras de óxido de zinc dopado con manganeso usando la técnica EPR  | 262 |
| 11.33 Semimetal de Weyl como espejo perfecto para ondas electromagnéticas incidentes en la configuración de Voigt   | 263 |
| 11.34 Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición  | 264 |
| 11.35 Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales   | 265 |
| 11.36 Síntesis y Caracterización de Superconductores YBCO con sustitución de Hierro mediante Método de Estado Sólido  | 266 |
| 11.37 Determinación electroquímica de EDTA en matrices de cacao por cronoamperometría   | 267 |
| 11.38 Green Plant Extract-Mediated Synthesis of Gold Nanoparticles for SERS-Based Detection of Pyridoxine   | 268 |
| 11.39 Estudio de las Propiedades Estructurales y Electrónicas de Clústeres de Cobre Dopados con Rutenio $Cu_{N-1}Ru$ ( $N = 3-6$ )  | 269 |
| 11.40 Estudio de defectos puntuales en AlN mediante primeros principios (DFT) para aplicaciones en tecnologías cuánticas  | 269 |
| 11.41 Modelamiento electroquímico de acero en cemento usando inhibidor natural de lavanda mediante espectroscopía de impedancia   | 271 |
| 11.42 Espectros de transmisión de un cristal fotónico 1D $(BaTiO_3/Y_2O_3)_N/G/Y_2O_3/G/(BaTiO_3/Y_2O_3)_N$ con defectos de grafeno y potencial aplicación en sensores multispectrales                                      | 272 |
| 11.43 Control estequiométrico de las propiedades ópticas no lineales en cables cuánticos helicoidales $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ : perspectivas sobre las dependencias composicionales, geométricas y del campo electromagnético | 273 |
| 11.44 Lavanda como inhibidor de corrosión: análisis Tafel-LPR en acero embebido en cemento  | 274 |
| 11.45 Análisis teórico de la dependencia con la temperatura de los espectros de heteroestructuras de puntos cuánticos autoensamblados de InAs/GaAs  | 275 |
| 11.46 Estudio in vitro de recubrimientos electroquímicos de hidroxiapatita y plata en condiciones fisiológicas simuladas  | 275 |
| 11.47 Recubrimientos de Hidroxiapatita (Natural y Comercial) Dopados con Nanopartículas de Plata para Implantes Médicos: Caracterización, Bioactividad y Propiedades Bactericidas   | 276 |
| 11.48 Síntesis de Recubrimientos de Hidroxiapatita en Placas de Titanio por Electrodeposición: Influencia del Origen y Método en la Bioactividad  | 277 |
| 11.49 Uso de Cáscara de Plátano como Agente de Mejora en la Adhesión de Inhibidores Naturales de Corrosión a Base de Thunbergia alata y Lavanda sobre Acero 1020  | 278 |
| 11.50 Título del Resumen (máximo 15 palabras)   | 278 |
| 11.51 Síntesis Electroquímica vs Síntesis Verde: Análisis de Eficiencia y Sostenibilidad en la Producción de Nanopartículas de Plata (AgNPs) y su Aplicación en Detección Electroquímica                                    | 280 |
| 11.52 Simulación de estructura de bandas del grafeno prístino afectado por perturbación   | 281 |
| 11.53 Rapid Synthesis of Highly Crystalline ZnO Nanostructures: Comparative Evaluation of Two Alternative Routes  | 282 |
| 11.54 Aplicaciones de metasuperficies plasmónicas autocomplementarias   | 283 |
| 11.55 Estudio del efecto fotovoltaico en grafeno para la generación de energía  | 284 |
| 11.56 Análisis de la Estructura Electrónica del Superconductor $YBa_2Cu_3O_7$ Usando la Teoría del Funcional Densidad   | 285 |
| 11.57 Simulación de la Conductividad Electrónica en Grafeno con Patrón de Kekulé  | 286 |
| 11.58 Control del gap en grafeno mediante campo eléctrico externo: una aproximación empleando el método de Kekulé   | 287 |
| 11.59 Análisis Teórico de Oscilaciones Cuánticas dHvA en los Teluros cuasi-1D $TaTe_4$ y $NbTe_4$   | 288 |

11.60 Energía de enlace de excitones confinados en un punto cuántico esférico de GaAs-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As, bajo presión hidrostática . . . . . 289

11.61 Computational modeling of the optical properties of metallic nanoparticles for potential agricultural applications . . . . . 290

11.62 Efectos del álgebra con paridad deformada en las características topológicas y geométricas en el modelo de Jaynes-Cummings disipativo . . . . . 291

11.63 Formation of Point Defects Due to Aging under Natural Conditions of Doped GaAs . . . . . 292

11.64 Optical properties of metallic nanoparticles embedded in a cellulose matrix . . . . . 293

11.65 Impacto de la asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados . . . . . 294

11.66 Control Magnético de un sistema molecular de puntos cuánticos inmersos en una cavidad óptica . . . . . 295

11.67 Bloqueo de fotones bajo canales de disipación en un sistema de dos cavidades y un punto cuántico . . . . . 296

11.68 Implementación numérica de las ecuaciones de campo de un sistema Bose-Hubbard de espín-1 . . . . . 297

11.69 Elaboración de tintas basadas en grafeno oxidado (GO) obtenido de residuos de biomasa de bambú-guadua . . . . . 298

# Capítulo 1

## CONFERENCISTAS

### 1.1. Tecnologías Fotovoltaicas Comerciales: Evolución y Tendencias

**Dr. Aarón Sánchez Juárez**

Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica Instituto de Energías Renovables  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM

#### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

##### **Resumen**

En esta charla se abordarán temas relacionados con la evolución de la capacidad FV instalada en los mercados principales, así como la participación regional en dichos mercados; las tendencias en la investigación y desarrollo tecnológico para las diferentes tecnologías fotovoltaicas: silicio cristalino, silicio amorfo; calcogenuros de metal; arsenuro de galio; y las emergentes (peroskitas, orgánicas y de tintes). Se presentará además la evolución de la eficiencia de conversión para las diferentes tecnologías en los últimos 10 años y la comparación entre celdas y módulos fotovoltaicos. Se identifican las tendencias tecnológicas encontradas, así como las innovaciones introducidas para aumentar la eficiencia de conversión y que se espera para un futuro próximo.

Se analiza cuál es el mercado potencial por sector de uso, su tendencia para un futuro mercado y la participación de las diferentes tecnologías fotovoltaicas para dicho supuesto.

Se presenta cuál ha sido la tendencia en el decrecimiento del costo de la tecnología a la fecha actual en el mercado internacional; la oferta comercial de los diferentes fabricantes y aspectos relacionados con garantía, durabilidad y rendimiento.

Se identifican los aspectos a considerar para la selección adecuada de la tecnología fotovoltaica para proyectos específicos y que se espera en un futuro próximo sobre el desarrollo e innovación en los módulos fotovoltaicos.

## 1.2. Improving the mechanical properties of nanomaterials

**Marcelo M. Mariscal**

INFIQC, CONICET, Departamento de Química Teórica y Computacional  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

The search for new composite nanomaterials with improved mechanical properties is crucial for advancing technology, improving sustainability, and creating new opportunities for innovation. The mechanical properties of a material determine its ability to withstand forces and stresses without breaking or deforming. In this sense, by improving the mechanical properties of nanomaterials, we can create stronger, more durable materials that can be used in a wide range of applications. In many applications, such as electronics and energy storage, the mechanical properties of the materials used can significantly affect their performance and durability. Therefore, by developing advanced materials with improved mechanical properties, we can enhance the performance of these devices. As such, research topics on the mechanical properties of nanoparticles (NPs) have become increasingly hot in recent years.

As it is very well known, metal NPs have a high surface area-to-volume ratio, which makes them ideal for catalysis and other surface-dependent applications. For that reason, by improving the mechanical properties of metal NPs, we can increase their stability and durability, allowing them to remain active for longer periods of time. Evenmore, the design of new materials with superior mechanical properties, can open up new applications, such as nanoelectromechanical systems (NEMS), which involve the integration of mechanical and electrical components on a nanoscale level.

In the present talk, we present an analysis of the structure and dynamics of metal NPs and nanocomposite under compression obtained from molecular dynamics simulations. We analyze the nucleation and nature of dislocations, and several mechanical properties. The theoretical predictions are put in contrast with existing experimental evidence.

#### **Palabras Clave**

Mechanical properties; nanoparticles; graphene; nanoalloys.  
marcelo.mariscal@unc.edu.ar

## 1.3. Del origen de la Mecánica cuántica a los puntos cuánticos

**J. C. Martínez Orozco**

Universidad Autónoma de Zacatecas

Unidad Académica de Física, Zacatecas, México

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

En el marco de la celebración del Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuántica (AIQ), proclamado por la ONU, cuyo objetivo es sensibilizar sobre la importancia y el impacto de la ciencia cuántica y sus aplicaciones en distintos ámbitos de la vida, esta plática —aunque, desde luego, la misión planteada por la ONU es mucho más amplia— ofrecerá una revisión breve de lo que Luis de la Peña suele denominar “mecánica cuántica primitiva”. Se abordarán algunos aspectos fundamentales de la mecánica cuántica, para luego centrarse en la ecuación de Schrödinger y en su solución para el sistema cuántico de dos niveles, considerando perturbaciones dependientes del tiempo, con el fin de introducir los conceptos de absorción, emisión estimulada y emisión espontánea. Finalmente, dado que el tema se relaciona con las líneas de investigación del grupo de Física y Química Cuántica de los Nanomateriales (Universidad Autónoma de Zacatecas), se presentarán algunos de los resultados obtenidos, en particular aquellos referentes a puntos cuánticos, sus propiedades básicas y ejemplos de sus aplicaciones.

#### **Palabras Clave**

Puntos Cuánticos; Mecánica cuántica; Propiedades optoelectrónicas.

[jcmartinez@uaz.edu.mx](mailto:jcmartinez@uaz.edu.mx)

## 1.4. Neutron Reflectometry and Machine Learning Workflows

**Miguel Fuentes-Cabrera**

Northeastern University. USA

Khoury College of Computer Sciences.

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

Neutron reflectometry (NR) is a unique characterization technique for studying the structure of thin films due to its high spatial resolution, non-destructive nature, and the sensitivity of neutrons to both isotopes and spin. Machine Learning techniques, on the other hand, provide the opportunity to analyze large amount of data and predict outcomes. Here we combine machine learning and NR data, both experimental and simulated data, in a series of workflows that enable predicting the structural parameters of thin polymer films from NR data, generating NR curves from Scattering Length Density profiles curves (and vice versa), and predicting the time evolution of NR data. As a toolkit, this set of workflows represent a step forward towards facilitating the analysis, interpretation, and prediction of NR signals, paving the road to automatization.

## 1.5. ¿Y si la interferencia no fuera cuestión de ondas?

**Román Castañeda**

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín, Colombia

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

Las preguntas provocadoras han sido el motor principal del desarrollo de la física. Como lo afirmó Louis de Broglie en la década de los años 50 del siglo pasado, los científicos debieran estar dispuestos a “someter a examen periódico y a profundidad los principios que hemos llegado a admitir sin discusión”. Las tendencias actuales de la óptica y la fotónica están llevando a la tecnología hacia el mundo de lo más pequeño, donde lo no-paraxial, lo no-local y lo corpuscular de la luz es inevitable. Se muestra que este contexto señala respuestas novedosas e incluso sorprendentes a la pregunta enunciada en el título, como el rol protagónico y no-Newtoniano del espacio ordinario, el entrelazamiento espacial de estados geométricos y la indeterminación geométrica, subrayando el requerimiento de actitud abierta y comprometida con la pesquisa científica.

#### **Palabras Clave**

estados geométricos, confinamiento, entrelazamiento espacial, indeterminación geométrica, actitud científica.

rcastane@unal.edu.co

## **1.6. Evaluación de la eficiencia de una malla curricular mediante simulaciones Monte Carlo**

**Alejandro P. Riascos**

Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

En este trabajo se explora un algoritmo Monte Carlo para estimar el tiempo promedio de graduación de los estudiantes de la carrera de Física en la Universidad Nacional de Colombia. El modelo implementado toma los datos históricos de la forma en que cursaron asignaturas los estudiantes en una ventana temporal de 10 años. A partir de esta información, se obtienen probabilidades de aprobación de materias y la manera en que recorren la malla curricular. El método permite detectar cuellos de botella estructurales, por ejemplo, asignaturas con bajas tasas de aprobación y cadenas de prerrequisitos que reducen las tasas de graduación. El algoritmo produce una distribución de frecuencias relativas del número de semestres que los estudiantes tardan en cursar toda su carrera. Al modificar las tasas de aprobación de cursos individuales y eliminar prerrequisitos específicos, es posible cuantificar qué asignaturas y requisitos impactan con mayor fuerza el tiempo de graduación y la finalización del programa.

#### **Palabras Clave**

Malla curricular; educación; simulaciones Monte Carlo.  
alperezri@unal.edu.co

## 1.7. Física Cuántica y Educación para el Siglo XXI

**Jairo Giraldo Gallo**

Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá (Expresidente Sociedad Colombiana de Física)

### **XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

#### **Resumen**

Se presenta un esquema que permitiría llevar los conceptos de la física cuántica a la enseñanza media sin recurrir a las matemáticas. Ello es importante por cuanto cada vez más las tecnologías todas requieren de o son aplicaciones de esa disciplina. Todavía más, cada vez se encuentra un mayor impacto de la fenomenología cuántica en otras ciencias, particularmente en la biología, hasta el punto que hoy se habla sin mayor reticencia de biología cuántica. La química, como disciplina, no podría concebirse sin la cuántica. La astrofísica y la cosmología necesitan recurrir a fenómenos cuánticos no triviales para poder explicar el origen y evolución del universo. Un docente de secundaria que no esté familiarizado con los conceptos cuánticos más fundamentales no podrá enseñar con rigor lo esencial de las ciencias básicas ni orientar adecuadamente a sus estudiantes para desempeñarse en un mundo que cada vez es más complejo y en mayor proporción requiere de las nuevas tecnologías cuánticas, entre ellas los sensores cuánticos y el procesamiento cuántico de la información. Ni siquiera la filosofía contemporánea puede sustraerse de lo cuántico. Si se acepta que los problemas ambientales deben plantearse abiertamente en la enseñanza básica, el enfoque clásico no basta. En síntesis, el ponente sostiene que “todo en el universo tiene un origen cuántico” y que “se requiere pensar cuánticamente”.

## **1.8. Ciencia, tecnología e innovación en materiales basados en grafeno oxidado**

**Dr. Jhon Prías**

Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Colombia

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Estudios recientes en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), han explorado las propiedades del grafeno oxidado (GO), obtenido a partir de residuos de biomasa de bambú-Guadua, mediante descomposición térmica por pirólisis. Se ha investigado el papel fundamental de los puentes de hidroxilo y epóxido, en las propiedades básicas del GO. Estos estudios destacan el potencial del GO en aplicaciones clave como energías limpias, remediación ambiental, captura de  $CO_2$ , y el desarrollo de sensores y dispositivos inteligentes. Los resultados posicionan al GO como un material estratégico para la innovación en ciudades y territorios inteligentes.

## **1.9. De la computación Clásica a la Computación Cuántica**

**Dr. Roberto Martínez**

Departamento de Física

Universidad Nacional de Colombia, Bogota

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Se presentan los conceptos básicos de la computación clásica como bit, compuertas fundamentales y la computación universal. Posteriormente se discute el concepto de qubit y compuertas cuánticas, base de Bell y el entrelazamiento cuántico para entender la teletransportación. Se explica el algoritmo que permite la descriptación usando los computadores cuánticos.

## **Capítulo 2**

# **Talleres y Minicursos**

## 2.1. Criterios de Diseño en Sistemas Fotovoltaicos (Minicurso)

**Dr. Aarón Sánchez Juárez**

Jefe del Laboratorio de Evaluación Fotovoltaica Instituto de Energías Renovables  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, UNAM

### XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia

#### Objetivo

Proporcionar los elementos necesarios para que el alumno:

- Conozca los diferentes materiales relacionados con la conversión fotovoltaica, la tecnología basada en dicho fenómeno, los materiales fotovoltaicos, su uso en sistemas de generación de electricidad.
- Conozca los criterios de dimensionamiento y diseño y los aplique para sistemas interactivos con la red eléctrica convencional.
- Conozca y aplique la normatividad nacional para la interconexión de los sistemas fotovoltaicos a las Redes Generales de Distribución Eléctrica locales.

#### Alcances

Al terminar el curso el alumno podrá ser capaz de:

- Identificar los diferentes tipos de tecnologías y materiales fotovoltaicos.
- Analizar y proponer el sistema fotovoltaico adecuado a una necesidad específica.
- Seleccionar y proponer las partes y componentes adecuados para un sistema fotovoltaico.
- Dimensionar y diseñar un sistema fotovoltaico específico interconectado a la red.

#### Temario

##### 1. Los Sistemas Fotovoltaicos

Concepto básico de: Celda solar, Módulo fotovoltaico, cadena fotovoltaica y arreglo fotovoltaico. Tecnologías fotovoltaicas disponibles, acondicionadores de potencia (inversores), baterías. Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos: autónomos, híbridos y conectados a la red eléctrica convencional. Componentes principales de los Sistemas Fotovoltaicos: Generador Fotovoltaico (arreglo fotovoltaico), Balance del Sistema (estructura, controladores de carga, almacenamiento de energía, inversores, conductores y sistema de protección eléctrica) y Cargas eléctricas (aparatos y equipos).

##### 2. Normas, especificaciones y requerimientos para los sistemas fotovoltaicos

Requerimientos para las componentes de los sistemas fotovoltaicos. Requerimientos y especificaciones para Estructuras: Normas nacionales e internacionales. Normas de cumplimiento para la calidad en módulos e inversores. Normas y Especificaciones para las instalaciones eléctricas fotovoltaicas. Normas y Especificaciones técnicas para el diseño de Sistemas Fotovoltaicos (plantas solares fotovoltaicas).

**3. Dimensionamiento y Diseño Fotovoltaico**

Dimensionamiento fotovoltaico: Criterios generales. Diseño Fotovoltaico: Criterios generales. Información requerida para el dimensionamiento y diseño de proyectos fotovoltaicos. Cálculo de la potencia pico y estimación energética.

**4. Ejercicio práctico**

## **2.2. Esfuerzos en Polímeros: Fundamentos y Aplicaciones**

**Dra. Aleria Cuellar y Dr. Fabio Meza**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Departamento de Ingeniería Química

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

Se explora los principios básicos y las consideraciones prácticas del comportamiento mecánico de los materiales poliméricos. A lo largo de dos sesiones de trabajo, se analizarán conceptos de propiedades mecánicas, así como métodos de caracterización y ensayo. Está dirigido a estudiantes, profesionales e investigadores interesados en comprender cómo los esfuerzos afectan el desempeño de los polímeros en diversas aplicaciones industriales y tecnológicas.

## **2.3. Taller EMC: Fundamentos teóricos y laboratorio práctico**

**Dra. Julio Cesar García Alvarez**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Departamento de Ingeniería Electrónica

**XXX Congreso Nacional de Física – Manizales, Colombia**

### **Resumen**

equipamiento apto para medir interferencias electromagnéticas, como cuartos apantallados, analizadores de espectro y sensores de campo eléctrico y magnético . Fundamentos de Compatibilidad Electromagnética  
Experimentos estándar en laboratorio EMC

## Capítulo 3

# ASTRONOMÍA Y COSMOLOGÍA

### 3.1. Producción de materia oscura tipo FIMP en cosmologías no estándar

Santiago Julio-Dávila<sup>1</sup>, Óscar Alberto Zapata Noreña<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

santiago.juliod@udea.edu.co

**Resumen:** Los modelos partículas de materia oscura en la que estas se producen a través del mecanismo *freeze-in* han ido tomando fuerza recientemente en la comunidad científica. Estas partículas se conocen como *Feebly Interacting Massive Particles* (FIMPs), y han sido estudiadas ampliamente en el paradigma de la cosmología estándar. Sin embargo, los parámetros cosmológicos pueden variarse en tanto no se alteren las mediciones del fondo cósmico de microondas (CMB) o de la nucleosíntesis primordial (BBN), dando lugar a modelos cosmológicos no estándar.

Este trabajo explora, mediante la solución numérica de la ecuación de Boltzmann para FIMPs, el espacio de parámetros de varios modelos de partículas de materia oscura, como lo son el singlete escalar o un bosón tensorial en escenarios de cosmología estándar y no estándar, obteniendo los parámetros que reproducen la abundancia de reliquia de materia oscura observada y que además son compatibles con las restricciones de detección directa y experimentos en colisionadores.

**Palabras Clave:** Cosmología no estándar; freeze-in; materia oscura.

### 3.2. El origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el modelo cosmológico de De Sitter

**Pinzón Q. Jorge E.**

Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

Departamento de Física, Grupo de Investigación FIZMAKO-UT

jepinzon@ut.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se analiza el origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el campo gravitacional creado por la constante cosmológica en el modelo cosmológico de De Sitter. La naturaleza gravitacional de la constante cosmológica origina la curvatura del espacio-tiempo.

El espacio-tiempo de De Sitter está interrelacionado con un tensor de energía de vacío, tensor que depende de la constante cosmológica. Al relacionarla con la constante de velocidad de la luz, se crea una nueva constante cosmológica temporal. La relación entre estas dos constantes cosmológicas y las magnitudes cuánticas de Planck, origina la conexión entre la energía de vacío y el vacío cuántico, unificando el campo gravitacional de De Sitter con el campo cuántico.

El modelo cosmológico de De Sitter está limitado por una superficie de horizonte de singularidad cosmológica, que surgió en la etapa primigenia de la formación del Universo, en las proximidades del tiempo de Planck. A causa de fenómenos de perturbaciones, fluctuaciones y resonancia de la energía de vacío cuántico gravitacional, la densidad de energía creció extremadamente, creando las condiciones para el nacimiento de partículas elementales y materia oscura, que condujeron a la formación de masa gravitacional e influenciaron fuertemente en la curvatura del espacio-tiempo de De Sitter hasta un punto de colapso gravitacional.

El colapso del campo gravitacional comprimió la energía, originando un agujero negro primordial de De Sitter, de tiempo muy corto de vida, que liberó enormes cantidades de energía provocando una gran explosión (Big Bang). Esa energía, al liberarse, dio origen al nacimiento de la masa primordial y a la expansión acelerada del Universo, que formaron galaxias, estrellas, otros objetos estelares y la materia oscura que actualmente hacen parte de la estructura del Universo.

En el modelo cosmológico de De Sitter, en su región interna de vacío cuántico gravitacional, las trayectorias de las partículas deducidas de las ecuaciones de movimiento muestran que, al acercarse a la superficie del horizonte de singularidad, algunas partículas presentan puntos de retorno y otras de no retorno, quedando atrapadas y generando una superficie de tipo fotónica.

**Palabras Clave:** Gravitación; Cosmología; Constantes cuánticas de Planck; Universo; Fotón; Neutrino; Materia Oscura; Big Bang.

### 3.3. Identificación de estructuras en el Universo a través del clustering de cuásares

Diana Carolina Zapata<sup>1</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

dianac.zapata@udea.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se utiliza el catálogo Quiaia, una de las muestras más limpias y completas de cuásares disponibles hasta la fecha, para estudiar la estructura a gran escala del universo en el entorno de la Vía Láctea. Se trabajó con dos subconjuntos limitados por magnitud ( $G < 20,5$  y  $G < 20,0$ ), aplicando procedimientos de limpieza sobre el corrimiento al rojo para mitigar la presencia de valores anómalos y otros *outliers*. A partir de estas muestras depuradas se construyeron versiones limitadas por volumen, con el fin de asegurar homogeneidad y robustez estadística en los análisis.

Para estudiar el clustering, se estimaron funciones de correlación y, a partir de ellas, se implementó un método basado en halos para reconstruir el campo de densidad subyacente. Este análisis se complementó con un *matching* con halos provenientes de simulaciones cosmológicas del proyecto IllustrisTNG.

Entre los resultados se encuentran: (1) la caracterización de la distribución de colores de los cuásares en ambas muestras; (2) el análisis de la evolución de su función de luminosidad en función del *redshift*; (3) el estudio de la función de correlación en espacio de *redshift*, que revela un clustering dominado por el término a dos halos, con poca contribución del término a un halo; y (4) la reconstrucción del campo de densidad y el análisis topológico de la distribución de masa, con identificación de filamentos y nodos en la red cósmica.

**Palabras Clave:** Cuásares; Clustering; Estructura a gran escala.

### 3.4. Efectos del ambiente en la acreción de masa y morfología galáctica

Andrés López-Echeverri<sup>1</sup>, Juan Carlos Muñoz-Cuartas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

andres.lopezel@udea.edu.co

**Resumen:** Estudios sugieren que la morfología galáctica está influenciada por su entorno. Sin embargo, la mayoría de estos trabajos se centran en el entorno galáctico inmediato, sin considerar el entorno alrededor del halo de materia oscura que las alberga.

En este trabajo se estudia la relación entre la morfología galáctica, el entorno de su halo de materia oscura y su historia de acreción de masa. Para ello se utilizan simulaciones cosmológicas de N-cuerpos del proyecto IllustrisTNG que modelan formación y evolución galáctica.

Se introduce el concepto de dominio como medida del ambiente cosmológico de un halo de materia oscura, y se estudia la morfología de la galaxia que hospeda y la correlación entre su masa y la masa del halo de materia oscura.

Se analiza la distribución de masa en ambientes/dominios y la relación entre la masa/tamaño del ambiente con la masa del halo. Además, la correlación entre la densidad del ambiente en el que habita un halo con la masa del dominio, y la relación entre la masa del dominio del halo con la morfología de la galaxia formada a  $z = 0$ .

En relación con esto, se encuentra que, aunque hay una correlación entre la historia de acreción de masa del halo y el crecimiento de su dominio y la morfología de la galaxia observada a  $z = 0$ , la discriminación no es robusta. Esto sugiere que la morfología final de una galaxia no solo depende de su ambiente/dominio, sino que resulta ser la combinación de muchos otros factores, no únicamente ambientales.

**Palabras Clave:** Galaxias; Halo de Materia Oscura; Simulaciones Cosmológicas.

### 3.5. Inestabilidades Tearing Mode en el marco de la RRMHD

Jerson Humberto Ortiz Mendoza<sup>1</sup>, Jeisson Stiven Pérez Bernal<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

jhortizm@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta el desarrollo en curso de un modelo numérico para el análisis de inestabilidades del tipo *Tearing Mode*, abordadas desde la Magnetohidrodinámica Relativista Resistiva (RRMHD). Las ecuaciones de la RRMHD fueron inicialmente resueltas numéricamente de forma estable por Komissarov, Serguei S. (2007) y Palenzuela, C., et al. (2009) y desde entonces el marco de la RRMHD se considera el apropiado para describir situaciones en las cuales la velocidad de Alfvén se aproxima a la velocidad de la luz y donde los efectos resistivos son relevantes.

Las inestabilidades del tipo *Tearing Mode* juegan un papel fundamental en la reconexión de líneas de campo magnético, especialmente en plasmas relativistas como los presentes en jets o núcleos galácticos activos.

En el presente póster se comprobará que la máxima tasa de crecimiento ( $\gamma_{max}$ ) corresponde al modo de oscilación cuyo número de onda concuerda con las expresiones analíticas deducidas por Del Zanna L., et al. (2017) para el marco de la RRMHD. Este estudio se realizará con ayuda de la herramienta computacional *CUEVA CODE*, la cual incorpora los métodos numéricos más recientes para resolver las ecuaciones de la RRMHD.

Para este efecto se han diseñado simulaciones en configuraciones tipo lámina de corriente, con el objetivo de explorar cómo parámetros como la resistividad o la geometría de la capa influyen en la tasa de crecimiento de las inestabilidades.

**Palabras Clave:** Tearing Mode; RRMHD; simulación de plasmas.

### 3.6. Construcción de un radiotelescopio para analizar el Sol en la banda de 12 GHz

**Sergio Carrasquilla, Laura Herrera, Camila Pérez, Adriano Parada, Andrés Torres**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

campereza@udistrital.edu.co

#### **Resumen:**

**Objetivo.** Se plantea estudiar la emisión en radio del Sol en la banda de los 12 GHz en el marco de la radioastronomía, la cual se encarga de estudiar los cuerpos celestes a través de sus emisiones en el dominio de las radiofrecuencias del espectro electromagnético. Un instrumento que tiene la capacidad de estudiar el universo en esta banda es el radiotelescopio.

**Metodología.** Se construyó un radiotelescopio utilizando una antena receptora comercial de banda Ku, un bloque de bajo ruido (LNB), un buscador satelital comercial y un circuito amplificador. Para convertir las señales analógicas detectadas a señales digitales, se hizo uso de un Arduino UNO R3 y, mediante un código realizado en Python, se registraron las señales digitalizadas en un archivo de texto corrigiendo el ruido de fondo.

**Resultados y Conclusiones.** Se encontró en las mediciones una señal de pico máximo cuando el radiotelescopio estaba alineado con el Sol. Esto se debe a que la potencia de la señal alcanza un máximo a medida que el Sol pasa por el foco de la antena. Con estos resultados fue posible caracterizar el radiotelescopio construido, encontrando una resolución angular aproximada de  $2,77^\circ$  y una eficiencia del 60 %, valores que muestran la conveniencia del presente radiotelescopio en el uso de actividades pedagógicas. Además, el radiotelescopio cuenta con un montaje apto para la construcción de un interferómetro.

**Palabras Clave:** Radioastronomía; Radiotelescopio; Banda Ku.

### 3.7. Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD

David Rodríguez<sup>1</sup>, Adriano Parada<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

dasrodriguez@udistrital.edu.co

**Resumen:** En el presente trabajo se estudia el test vórtice de Orszag-Tang (OT) dentro del marco de la Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista (RRMHD), el cual es un conocido test numérico utilizado para la evaluación de simulaciones en flujos turbulentos.

El estudio del vórtice OT se llevó a cabo a partir de simulaciones numéricas con ayuda del código *CUEVA*, el cual implementa métodos numéricos específicos para el marco de la RRMHD, como son los integradores temporales IMEX y MIRK, diseñados para realizar la integración numérica de los sistemas no ideales (resistividad finita) de la RRMHD.

El análisis de la evolución del vórtice OT bajo el marco de la RRMHD se realizó para distintos valores de conductividad, identificando una significativa transferencia de energía entre las componentes cinética y magnética. En el límite ideal, esta transferencia conserva la energía total, mientras que en el régimen resistivo se encontraron pérdidas en la energía total debido a la alta difusión del campo magnético. De igual forma, en los últimos estados de la simulación se reconocieron regiones tipo X de reconexión magnética.

Dentro de nuestra interpretación, al analizar el comportamiento del vórtice OT para diferentes conductividades, identificamos que este podría ser un disparador de procesos de reconexión, los cuales se hacen más evidentes en simulaciones con bajas conductividades o altamente resistivas.

**Palabras Clave:** Vórtice de Orszag-Tang; Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista; Turbulencia.

### 3.8. Construcción de un sistema de coordenadas ortogonales para el estudio de fuentes ovoidales en relatividad general

Juan Andrés Guarín Rojas<sup>1</sup>, Antonio Calixto Gutiérrez Piñeres<sup>2</sup>, Rafael Ángel Torres Amaris<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

juan2201870@correo.uis.edu.co, acgutuer@uis.edu.co,  
rafael.torres@saber.uis.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se construyen coordenadas ortogonales ovoidales y se encuentran soluciones exactas a las ecuaciones de campo de Einstein en dichas coordenadas. Para ello, se proponen un nuevo tipo de curvas, denominadas sinécdolas, que se intersecan ortogonalmente a una familia de óvalos de Descartes confocales. Estas curvas se obtienen al resolver una ecuación diferencial ordinaria.

Con las superficies de revolución de las sinécdolas y los óvalos de Descartes se construye un sistema de coordenadas ortogonales ovoidales. Se deduce que estas coordenadas tienen como caso particular a las coordenadas esféricas y a las coordenadas elipsoidales prolatas.

Se propone un *ansatz* métrico estacionario y ovoidalmente simétrico con un procedimiento inspirado en el trabajo de Krasinski, en el que se definen espaciotiempos estacionarios y elipsoidales oblatos. A partir del *ansatz* ovoidal, se encuentran soluciones exactas de las ecuaciones de campo de Einstein de tipo fluido estático con presiones anisótropas.

Se concluye que, para conseguir una solución que satisfaga más fácilmente las condiciones de energía, es necesario considerar un fluido estacionario con flujo de calor y tensor de anisotropía.

**Palabras Clave:** Óvalos de Descartes; coordenadas ortogonales; *ansatz* métrico ovoidal; soluciones exactas de las ecuaciones de campo de Einstein.

### 3.9. Colapso estelar en gases degenerados relativistas: una exploración del límite de Chandrasekhar mediante la ecuación de TOV

Nicolás Camilo Contreras Méndez<sup>1</sup>, Sebastián Andrés Ramírez Parra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

nccontrerasm@udistrital.edu.co, saramirezp@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se estudia el equilibrio hidrostático de estrellas compactas compuestas por gas degenerado relativista, con el fin de explorar teóricamente el límite de Chandrasekhar mediante la integración numérica de la ecuación de Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV). Este modelo relativista permite describir de manera más precisa las condiciones de estabilidad en estrellas donde los efectos gravitacionales intensos y la degeneración cuántica son dominantes, como en las enanas blancas cercanas al colapso.

Se emplea una ecuación de estado politrópica con índice  $n = 3$ , que corresponde al comportamiento de un gas de electrones degenerado en el régimen ultrarrelativista. A partir de distintas densidades centrales, se integran las ecuaciones de TOV y se obtienen perfiles de masa, presión y densidad en función del radio estelar. Los resultados muestran que existe una masa máxima estable para estas configuraciones, más allá de la cual el equilibrio se rompe y se inicia el colapso gravitacional.

Se encuentra que el valor crítico de la masa coincide con el límite teórico de Chandrasekhar ( $\sim 1,4M_{\odot}$ ), evidenciando la necesidad de utilizar relatividad general en contextos de alta densidad. La comparación con modelos clásicos (Lane-Emden) destaca las diferencias sustanciales en la predicción del comportamiento estructural de la estrella.

Este estudio no solo valida numéricamente el límite de Chandrasekhar, sino que también ofrece una herramienta computacional para visualizar el inicio del colapso estelar desde un marco relativista.

**Palabras Clave:** Colapso Estelar; Gas degenerado relativista; Ecuación de Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV).

### 3.10. Influencia del ambiente en la relación masa-metalicidad en galaxias con AGN

Catalina Alzate Henao<sup>1</sup>, Gabriel Andrés Oio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba / Observatorio Astronómico de Córdoba, Argentina

catalina.alzate2@udea.edu.co

**Resumen:** El entorno a gran escala es uno de los factores externos que influyen en la evolución galáctica, mientras que los núcleos galácticos activos actúan como reguladores internos clave. Ambos procesos impactan en la formación estelar y la evolución química galáctica.

En este trabajo se analizan las propiedades de galaxias con AGN en función de su distancia a filamentos de la red cósmica, con el objetivo de explorar cómo el entorno afecta la relación masa-metalicidad.

Se utilizó una muestra de galaxias del *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) con corrimientos al rojo  $z < 0,3$ . Para garantizar una clasificación confiable, se aplicaron criterios de selección sobre los flujos, y la metalicidad se calculó usando diferentes calibraciones. La relación masa-metalicidad se estudió a partir de perfiles de tendencia, calculados mediante promedios de metalicidad binned por intervalos de masa estelar.

Los resultados muestran que hay una relación directa entre la masa y la metalicidad de las galaxias, y sugieren que las AGN tienden a presentar mayores metalicidades en comparación con las galaxias *Star-Forming*. Además, se analizó la distribución de la metalicidad en función de la distancia a los filamentos, considerando regiones de hasta 1 Mpc alrededor de los nodos, y pareciera no haber una variación significativa al comparar el interior con las zonas externas de los filamentos.

Este estudio aporta a la comprensión del papel del entorno en la evolución química de las galaxias, como parte de un esfuerzo por entender la influencia de la estructura a gran escala en la evolución galáctica.

**Palabras Clave:** AGN; Metalicidad; Sloan Digital Sky Survey.

### 3.11. Caracterización morfológica de los brazos espirales en galaxias de disco de IllustrisTNG50

Daniel H. Certuche<sup>1</sup>, Juan C. Muñoz Cuartas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Física y Astrofísica Computacional (FACom), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

daniel.certuche@udea.edu.co

**Resumen:** El análisis morfológico de las galaxias de disco constituye un eje central en astrofísica, dado que los brazos espirales modulan la dinámica del gas y la tasa de formación estelar. Empleando las simulaciones cosmológicas IllustrisTNG50 dentro del marco  $\Lambda$ CDM (Pillepich et al. 2019), se investiga la relación entre la estructura espiral y el halo de materia oscura subyacente. Estudios recientes (Silva-Villa & Cano Gómez 2022; Yu & Ho 2020) han destacado la necesidad de determinar, con múltiples trazadores, el ancho y la longitud de los brazos para contrastar predicciones teóricas con observaciones.

Los discos se identificaron mediante filtros cinemáticos; posteriormente se aislaron partículas de gas y estrellas, se obtuvo el perfil de densidad media y se aplicaron las técnicas de Barros Ramírez (2020) adaptadas a Illustris. Un algoritmo automatizado en coordenadas polares, que integra agrupamiento de densidad y teoría de grafos, localizó los brazos y cuantificó sus propiedades — ancho en gas, SFR e ionizado, así como *pitch angle*.

Se encontró que los métodos caracterizan eficazmente las espirales en discos aislados. El ancho aumenta con el radio galactocéntrico, si bien su gradiente depende del trazador, siendo el gas el componente más sensible. El *pitch angle* exhibe una correlación positiva con la dispersión central de velocidades del subhalo, lo que sugiere que la geometría espiral responde a la distribución de masa y al historial de ensamblaje del halo.

En conjunto, estos hallazgos respaldan la naturaleza transitoria de los patrones espirales y su regulación por la coevolución disco-halo, proporcionando métricas comparables entre simulaciones y observaciones.

**Palabras Clave:** Galaxias espirales; Simulaciones cosmológicas; Dinámica de discos.

### 3.12. La Eikonal como puente a la ecuación de Schrödinger: límite clásico y aproximación JWKB

Julian L. Avila<sup>1</sup>, Asdrubal Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

jlavilam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Se presenta una derivación de la ecuación de Schrödinger desde la formulación Hamilton-Jacobi para elucidar la transición conceptual entre la mecánica clásica y la cuántica. La metodología se centra en la analogía óptico-mecánica de Hamilton, que establece un isomorfismo formal entre la ecuación de Hamilton-Jacobi para la acción ( $S$ ) y la ecuación eikonal de la óptica geométrica.

Al postular una función de onda de la forma  $\psi \propto e^{iS/\hbar}$ , se establece un puente directo hacia la mecánica ondulatoria, cuyo resultado principal es la obtención de la ecuación de Schrödinger como la ley de propagación para dicha onda.

Este enfoque revela que la mecánica clásica emerge como el límite de la mecánica cuántica cuando  $\hbar \rightarrow 0$ . Dicha relación es formalizada matemáticamente por el teorema de aproximación JWKB, el cual, al aplicarse a la ecuación de Schrödinger, recupera la ecuación de Hamilton-Jacobi en su orden más bajo, demostrando que la trayectoria clásica es una aproximación de la propagación de la onda de probabilidad.

En conclusión, el análisis subraya la profunda relación estructural: la mecánica clásica es a la mecánica cuántica lo que la óptica geométrica es a la óptica ondulatoria. Se evidencia cómo un problema físico fundamental se resuelve al identificar su isomorfismo con teoremas generales de la física matemática, proveyendo un marco unificado que valida la coherencia entre ambas descripciones.

**Palabras Clave:** Ecuación de Schrödinger; Analogía Óptico-Mecánica; Aproximación JWKB.

### 3.13. Estudio de la dispersión de ondas de radio en el núcleo galáctico activo NGC 6334B

Nathalia Ceballos Vega<sup>1</sup>, Mavy Sofía Muñoz Varón<sup>2</sup>, Luis Felipe Rodríguez Jorge<sup>3</sup>, Vanessa Yanza López<sup>4</sup>, Alejandra Isabel Guerrero Duymovic<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>3,4</sup>Universidad Autónoma de México, Morelia, México

<sup>5</sup>Grupo Cytemac, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

nathaliaceballos@unicauca.edu.co

**Resumen:** La dispersión es un fenómeno bien conocido en óptica: ocurre cuando la luz visible es dispersada por la presencia de partículas en el medio. Teóricamente en radioastronomía se espera que las ondas de radio se dispersen en el plasma (*plasma scattering*); sin embargo, existe poca evidencia observacional hasta el momento.

En este trabajo se estudia la radiación en radio de uno de los pocos casos conocidos donde podría observarse *plasma scattering*, esto es, en un núcleo galáctico activo conocido como NGC 6334B, detrás del complejo de formación estelar Pata de Gato. Al ser este objeto una radiogalaxia muy brillante, su tamaño angular aparente puede llegar a ser más grande debido a la dispersión generada por el gas ionizado producido por las estrellas masivas de la nebulosa delante de él. Así, el objetivo de esta investigación es determinar si el tamaño de la fuente ha cambiado o si la pantalla se ha movido con el tiempo.

Para ello, se usaron datos de archivo del radiointerferómetro Karl Jansky Very Large Array (VLA) a diferentes bandas (L, 1–2 GHz; S, 2–4 GHz; y C, 4–8 GHz). Luego se realizó un preprocesamiento de los datos mediante una reducción de ruido, y un promediado temporal y frecuencial de canales. Se hizo un ajuste gaussiano en el campo de las visibilidades para obtener los tamaños angulares de cada ventana espectral. Finalmente, se realizó un análisis de la variación del tamaño angular con la frecuencia usando un ajuste de mínimos cuadrados y de la  $\chi^2$  reducida.

**Palabras Clave:** Plasma scattering; Núcleo galáctico activo; Radiointerferómetro.

### 3.14. Mapeando condiciones termodinámicas para la aguabilidad subsuperficial en Marte

Sebastián Numpaque<sup>1</sup>, Brandon Montoya<sup>2</sup>, Simón Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Instituto de Física - FCEN, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

david.rodriguez1@udea.edu.co, brandon.montoya@udea.edu.co, simon.rodrigueza@udea.edu.co

**Resumen:** Observaciones de radar y datos sísmicos sugieren la presencia de reservorios de agua líquida bajo la superficie de Marte. El instrumento SEIS, a bordo de la misión InSight de NASA, proporciona datos sísmicos que permiten modelar perfiles de la estructura interior de Marte.

Para evaluar la estabilidad termodinámica del agua líquida sobre la región de la corteza (0–45 km), considerando variaciones regionales de presión y temperatura, generamos una distribución geográfica de la profundidad ( $\sim 13$  km) a la que se obtiene una transición de fusión sobre el diagrama de fase del agua. Efectos de la presencia de percloratos disueltos pueden disminuir el punto de congelamiento del agua, reduciendo así la profundidad de transición y contribuyendo a su detección.

Estos resultados son fundamentales para reevaluar la habitabilidad de Marte, caracterizar potenciales reservas de agua y optimizar la planificación de futuras misiones. Este enfoque trasciende Marte y es reproducible a cualquier planeta, permitiendo definir el concepto de “aguabilidad subsuperficial”: la capacidad de un cuerpo planetario para albergar agua líquida en el subsuelo. Esto redefine la habitabilidad tradicional, ampliando el rango de cuerpos de interés astrobiológico, como lunas heladas o exoplanetas, y fomenta nuevas estrategias de exploración en la búsqueda de vida extraterrestre.

**Palabras Clave:** Aguabilidad; Habitabilidad planetaria; Astrobiología.

### 3.15. El origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el modelo cosmológico de De Sitter

**Pinzón Q. Jorge E.**

Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

Departamento de Física, Grupo de Investigación FIZMAKO-UT

jepinzon@ut.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se analiza el origen del Universo, las partículas y la materia oscura en el campo gravitacional creado por la constante cosmológica en el modelo cosmológico de De Sitter. La naturaleza gravitacional de la constante cosmológica origina la curvatura del espacio-tiempo.

El espacio-tiempo de De Sitter está interrelacionado con un tensor de energía de vacío, tensor que depende de la constante cosmológica. Al relacionarla con la constante de velocidad de la luz, se crea una nueva constante cosmológica temporal. La relación entre estas dos constantes cosmológicas y las magnitudes cuánticas de Planck origina la conexión entre la energía de vacío y el vacío cuántico, unificando el campo gravitacional de De Sitter con el campo cuántico.

El modelo cosmológico de De Sitter está limitado por una superficie de horizonte de singularidad cosmológica, que surgió en la etapa primigenia de la formación del Universo, en las proximidades del tiempo de Planck. A causa de fenómenos de perturbaciones, fluctuaciones y resonancia de la energía de vacío cuántico gravitacional, la densidad de energía creció extremadamente, creando las condiciones para el nacimiento de partículas elementales y materia oscura, que condujeron a la formación de masa gravitacional e influenciaron fuertemente en la curvatura del espacio-tiempo de De Sitter hasta un punto de colapso gravitacional.

El colapso del campo gravitacional comprimió la energía, originando un agujero negro primordial de De Sitter, de tiempo muy corto de vida, que liberó enormes cantidades de energía provocando una gran explosión (Big Bang). Esa energía, al liberarse, dio origen al nacimiento de la masa primordial y a la expansión acelerada del Universo, que formaron galaxias, estrellas, otros objetos estelares y la materia oscura que actualmente hacen parte de la estructura del Universo.

En el modelo cosmológico de De Sitter, en su región interna de vacío cuántico gravitacional, las trayectorias de las partículas deducidas de las ecuaciones de movimiento muestran que, al acercarse a la superficie del horizonte de singularidad, algunas partículas presentan puntos de retorno y otras de no retorno, quedando atrapadas y generando una superficie de tipo fotónica.

**Palabras Clave:** Gravitación; Cosmología; Constantes cuánticas de Planck; Universo; Fotón; Neutrino; Materia Oscura; Big Bang.

### 3.16. Agujeros negros súper masivos y su influencia en la dinámica galáctica

Brayan Herran<sup>1</sup>, Jossy Murcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20211196478@usco.edu.co

**Resumen:** En el centro de la mayoría de las galaxias observadas se encuentran agujeros negros supermasivos (SMBHs, por sus siglas en inglés *Super Massive Black Holes*), con masas que van desde millones hasta miles de millones de veces la del Sol. Su presencia y actividad influyen decisivamente en la evolución y dinámica galáctica.

Estos SMBHs liberan enormes cantidades de energía por medio de procesos de acreción y la formación de chorros relativistas, los cuales interactúan con el gas interestelar y regulan la formación estelar. Estos fenómenos, conocidos como *feedback* de núcleos activos de galaxias (AGN), son esenciales para explicar la correlación observada entre la masa del agujero negro y las propiedades del bulbo galáctico.

Desde el campo de la física de altas energías, la emisión de rayos X, rayos gamma y neutrinos provenientes de los entornos de SMBHs ofrecen una ventana para estudiar procesos extremos de acreción y aceleración de partículas en el universo.

En este trabajo se realizará una revisión bibliográfica de la conexión entre agujeros negros supermasivos, la dinámica galáctica y las observaciones en altas energías, destacando cómo estos objetos juegan un papel central en la evolución cósmica y en la comprensión de la astrofísica de altas energías.

**Palabras Clave:** Dinámica galáctica; Agujeros negros; Altas energías; Evolución cósmica.

### 3.17. Simulación de un agujero negro tipo Schwarzschild y Kerr

Julián Ricardo Ramírez Osorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

julianusco85@gmail.com

**Resumen:** La simulación de un agujero negro tipo Schwarzschild y Kerr se realiza mediante integración numérica de la propagación de fotones en el espacio–tiempo, con el fin de analizar las diferencias en la curvatura de la luz y en la formación de una imagen alrededor de cada tipo de objeto compacto.

La metodología consistió en formular las ecuaciones de movimiento de geodésicas nulas en coordenadas de Schwarzschild y Boyer–Lindquist, expresadas en un sistema de ocho ecuaciones diferenciales de primer orden, que se resolvieron mediante métodos de integración numérica, implementados en tres lenguajes de programación (Fortran, MATLAB y Python). A partir de la integración de múltiples trayectorias de fotones se reconstruyeron imágenes que representan el horizonte de sucesos, el anillo de fotones y los efectos de lente gravitacional.

Los resultados principales muestran que en el caso Schwarzschild, la simetría esférica genera un patrón circular definido para el horizonte y el anillo fotónico. Para el caso Kerr, la rotación introduce asimetrías y desplazamientos en la región visible, manifestando fenómenos de arrastre de referencia (*frame dragging*) y un anillo fotónico deformado.

En conclusión, la simulación confirma que los efectos relativistas dependen fuertemente de la rotación del agujero negro, lo que permite diferenciar soluciones estáticas y rotantes de la relatividad general. Estos resultados son consistentes y ayudan a la interpretación de las observaciones astronómicas, ofreciendo una herramienta pedagógica y de investigación para comprender cómo la métrica del espacio–tiempo influye en la propagación de los fotones y en la generación de imágenes alrededor de agujeros negros.

**Palabras Clave:** Agujero negro Schwarzschild; Agujero negro Kerr; Simulación numérica; Modelación matemática; Fortran; MATLAB; Python.

### 3.18. Validación de dos planetas terrestres orbitando la estrella GJ1002

Paula Andrea Castro Nieva<sup>1</sup>, Sarah Dobson Robinson<sup>2</sup>, Victor Ramírez Delgado<sup>2</sup>, Carlos Augusto Galindez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia

<sup>2</sup>University of Delaware, Newark DE, USA

castro.paula@correounivalle.edu.co

**Resumen:** Se informa que GJ 1002, una estrella enana M a una distancia de 4.84 pc, alberga dos planetas con masa terrestre en la zona habitable (Suárez Mascareño et al., 2023). Utilizamos las series temporales de velocidad radial (RV) y correlación cruzada de ancho completo a la mitad del máximo (FWHM) de ESPRESSO y CARMENES para probar nuestras técnicas estadísticas de validación de detecciones de planetas.

La prueba de Siegel para la periodicidad compuesta aplicada a la estimación del espectro de potencia de Welch sugiere que la serie temporal RV no es inequívocamente periódica. La respuesta en frecuencia a una senoide con el período del planeta b, denominada pseudoventana, presenta un exceso de potencia a la frecuencia del planeta c, además de un experimento de Monte Carlo donde creamos nuevas realizaciones de series temporales RV añadiendo ruido blanco a los datos originales.

La prueba de razón de verosimilitud y el Criterio de Información Bayesiano muestran que un modelo que incluye dos órbitas keplerianas y un proceso gaussiano para la actividad estelar no se ajusta tan bien a los datos combinados de RV-FWHM como un modelo con los planetas restringidos a órbitas circulares.

Este estudio contribuye al debate sobre la existencia de GJ 1002 b y c y presenta nuevos métodos para la validación de exoplanetas.

**Palabras Clave:** Análisis de series temporales; Búsqueda de periodos; Velocidad radial; Rotación estelar.

### 3.19. Inestabilidades Tearing Mode en el marco de la RRMHD

Jerson Humberto Ortiz Mendoza<sup>1</sup>, Jeisson Stiven Pérez Bernal<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

jhortizm@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta el desarrollo en curso de un modelo numérico para el análisis de inestabilidades del tipo *Tearing Mode*, abordadas desde la Magnetohidrodinámica Relativista Resistiva (RRMHD).

Las ecuaciones de la RRMHD fueron inicialmente resueltas numéricamente de forma estable por Komisarov (2007) y Palenzuela et al. (2009), y desde entonces el marco de la RRMHD se considera el apropiado para describir situaciones en las cuales la velocidad de Alfvén se aproxima a la velocidad de la luz y donde los efectos resistivos son relevantes.

Las inestabilidades del tipo *Tearing Mode* juegan un papel fundamental en la reconexión de líneas de campo magnético, especialmente en plasmas relativistas como los presentes en jets o núcleos galácticos activos.

En este póster se comprobará que la máxima tasa de crecimiento ( $\gamma_{max}$ ) corresponde al modo de oscilación cuyo número de onda concuerda con las expresiones analíticas deducidas por Del Zanna et al. (2017) para el marco de la RRMHD. Este estudio se realizará con ayuda de la herramienta computacional *CUEVA CODE*, la cual incorpora los métodos numéricos más recientes para resolver las ecuaciones de la RRMHD.

Se diseñaron simulaciones en configuraciones tipo lámina de corriente con el objetivo de explorar cómo parámetros como la resistividad o la geometría de la capa influyen en la tasa de crecimiento de las inestabilidades.

**Palabras Clave:** Tearing Mode; RRMHD; Simulación de plasmas.

### 3.20. Extended FLRW models, non-Abelian gauge fields and the weak cosmological principle

Nicolás Hernández Beltrán<sup>1</sup>, Yeinzon Rodríguez<sup>1,2</sup>, Ben David Normann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C., Colombia

<sup>3</sup>Department of ICT and Natural Sciences, Norwegian University of Science and Technology, Ålesund, Norway

nicolas2228410@correo.uis.edu.co, yeinzon.rodriguez@uan.edu.co,  
ben.d.normann@ntnu.no

**Resumen:** We study a subset of the Bianchi models: the extended Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker (FLRW) models, defined as cosmological models with underlying anisotropic Bianchi geometry that nevertheless expand isotropically and can be mapped onto a reference FLRW model with the same expansion history.

To balance the anisotropic curvature intrinsically in this kind of model, we consider the dynamics of non-Abelian gauge fields attached to an imperfect fluid that possesses anisotropic stresses. As a result, we observed that the non-Abelian character of the gauge fields doesn't play an important role in balancing the anisotropic curvature.

In fact, we demonstrated that the anisotropic curvature can only be balanced in the free 0-form or 2-form cases through Hodge duality.

**Palabras Clave:** General relativity; Extended FLRW models; Anisotropic stresses; Non-Abelian gauge fields.

### 3.21. Sepultamiento magnético por hiperacreción y reemergencia Hall–Ohm en magnetares milisegundo

Cristian Giovanni Bernal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Bogotá, Colombia

cribernal@unal.edu.co

**Resumen:** La acreción hipercrítica posterior a supernovas *core-collapse* y fusiones de estrellas compactas puede sepultar el campo magnético superficial de estrellas de neutrones recién nacidas, reduciendo de forma temporal su momento dipolar y retrasando la activación púlsar consecuente.

Presentamos un estudio mixto que combina simulaciones HD/MHD con el código FLASH del régimen de hiperacreción y un tratamiento analítico de la reemergencia por difusión Hall–Ohm.

Las simulaciones reproducen la formación de una envoltura en cuasi-equilibrio hidrostático y muestran que, a tasas altas, la convección decae y el campo es empujado hacia la nueva corteza; a tasas menores sobrevive una fracción residual y geometrías multipolares.

El modelo analítico acopla la difusión al crecimiento temporal  $B(t)$  mediante familias exponenciales o de ley de potencia, con tiempos característicos de reactivación de pocos a decenas de años para enterramientos someros.

Discutimos implicaciones para remanentes jóvenes y objetos centrales compactos (CCOs) —SN 1987A, Crab, Cassiopeia A, Kes 79—, donde el escenario explica campos superficiales iniciales bajos y su incremento posterior.

Para GRBs potenciados por magnetares milisegundo, mostramos que la reactivación tardía del dipolo puede inyectar energía que modula *afterglows* en X y radio; al aplicarlo a un subconjunto de eventos, el ajuste favorece enterramientos profundos y reemergencias diferidas compatibles con la variabilidad observada.

Este marco unifica la fase de sepultamiento temprano con la reactivación tardía y ofrece predicciones observables contrastables.

**Palabras Clave:** MHD; FLASH CODE; Hiperacreción; Magnetares milisegundo; CCOs; Afterglow de GRBs; Difusión Hall–Ohm.

### 3.22. Acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton alrededor de agujeros negros

Juan Pablo Acevedo Hernández<sup>1</sup>, Fabio Duván Lora Clavijo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Relatividad y Gravitación, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

juan2191207@correo.uis.edu.co

**Resumen:** La acreción de Bondi-Hoyle-Lyttleton (BHL) constituye un mecanismo fundamental para comprender cómo los objetos compactos capturan material de su medio circundante. Este proceso permite inferir propiedades clave del medio interestelar, la dinámica del plasma y las condiciones físicas en las proximidades de objetos compactos como lo son los agujeros negros.

En el presente trabajo se analiza numéricamente la acreción BHL sobre un agujero negro estático, descrito por la métrica de Schwarzschild. El estudio se centra de manera particular en la formación de los conos de choque, estructuras morfológicas distintivas de este régimen de acreción que surgen cuando la velocidad del gas supera a la velocidad del sonido relativista del medio.

**Palabras Clave:** Acreción de BHL; Agujeros negros; Métrica de Schwarzschild; Cono de choque.

### 3.23. Trayectoria de partículas en un agujero negro de Bumblebee

Andrés Felipe Clavijo Soler<sup>1</sup>, Eduard Alexis Larrañaga Rubio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

anclavijos@unal.edu.co, ealarranaga@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se aborda la teoría de gravedad modificada de Bumblebee, un modelo que introduce violación espontánea de simetría de Lorentz a través de un campo vectorial dinámico.

A partir de las ecuaciones de campo de la teoría, se obtiene la métrica asociada a un cuerpo estático, esféricamente simétrico y en el vacío. Posteriormente, empleando las ecuaciones de Euler-Lagrange, se analizan las trayectorias de partículas en dicha métrica, identificando las correcciones respecto a las órbitas predichas por la métrica de Schwarzschild en relatividad general.

Los resultados permiten cuantificar las desviaciones inducidas por el campo de Bumblebee y ofrecen un marco comparativo para estudiar posibles firmas observacionales de esta teoría.

**Palabras Clave:** Gravedad modificada; Trayectoria de partículas; Agujeros negros.

### 3.24. Observing the eye of the storm: testing regular black holes with LVK and EHT observations

Carlos A. Benavides-Gallego<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China

cabenavidesg@unal.edu.co

**Resumen:** Singularity theorems imply space-time singularities are inevitable in general relativity, yet their absence in nature suggests the need for a new gravitational theory.

In this work, we investigated a regular, observationally viable space-time using data from LIGO, Virgo, KAGRA (LVK), and the Event Horizon Telescope (EHT). For gravitational wave observations, we use the catalogs GWTC-1, 2, and 3 to constrain the free parameter  $\ell$ .

In the case of the EHT, we use the values of the angular diameter reported for SgrA\* and M87\*. We also investigated the photon ring structure by considering scenarios such as static spherical accretion, infalling spherical accretion, and thin accretion disk.

Our results show that the EHT observations constrain the free parameter  $\ell$  to the intervals  $0 \leq \ell \leq 0,148$  and  $0 \leq \ell \leq 0,212$  obtained for SgrA\* and M87\*, respectively. On the other hand, GW observations constrain the free parameter with values that satisfy the theoretical limit, particularly those events for which  $\ell \ll 1$ .

Our results show that the most stringent constraints on  $\ell$  correspond to the events GW191204-171526 ( $\ell = 0,041^{+0,106}_{-0,041}$ ) and GW190924-021846 ( $\ell = 0,050^{+0,165}_{-0,050}$ ) for the SEOB model.

**Palabras Clave:** Regular black holes; Gravitational waves; Shadow of a black hole.

### 3.25. Estudio de la distribución del polvo interestelar en la Vía Láctea con datos de Gaia

Victor Manuel Escobar Restrepo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

vmanuel.erast@gmail.com

**Resumen:** La caracterización precisa del polvo interestelar en la Vía Láctea es clave para corregir distorsiones en las observaciones astronómicas y comprender los procesos de formación y evolución galáctica.

En este trabajo se presenta un nuevo mapa tridimensional de la extinción del polvo en el disco y zonas adyacentes de nuestra galaxia, construido a partir de las mediciones de la tercera entrega de datos de la misión Gaia (GDR3).

Se realiza un análisis detallado de la distribución de estrellas, extinción y enrojecimiento a lo largo del disco galáctico de 2 kpc (zona superior e inferior) y con un radio de 10 kpc. A partir del análisis de los datos, se filtran las fuentes con distancia conocida; así se obtiene una base completa para caracterizar la distribución del polvo.

Empleando técnicas de binning en altura ( $z$ ) y métodos estadísticos robustos (mediana y contraste de extinción), hemos analizado una gran cantidad de estrellas para revelar la distribución vertical y radial del polvo.

Nuestros resultados confirman estructuras ya conocidas, como el disco fino y el grueso, y demuestran que la distribución vertical y radial de estrellas sigue el comportamiento exponencial decreciente esperado, y que la distribución estelar, sin sesgos por tipo, exhibe un disco simétrico.

Por otro lado, al estudiar el disco de polvo a partir de los coeficientes de extinción  $A$ , observamos una asimetría marcada donde la estructura vertical en el hemisferio norte galáctico difiere de la zona sur, independientemente del radio del disco.

**Palabras Clave:** Polvo interestelar; Gaia; Astrofísica galáctica.

### 3.26. De la dimensionalidad a la emisión: un enfoque algebraico para agujeros negros

Diego Arley Hernández Rojas<sup>1</sup>, Stefania Ramírez Puentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

stramirezp@udistrital.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo tiene como objetivo explorar la construcción de un modelo de emisión de energía y partículas de un agujero negro, tomando como base los aportes de Kessler, Peters y Ceiniker en este campo.

Nuestro propósito central es examinar la pertinencia del Teorema  $\pi$  de Vaschy-Buckingham como herramienta fundamentadora en la creación de modelos de alta complejidad epistemológica, abordados desde una perspectiva algebraica y del análisis dimensional.

La metodología consistió en la aplicación sistemática del Teorema  $\pi$  para identificar las magnitudes fundamentales involucradas en los procesos de emisión y, a partir de ellas, construir un modelo heurístico. Este procedimiento permitió evaluar la coherencia interna del enfoque dimensional y su capacidad de generar resultados consistentes con marcos teóricos previamente establecidos.

Entre los resultados obtenidos se destacan expresiones plausibles y comparables con los modelos presentes en la literatura, lo que confirma la viabilidad del análisis dimensional como un recurso de exploración y validación en problemas de la física teórica.

En conclusión, el estudio evidencia que el Teorema  $\pi$  de Vaschy-Buckingham no solo resulta adecuado para describir fenómenos complejos en el ámbito de la astrofísica, sino que también abre un espacio de reflexión sobre la potencialidad del análisis algebraico y dimensional como vía para la formulación de teorías en dominios de alta complejidad.

**Palabras Clave:** Agujeros negros; Análisis dimensional; Teorema  $\pi$ .

### 3.27. La teoría corpuscular de Lesage-Majorana y la paradoja de los neutrinos solares

Ángel José Chacón Velasco<sup>1</sup>, Jorge Enrique Pinzón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima, Colombia

angel.chacon@uptc.edu.co

**Resumen:** Presentamos un modelo solar alternativo a partir de la teoría corpuscular de la gravedad de Lesage y Quirino Majorana, que permite interpretar y explicar la paradoja de los neutrinos solares, consistente en el desfase entre los haces de neutrinos solares predichos por otros modelos de sol y los registrados experimentalmente en unas 3.3 veces menor.

El modelo implica que la constante universal de la gravedad cambia espacialmente con el radio del Sol como variante, de tal manera que disminuye en profundidad hacia el centro del Sol, donde la temperatura cambia en las capas internas del Sol, al igual que su luminosidad. Predice además el cambio del flujo de neutrinos emitidos en proporción a la séptima potencia de la constante gravitacional.

El modelo también permite obtener un valor del coeficiente de absorción de la gravedad propio de esta teoría.

Los resultados numéricos obtenidos desde el modelo son compatibles con las mediciones gravimétricas conocidas y son de importancia para comprender el campo de gravedad de la Tierra.

**Palabras Clave:** Neutrinos solares; Teoría corpuscular de la gravedad; Modelo solar.

## **Capítulo 4**

# **ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN**

## 4.1. Visualización computacional 3D de campos eléctricos y superficies equipotenciales en distintas configuraciones cargadas

Autores: Juan Manuel Cancino Reinoso, Miguel Ángel Narváez Pérez

Afiliaciones: Semillero de investigación QUARK, Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué – Tolima.

**Resumen:** Diversos estudios han resaltado la efectividad de los simuladores interactivos como recurso educativo en física, al favorecer la comprensión de conceptos abstractos y fomentar el aprendizaje activo. Por ello, se presenta el desarrollo de un simulador interactivo en 3D orientado al análisis de campos eléctricos generados por diferentes configuraciones cargadas con distribución homogénea, como placas, esferas, cilindros y anillos. La herramienta permite visualizar líneas de campo, superficies equipotenciales y simular la trayectoria de una partícula de prueba bajo la influencia del campo eléctrico.

La implementación se realizó en Python, utilizando NumPy para los cálculos vectoriales y Plotly Dash para su visualización interactiva. Se incorporaron controles dinámicos que facilitan la modificación en tiempo real de parámetros físicos y geométricos. Además, un esquema de actualización temporal que permite observar la evolución de la partícula considerando su masa, carga y condiciones iniciales. A diferencia de otros recursos interactivos similares, esta propuesta incluye una mayor variedad de configuraciones cargadas y permite una personalización extendida de sus parámetros, brindando un entorno altamente flexible para la exploración física.

Este tipo de herramientas contribuye a que los estudiantes relacionen representaciones gráficas con principios teóricos, generando experiencias significativas de aprendizaje. Los resultados muestran representaciones consistentes de los vectores de campo y superficies equipotenciales, así como un comportamiento dinámico de la partícula acorde con las condiciones físicas establecidas. Estos elementos son un recurso pedagógico en la enseñanza de la electrostática, al ofrecer una aproximación visual e interactiva que facilita la exploración y el razonamiento conceptual.

Palabras Clave: Campo eléctrico; superficies equipotenciales; Python.

Autor de correspondencia: [jmcancinor@ut.edu.co](mailto:jmcancinor@ut.edu.co)

## 4.2. Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre”

1Jesus E Tovar, 2Luis F Polania M, 3 Emiro S Arrieta J, 4Ángel Arrieta J.

1,2Estudiantes de Lic. Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA. Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

3Docente de planta, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA , Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

4Docente de Física , Semillero FisTA, ITM, Medellín, Colombia

**Resumen:** Cuando se aborda la enseñanza de la Ley de inducción magnética, se encuentran desafíos importantes en términos de comprensión conceptual, sus usos y aplicaciones, particularmente en relación con el manejo adecuado de la ley de Faraday- Henry y la de Lenz.

Sabemos que la Inducción magnética, tiene como base la variación del flujo magnético con respecto al tiempo, donde el flujo magnético puede variar debido al campo magnético, el área de la espira o el ángulo formado entre el vector normal al área y el campo magnético. Estos conceptos requieren una atención pedagógica primaria por parte de los educadores y los educandos.

En este sentido, la presente contribución de investigación plantea el diseño de una estrategia pedagógica para la enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” con una cuenta de neodimio que atraviesa un tubo de aluminio y el otro de latón con longitudes de 50 cm, el tiempo de caída se registra con un sensor de tiempo, repitiendo la medida 5 veces. Al final, se calculan los promedios de los tiempos, observando con ellos que las propiedades eléctricas y/o magnéticas de los materiales usados, afectan el tiempo de caída de la cuenta de neodimio al atravesar estos dos tubos, dado a que aparecen las corrientes de Foucault o Eddy en los tubos que generan los campos magnéticos inducidos que desaceleran el movimiento de caída del imán de neodimio.

Palabras Clave: Enseñanza, inducción magnética, propiedades eléctricas y/o magnéticas.

Autor de correspondencia: U20191178477@usco.edu.co

### 4.3. Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la educación media.

Autores: Andrés Cuéllar García<sup>1</sup>

Afiliaciones: <sup>1</sup> Universidad del Valle / Secretaría de educación de Cali – IE Normal Superior Farallones de Cali, Santiago de Cali, Colombia.

**Resumen:** A través de la ponencia, se divulgarán los resultados de una investigación Doctoral relacionada con la formación de profesores de ciencias para la enseñanza de la física cuántica en la educación media, a través del diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en la secundaria como objetivo principal, mediante la modelización como estrategia didáctica para la enseñanza de la física, y el uso de las tecnologías de la información y comunicación como herramientas cognitivas desde la perspectiva del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (CTPC), aplicándose con profesores de licenciatura en ciencias naturales en formación inicial en el campo de la física, usando la metodología del estudio de caso como proceso de investigación – acción.

Posibilitando el desarrollo de sus conocimientos enfocados en los procesos fenomenológicos de la física cuántica desde una perspectiva más amplia y aterrizada de la actividad científica apoyándose en las tecnologías como herramientas cognitivas, vinculando la indagación, la experimentación, la construcción y uso de modelos en la comprensión de los fenómenos naturales con el fin de ser enseñados en el ciclo medio de la educación.

Lo anterior permitió la propensión y la visualización de nuevas esferas del conocimiento a través de implementaciones curriculares en IE de educación superior y media académica oficial, aportando a la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno, de las implicaciones que se generan a medida que se avanza los descubrimientos científicos y tecnológicos.

Palabras Clave: Física cuántica; formación de profesores; enseñanza de la física.

Autor de correspondencia: andres.cuellar.garcia@correounivalle.edu.co

#### 4.4. Enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre”

1Jesus E Tovar, 2Luis F Polania M, 3 Emiro S Arrieta J, 4Ángel Arrieta J.

1,2Estudiantes de Lic. Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA. Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

3Docente de planta, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA , Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

4Docente de Física , Semillero FisTA, ITM, Medellín, Colombia

**Resumen:** Cuando se aborda la enseñanza de la Ley de inducción magnética, se encuentran desafíos importantes en términos de comprensión conceptual, sus usos y aplicaciones, particularmente en relación con el manejo adecuado de la ley de Faraday- Henry y la de Lenz.

Sabemos que la Inducción magnética, tiene como base la variación del flujo magnético con respecto al tiempo, donde el flujo magnético puede variar debido al campo magnético, el área de la espira o el ángulo formado entre el vector normal al área y el campo magnético. Estos conceptos requieren una atención pedagógica primaria por parte de los educadores y los educandos.

En este sentido, la presente contribución de investigación plantea el diseño de una estrategia pedagógica para la enseñanza de la Ley de Inducción magnética a través de una experiencia de caída “libre” con una cuenta de neodimio que atraviesa un tubo de aluminio y el otro de latón con longitudes de 50 cm, el tiempo de caída se registra con un sensor de tiempo, repitiendo la medida 5 veces. Al final, se calculan los promedios de los tiempos, observando con ellos que las propiedades eléctricas y/o magnéticas de los materiales usados, afectan el tiempo de caída de la cuenta de neodimio al atravesar estos dos tubos, dado a que aparecen las corrientes de Foucault o Eddy en los tubos que generan los campos magnéticos inducidos que desaceleran el movimiento de caída del imán de neodimio.

Palabras Clave: Enseñanza, inducción magnética, propiedades eléctricas y/o magnéticas.

Autor de correspondencia: U20191178477@usco.edu.co

## 4.5. Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la educación media.

Autores: Andrés Cuéllar García<sup>1</sup>

Afiliaciones: <sup>1</sup> Universidad del Valle / Secretaría de educación de Cali – IE Normal Superior Farallones de Cali, Santiago de Cali, Colombia.

**Resumen:** A través de la ponencia, se divulgarán los resultados de una investigación Doctoral relacionada con la formación de profesores de ciencias para la enseñanza de la física cuántica en la educación media, a través del diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en la secundaria como objetivo principal, mediante la modelización como estrategia didáctica para la enseñanza de la física, y el uso de las tecnologías de la información y comunicación como herramientas cognitivas desde la perspectiva del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (CTPC), aplicándose con profesores de licenciatura en ciencias naturales en formación inicial en el campo de la física, usando la metodología del estudio de caso como proceso de investigación – acción.

Posibilitando el desarrollo de sus conocimientos enfocados en los procesos fenomenológicos de la física cuántica desde una perspectiva más amplia y aterrizada de la actividad científica apoyándose en las tecnologías como herramientas cognitivas, vinculando la indagación, la experimentación, la construcción y uso de modelos en la comprensión de los fenómenos naturales con el fin de ser enseñados en el ciclo medio de la educación.

Lo anterior permitió la propensión y la visualización de nuevas esferas del conocimiento a través de implementaciones curriculares en IE de educación superior y media académica oficial, aportando a la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno, de las implicaciones que se generan a medida que se avanzan los descubrimientos científicos y tecnológicos.

Palabras Clave: Física cuántica; formación de profesores; enseñanza de la física.

Autor de correspondencia: andres.cuellar.garcia@correounivalle.edu.co

## 4.6. Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física

Autores: Alejandro Vela Morales<sup>1</sup>, Gonzalo Edgardo Pedraza G.<sup>2</sup>

Afiliaciones: <sup>1</sup> Universidad Surcolombiana / Facultad Ciencias Exactas y Naturales – Programa de Física, Neiva, Colombia

**Resumen:** Este estudio propone analizar el comportamiento del flujo vehicular en el paso elevado entre la Universidad Surcolombiana y la clínica "Medilaser.<sup>en</sup> Neiva, con el objetivo de caracterizar las condiciones de flujo en los pasos peatonales elevados y, consecuentemente, generar conciencia sobre la cultura vial.

El paso elevado es una estructura diseñada para optimizar el flujo de tráfico y reducir puntos de conflicto, donde su uso es solo para peatones, pero su eficacia depende en gran medida del comportamiento de los usuarios. Se aplicarán conceptos físicos fundamentales y la interacción de elementos en un sistema, tratando el tráfico como un sistema dinámico complejo donde las decisiones individuales impactan el colectivo.

Utilizando datos reales del flujo vial, se simulará como autómatas celulares en un entorno virtual y controlado el comportamiento de los actores viales. Los resultados buscarán evidenciar cómo conceptos Físicos revelan patrones de uso inadecuado del paso elevado, la falta de empatía entre conductores y peatones, y la transgresión de normas de tránsito.

Por ejemplo, se registran cifras significativas de siniestros viales anualmente, muchos de ellos atribuibles a imprudencia y falta de cultura ciudadana. Se espera concluir que la física ofrece herramientas predictivas y analíticas poderosas para entender dinámicas complejas del mundo real, contribuyendo no solo a la promoción de una mejor cultura vial, sino también destacando la relevancia de la ciencia en la solución de problemas cotidianos y la sensibilización social hacia un entorno urbano más seguro y armónico.

Palabras Clave: Física aplicada; Flujo vehicular; Simulación Python

Autor de correspondencia: u20201188557@usco.edu.co

## 4.7. Misión Radiactiva

María Fernanda Robles Cifuentes<sup>1</sup>, Aura Jazmín Perez Rios<sup>1</sup>, María Camila González Basto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia

mfrobles@sgc.gov.co

**Resumen** “Misión Radiactiva” es una propuesta educativa innovadora desarrollada por el Laboratorio de Radiometría Ambiental y el Laboratorio de Radioquímica del Servicio Geológico Colombiano, con el propósito de acercar al público, especialmente a jóvenes desde los 12 años, al conocimiento de los procesos de decaimiento radiactivo y a la comprensión de la tabla de radionúclidos, a través de una experiencia lúdica, participativa y significativa.

Este juego combina el entretenimiento con el aprendizaje, utilizando un tablero temática y dados especiales (uno numérico y otro con tipos de decaimiento) que permiten a los jugadores aprender sobre los distintos tipos de desintegración nuclear de forma activa.

La dinámica está alineada con los Derechos Básicos de Aprendizaje del Ministerio de Educación en el área de ciencias naturales. Desde el Servicio Geológico Colombiano, se busca implementar esta herramienta como parte de una estrategia pedagógica que aporte conocimiento en radiactividad, protección radiológica y fortalecer la educación científica desde edades tempranas.

Palabras Clave: Decaimiento radiactivo, radionúclido y seguridad radiológica

## 4.8. Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT

Autores: Tomas Sosa Giraldo<sup>1</sup>, Juan José Montoya<sup>1</sup>, José David Ruiz<sup>1</sup>.

Afiliaciones: <sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

**Resumen:** We present a systematic study of low-pT jets using event samples generated in MadGraph5 and analyzed with ROOT. Three production channels are considered:

1.  $qq^- \rightarrow Z\gamma b\bar{b}$ , 2.  $qq^- \rightarrow Z' b\bar{b}$  3.  $g b\bar{b}$

Jets are clustered with the anti-kT algorithm (R=0.4). By comparing their transverse-momentum spectra across multiple pT selection thresholds, we uncover pronounced distinctions that will inform and enhance the development of deep-learning based b-tagging algorithms.

Palabras Clave: B-tagging; Deep Learning; Quark b.

Autor de correspondencia: tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

#### **4.9. Laboratorio STEAM con objetos cotidianos: una experiencia del Museo de la Ciencia y el Juego de la Universidad Nacional de Colombia**

Autores: Wilson Camilo Sarmiento Caro, Manuel Fredy Molina Caballero, Sandra Milena Sánchez Hastamorir, Luis Javier Gómez Molina, Juan Sebastian López Sánchez, Juan Pablo Garavito Muñoz.

Afiliaciones: Universidad Nacional de Colombia, Museo de la Ciencia y el Juego, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El proyecto tiene como objetivo diseñar un laboratorio STEAM partiendo de los talleres de ciencias y algunos programas del Museo de la Ciencia y el Juego, con el fin de fortalecer el aprendizaje significativo de la mecánica clásica mediante la recontextualización de talleres sobre cinemática, energía potencial y cinética, trabajo y uso de máquinas simples a partir de objetos cotidianos y material didáctico y de laboratorio del Programa Recreo.

La metodología se basa en el aprendizaje basado en proyectos, dónde los estudiantes construyen máquinas o juguetes empleando materiales cotidianos y de bajo costo. Este enfoque favorece el pensamiento de diseño, el desarrollo de la creatividad, la resolución de problemas y la comprensión de fenómenos físicos mediante la experimentación práctica. Además, se pretende que esta estrategia pueda ser replicada en instituciones educativas con recursos limitados, sirviendo como una alternativa incluyente y sostenible en la enseñanza de las ciencias.

Los resultados evidencian un aumento en la motivación y el interés de los estudiantes al relacionar conceptos teóricos con experiencias prácticas, así como un fortalecimiento de la capacidad de aplicar conocimientos a situaciones reales.

En conclusión, la integración del enfoque STEAM, el uso de objetos cotidianos como mediadores pedagógicos proporciona una estrategia pedagógica innovadora que democratiza el acceso a la ciencia y la tecnología enriqueciendo la enseñanza de la física en la educación media.

Palabras Clave: STEAM; Objeto cotidiano; recontextualizar; Accesibilidad; Juego.

Autor de correspondencia: mcj\_fcbo@unal.edu.co

## 4.10. Estudio de Fotoimpedancia con Cálculo Fraccional en Tintas Semiconductoras de Grafeno y Chalcona

Autores: Beynor Antonio Paez-Sierra <sup>1</sup>

Afiliaciones: <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Cajicá, Colombia

**Resumen:** Las tintas semiconductoras son de gran interés para la producción en masa y aplicaciones en electrónica plástica de gran superficie. Este trabajo tiene como objetivo analizar experimentalmente la formación de nano-interfaces entre grafeno y un derivado de chalcona mediante Espectroscopía de Impedancia Asistida por Láser.

La tinta nanoestructurada se formula mediante la mezcla de grafeno con un derivado de chalcona, diluidos en clorobenceno. Para los análisis, las muestras se estimulan utilizando un láser de 532 nm junto con una señal de voltaje alterno de 100 mV, en un rango de frecuencia de 10 Hz a 5 MHz.

Las mediciones de fotoimpedancia se modelan utilizando cálculo fraccional, específicamente con la derivada fraccional de Caputo, con el fin de identificar posibles efectos de memoria en la tinta.

Los resultados experimentales muestran que tanto la viscosidad como la impedancia de la tinta nanoestructurada pueden ajustarse variando la concentración de grafeno con respecto al derivado de chalcona. Los diagramas de Nyquist y Bode evidencian la presencia de un elemento de fase constante dinámico, difícil de modelar con circuitos de impedancia estándar.

Dado que los modelos clásicos de impedancia presentan limitaciones a escala nanométrica, el uso del cálculo fraccional permite una mejor representación de los fenómenos observados, incluyendo efectos de memoria en la tinta semiconductor nanoestructurada.

Referencias: [1] B.A. Paez-Sierra, Alexandria Engineering Journal, 2025, 130, pp. 47–56, 2025. [1] F. Mesa, B.A. Paez-Sierra, A. Romero, P. Botero, S. Ramírez-Clavijo, J. Phys. D, 2020, 54, pp. 075401 1-15.

Palabras Clave: Fotoimpedancia; semiconductores orgánicos; cálculo fraccional.

Autor de correspondencia: beynor.paez@unimilitar.edu.co

Agradecimientos: El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto IMP-CIAS3738

## **Capítulo 5**

# **ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

## 5.1. Estudio catalizadores de alúmina-níquel

Juan Manuel Mora Bedoya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle, Cali, Colombia

juan.manuel.mora@correounivalle.edu.co

**Resumen:** Este estudio investigó catalizadores de alúmina-níquel (5 %, 10 % y 15 % Ni) para hidrogenación de dibencil tolueno (DBT) y bencil tolueno (BT), portadores orgánicos de hidrógeno (LOHCs). Los catalizadores se sintetizaron mediante impregnación acuosa saturada y se caracterizaron por SEM-EDS, BET y TEM. Las pruebas catalíticas en reactor Parr (150–200 °C, 16 bar H<sub>2</sub>) mostraron que la concentración de níquel afecta significativamente la actividad catalítica.

Los análisis de presión vs tiempo revelaron que el catalizador con 10 % Ni presenta la mayor eficiencia, con una caída de presión más rápida y completa que indica mayor consumo de hidrógeno. La caracterización por TEM y EDS confirmó una dispersión metálica óptima y distribución homogénea de partículas de níquel en esta formulación.

Los catalizadores con 15 % Ni mostraron aglomeración de partículas que redujo el área superficial efectiva, mientras que el 5 % Ni presentó insuficientes sitios activos. Los análisis GC-MS confirmaron la conversión completa a hidrogenados (H<sub>12</sub>-DBT/H<sub>6</sub>-BT) con el catalizador de 10 % Ni.

Estos resultados demuestran que una concentración óptima de níquel (10 %) maximiza la actividad catalítica mediante una dispersión metálica eficiente, ofreciendo una alternativa de bajo costo a catalizadores basados en metales nobles para sistemas LOHC.

**Palabras Clave:** Almacenamiento de hidrógeno; Portadores Orgánicos Líquidos de Hidrógeno (LOHC); Catalizadores de níquel-alúmina; Hidrogenación; Dibencil tolueno (DBT).

## 5.2. Nanopartículas de ZnO obtenidas por métodos verdes para evaluación de germinación de semillas de algodón

Karen Castro Ospino<sup>1</sup>, Emely Ruiz Duarte<sup>2</sup>, Sindi Horta Piñeres<sup>3</sup>, Duber Ávila Padilla<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

karenmcastro@unicesar.edu.co

**Resumen:** Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO), sintetizadas mediante técnicas verdes utilizando extracto de *Gliricidia sepium* (mata ratón), en la germinación de semillas de algodón (*Gossypium herbaceum*) en el Departamento del Cesar.

La metodología empleó el extracto de *Gliricidia sepium* como agente biorreductor y estabilizador para la síntesis de nanopartículas, caracterizadas mediante espectroscopía UV-Vis y microscopía SEM.

Se realizaron ensayos de germinación en condiciones controladas, comparando semillas tratadas con nanofertilizantes frente a un grupo control sin tratamiento. Los principales resultados evidenciaron que las nanopartículas ZnO-GS modularon el desarrollo del algodón: ZnO-300 ppm aumentó significativamente el diámetro del tallo ( $p < 0.05$ ); GS favoreció la biomasa aérea (20 % superior al control); y ZnO-GS-200 estimuló la elongación radicular (15 % más que otros tratamientos).

Aunque altas concentraciones redujeron la biomasa radicular, el control mostró mayor biomasa seca, sugiriendo una reasignación eficiente de recursos. Variaciones en el pH del suelo ( $6.2 \pm 0.3$  a  $6.8 \pm 0.2$ ) se correlacionaron con la absorción de nutrientes.

**Palabras Clave:** Síntesis verde; Óxido de Zinc; Germinación; *Gossypium herbaceum*.

### 5.3. Síntesis y caracterización de compósitos de matriz polimérica con nanopartículas magnéticas de $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Julián Esteban Roper<sup>1</sup>, Santiago F. Salazar<sup>2</sup>, Paola Andrea Vélez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

jropero@unal.edu.co

**Resumen:** Se presentan los resultados de la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) por el método de coprecipitación y su incorporación en matrices poliméricas de polietileno (PE) y polipropileno (PP).

Las nanopartículas se caracterizaron mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de transmisión (TEM) y magnetometría de muestra vibrante (VSM), confirmando la fase magnetita, morfología esférica de tamaño medio 15 nm y propiedades superparamagnéticas.

Los compósitos se elaboraron por extrusión y moldeo por compresión, con concentraciones de 1–10 % en peso de nanopartículas. Los ensayos mecánicos evidenciaron incrementos en el módulo de elasticidad hasta un 20 %, mientras que la resistencia a la tracción se mantuvo similar a la de los polímeros base.

El análisis térmico (DSC y TGA) mostró una mejora en la estabilidad térmica del PP con 5 % de nanopartículas, así como ligeros cambios en la cristalinidad.

Las propiedades magnéticas de los compósitos resultaron proporcionales al contenido de nanopartículas, confirmando la viabilidad de su uso en aplicaciones de almacenamiento y blindaje electromagnético.

**Palabras Clave:** Nanopartículas magnéticas; Magnetita; Compósitos poliméricos.

## 5.4. Síntesis hidrotermal de perovskitas dopadas con tierras raras para aplicaciones fotocatalíticas

Julián Esteban Ropero<sup>1</sup>, Ana María Valencia<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

jropero@unal.edu.co

**Resumen:** Se presenta la síntesis de perovskitas tipo  $ABO_3$  dopadas con tierras raras mediante el método hidrotermal asistido por microondas, con el objetivo de evaluar su desempeño en reacciones fotocatalíticas de degradación de contaminantes orgánicos.

Las muestras se caracterizaron mediante XRD, SEM-EDS y espectroscopía UV-Vis. Los resultados mostraron fases cristalinas bien definidas, partículas en el rango de 100–200 nm y un aumento en la absorción en el visible atribuible a la incorporación de lantánidos.

Las pruebas fotocatalíticas se realizaron en soluciones acuosas de azul de metileno bajo irradiación visible. Las perovskitas dopadas alcanzaron eficiencias de degradación superiores al 80 % en 120 min, frente al 50 % obtenido con perovskitas sin dopar.

El análisis de cinética de primer orden reveló constantes de reacción duplicadas en presencia de dopantes, lo que sugiere un incremento en la separación de pares electrón-hueco y reducción de la recombinación.

**Palabras Clave:** Perovskitas; Dopaje; Fotocatálisis; Tierras raras.

## 5.5. Síntesis de partículas de Carbon Black y su influencia como reemplazo parcial del cemento

Deibys Josué Márquez<sup>1</sup>, Julio Cesar Mosquera<sup>1,2</sup>, Alexander Gaitán<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

djmarquezc@uniquindio.edu.co

**Resumen:** Este estudio evaluó la síntesis de nanopartículas de negro de humo (CB) mediante pirólisis de neumáticos de desecho y su aplicación como reemplazo parcial del cemento en morteros, sin incorporar superplastificantes, para desarrollar materiales sostenibles con potencial en el monitoreo de salud estructural (SHM).

Las nanopartículas de CB, caracterizadas mediante FTIR-ATR, EDX y SEM, mostraron un alto contenido de carbono (86,98 % en peso), grupos funcionales oxigenados (C-O) y un tamaño promedio de 35 nm con tendencia a la aglomeración.

Mediante la espectroscopía micro-Raman se identificaron las fases del Clínker (C3S, C2S, C3A, C4AF) y el producto de hidratación (C-S-H) en los morteros, cuya variación se correlacionó con la resistencia mecánica.

Se prepararon morteros con reemplazos de cemento del 0 %, 1 %, 3 %, 5 % y 7 % por CB, evaluando su resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado. El mortero con 3 % de CB alcanzó una resistencia comparable al convencional (14,63 MPa a 28 días), a pesar de la menor cantidad de cemento y la ausencia de aditivos fluidificantes.

Reemplazos superiores al 3 % redujeron la resistencia, probablemente debido a la aglomeración de partículas y la disminución del contenido de cemento.

Este enfoque innovador disminuye el uso de cemento, elimina la necesidad de superplastificantes y reduce costos y el impacto ambiental, posicionando al CB como un material suplementario viable para morteros piezorresistivos.

Así, contribuye a la gestión de residuos y a la sostenibilidad en la construcción.

**Palabras Clave:** Negro de humo; Morteros de cemento; Pirólisis.

## 5.6. Fabricación de materiales compuestos para potencial uso como cosechadores de energía piezoeléctricos

María M. Quintero<sup>1</sup>, Diego M. Sandoval Cerón<sup>1</sup>, Raigoza C.F.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo en Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos (CYTEMAC), Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

mariamq@unicauca.edu.co

**Resumen:** La recolección de energía piezoeléctrica es una alternativa prometedora para fuentes sostenibles, especialmente en dispositivos portátiles, sensores autónomos y sistemas médicos como marcapasos. Esto ha impulsado la búsqueda de materiales libres de plomo, por las restricciones ambientales del clásico  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  (PZT).

Entre los más estudiados están los titanatos modificados como  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$  (BZT), por su alta constante dieléctrica y estabilidad térmica, y las ferritas tipo  $\text{BiFeO}_3$  (BFO) dopadas con lantánidos, como  $\text{Bi}_{1-y}\text{La}_y\text{FeO}_3$  (BLFO) y  $\text{Bi}_{1-y}\text{Pr}_y\text{FeO}_3$  (BPFO), destacadas por su carácter multiférrico, alta polarización,  $T \sim 830^\circ\text{C}$  y buen potencial piezoeléctrico.

Se sintetizó el sistema cerámico  $(1-x)\text{Bi}_{0,8}(\text{Pr,L a})_{0,2}\text{FeO}_3-x\text{BaZr}_{0,2}\text{Ti}_{0,8}\text{O}_3$  ( $x = 0-1$ ) mediante el método de combustión en solución (SCS), eficiente y homogéneo. La difracción de rayos X (XRD) confirmó fases tipo perovskita sin impurezas. Microscopía electrónica (MEB) mostró partículas submicrométricas homogéneas, y el análisis EDS validó la incorporación de los elementos sin segregación.

Posteriormente, se elaboraron compuestos cerámico-poliméricos con PVDF en proporciones 75/25, 50/50 y 25/75 (cerámico/polímero), homogenizados por molienda y prensado uniaxial. FTIR reveló mayor intensidad en las bandas  $\beta$  del PVDF ( $840\text{ cm}^{-1}$  y  $1276\text{ cm}^{-1}$ ), asociadas a la interacción con dominios cerámicos polarizados. Esta fase  $\beta$ , de conformación all-trans (TTTT), es responsable de la respuesta piezoeléctrica.

Los resultados muestran que la fase cerámica promueve la nucleación  $\beta$  en el PVDF, mejorando sus propiedades funcionales. Así, el sistema  $\text{Bi}_{0,8}(\text{La,Pr})_{0,2}\text{FeO}_3\text{-BZT/PVDF}$  se proyecta como un material libre de plomo con alto potencial en sensores flexibles y tecnología autoalimentada portátil.

**Palabras Clave:** Materiales compuestos; Perovskitas libres de plomo; Piezoelectricidad; PVDF;  $\text{BiFeO}_3$ ; BZT.

**Agradecimientos:** Agradecemos al Tecnoparque Nodo Cauca – SENA por el acompañamiento técnico y el apoyo mediante el proyecto: “Fabricación y Elaboración de un Material Perovskita para uso industrial”, código: P2025-161461-17509.

## 5.7. Numerical Solution of the Swing Equation for Transient Stability Analysis of a Synchronous Generator

J. J. Zapata<sup>1</sup>, J. D. Cifuentes<sup>1</sup>, M. R. Fulla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia

juazapatamo@unal.edu.co

**Abstract:** The swing equation is a fundamental model for analyzing transient stability in power systems with synchronous generators, as it describes the rotor's angular dynamics during disturbances (Sauer & Pai, 2017). This work derives the swing equation from Newton's second law for rotation, considering mechanical, electromagnetic, and damping torques.

Expressed in the per-unit system, the equation links rotor angular acceleration to the power imbalance between mechanical input and electrical output.

The equation is solved using the fourth-order Runge-Kutta (RK4) method, widely recognized for its accuracy and stability in dynamic simulations of electrical and electromagnetic systems.

This approach enables the study of synchronous generator behavior under various operating conditions and disturbances. Results reveal stability regions and operational safety margins, providing insights for power system design and protection.

Case studies show that small parameter variations can cause significant instability, highlighting the importance of oscillation models and robust numerical techniques.

**Keywords:** Synchronous generator; swing equation; transient stability.

## 5.8. Reconstrucción 3D de fuentes de Ra-226 en concreto mediante espectrometría gamma colimada

P.A. Arboleda<sup>1</sup>, J.W. Gómez<sup>1</sup>, L.A. Ospina<sup>1</sup>, I.J. Gaitán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio Geológico Colombiano, Dirección Técnica de Asuntos Nucleares, Bogotá, Colombia

p.arboleda@sgc.gov.co

**Resumen:** El desarrollo de metodologías no destructivas para caracterizar desechos radiactivos es esencial para la gestión segura de fuentes selladas en desuso.

En este trabajo se presenta un enfoque experimental-computacional que permite reconstruir tridimensionalmente la distribución espacial de fuentes de Ra-226 embebidas históricamente en tambores de concreto.

Se implementó un sistema de espectrometría gamma de alta resolución con detector HPGe colimado, operado en posiciones axiales y angulares controladas alrededor de cada bidón.

Las intensidades de las líneas características del Ra-226 y de sus productos de decaimiento se integran en un modelo computacional desarrollado en Python que simula la geometría cilíndrica del tambor, incorpora la atenuación geométrica y el efecto de dispersión, y estima la posición relativa de las fuentes.

La reconstrucción 3D obtenida permite identificar configuraciones mono- y multifuente, estimar profundidades y generar mapas de probabilidad de emisión.

Esta información se usó para evaluar escenarios de exposición durante la manipulación o recuperación de las fuentes radiactivas.

**Palabras Clave:** Espectrometría gamma; Fuentes radiactivas selladas en desuso; Caracterización no destructiva; Reconstrucción 3D; Protección radiológica.

## 5.9. Estudio de la emanación del radón y su correlación con radio en suelos para la gestión ambiental y la protección radiológica

Alejandra María García<sup>1</sup>, Liseth Andrea Ospina<sup>2</sup>, Deisy Alejandra Acuña<sup>3</sup>, Aura Jazmín Pérez<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia

amgarcia@sgc.gov.co, loospina@sgc.gov.co, dacuna@sgc.gov.co, ajperez@sgc.gov.co

**Resumen:** El radón (Rn-222) es un gas radiactivo natural, incoloro e inodoro, generado por la desintegración del Uranio-238 en la corteza terrestre y responsable de cerca del 50 % de la dosis de radiación natural recibida por la población.

Dada su clasificación por la OMS como la segunda causa de cáncer de pulmón, su monitoreo constituye una prioridad en salud pública.

Este estudio evaluó la emanación de radón en el entorno de una edificación del Servicio Geológico Colombiano, correlacionándola con los niveles de radio (Ra-226) en el suelo.

Se implementó una malla de muestreo con cámaras de difusión y detectores sólidos LR-115 tipo II, instalados a profundidades de 30 a 60 cm por un período de 20 días, alcanzando el equilibrio secular.

Los detectores permitieron estimar concentraciones de radón entre 0,6 kBq/m<sup>3</sup> y 8,9 kBq/m<sup>3</sup>, evidenciando la variabilidad espacial del gas.

Paralelamente, se realizó espectrometría gamma para cuantificar las concentraciones de Ra-226 y validar la correspondencia entre radón y radio en el terreno.

Los datos experimentales se integraron en un modelo analítico y computacional en Python que simuló la difusión y el decaimiento del radón, incorporando parámetros como porosidad, coeficiente de emanación y tasas de difusión.

**Palabras Clave:** Emanación de radón; LR-115; Cámaras de difusión; Radio-226.

## 5.10. Measurements of CO<sub>2</sub> capture from pollutant gases generated by internal combustion engines in graphene-based materials

Daniel Martínez Valencia<sup>1,2</sup>, Jhon Prías Barragán<sup>2</sup>, Erica Valencia Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Programa de Química, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Quindío / Grupo Optoelectrónica / Interdisciplinary Institute of Sciences / Doctoral Program in Physical Science, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad del Quindío / Grupo Optoelectrónica / Interdisciplinary Institute of Sciences / Doctoral Program in Chemistry Science, Armenia, Colombia

damartinezv@uqvirtual.edu.co

**Abstract:** The mitigation of greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), is a global priority as anthropogenic activities continue to increase its atmospheric concentration and intensify climate change.

Graphene-based materials offer promising properties for CO<sub>2</sub> capture. In this study, graphene oxide (GO) foams and activated carbon-graphene oxide (AC-GO) composites were tested using exhaust gases from an internal combustion engine and a commercial CO<sub>2</sub> sensor.

GO showed superior performance, with 97.32 % of dynamical efficiency and 81.37 % of dynamic yield, compared to 96.58 % and 71.65 % for AC-GO.

To examine the effect of temperature, GO was further tested under a gradient, revealing a progressive decrease in both dynamics' efficiency and yield as temperature increased, possibly attributed to molecular reflections of CO<sub>2</sub> onto surface pores.

Despite this decline, both GO and AC-GO remain effective under ambient and moderately demanding conditions.

These results highlight their potential for the development of filtration systems aimed at reducing CO<sub>2</sub> emissions and contributing to environmental remediation.

**Keywords:** Graphene oxide; CO<sub>2</sub> capture; Adsorption efficiency; Greenhouse gas mitigation; Porous materials.

## 5.11. DFT-Based Investigation of $CO_2$ Adsorption on Graphene and Graphene Oxide structures

Erica Valencia Gómez<sup>a</sup>, Jose Gutiérrez Londoño<sup>b,e</sup>, Cristian Villa Zabala<sup>c</sup>, Jhon Prías Barragán<sup>a,d</sup>, Jonathan Guerrero Sánchez<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Interdisciplinary Institute of Sciences, Doctoral program in Sciences, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>b</sup>Scientific Research and Higher Education Center of Ensenada, Baja California, Code 22860, Mexico

<sup>c</sup>Chemistry Program, Doctoral program in Sciences, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>d</sup>Interdisciplinary Institute of Sciences, Doctoral program in Physical Science and EITP, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>e</sup>Virtual Materials Modeling Laboratory, Center for Nanoscience and Nanotechnology, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, Mexico

ekvalenciag@uqvirtual.edu.co

**Abstract:** In response to the rising concentration of greenhouse gases particularly carbon dioxide ( $CO_2$ ) and methane ( $CH_4$ ) this study explores potential carbon capture strategies through the adsorption of  $CO_2$  onto graphene ( $C_{100}H_{26}$ ) and graphene oxide (GO) structures. Density functional theory (DFT) calculations were carried out using the generalized gradient approximation (GGA) with the Perdew Burke Ernzerhof (PBE) functional. GO structures with varying oxygen content (5 %, 9 %, 13 %, and 16 %) were modeled to assess the effect of oxidation on adsorption. Adsorption energies ranged from -0.32 to -0.16 eV, indicating weak van der Waals interactions and suggesting a physisorption mechanism in all cases. The results highlight the potential of graphene oxide as a candidate material for carbon capture applications, with implications for clean energy and environmental technologies.

**Keywords:** Graphene oxide; Carbon dioxide; DFT; PBE; Physisorption.

## 5.12. Instrumentación de un banco de pruebas para la evaluación térmica de colectores solares planos

Jorge Mario Hincapié<sup>1</sup>, Beatriz Cruz Muñoz<sup>1</sup>, Rubén Dorantes Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México

jmhincapie@utp.edu.co

**Resumen:** Una forma de aprovechar la energía solar es mediante colectores solares planos, dispositivos que concentran la energía térmica radiante y la transfieren a un fluido calotransportador, transformándola en energía útil para aplicaciones como climatización de agua sanitaria o piscinas.

El rendimiento térmico depende de factores como condiciones meteorológicas, materiales del acumulador, distribución hidráulica y nivel de automatización. Este trabajo se enfoca en la instrumentación de un prototipo de colector solar plano de superficie selectiva y de un banco de pruebas escalable para evaluar su eficiencia térmica.

La instrumentación se diseñó conforme a la norma técnica colombiana NTC 54-34-2, que define métodos de ensayo y cálculos para determinar el rendimiento en estados estacionarios y cuasi-dinámicas.

Se detallan los equipos y transductores empleados para medir variables físicas críticas, incluyendo temperatura de entrada, salida y ambiente, irradiación solar, flujo, montaje e inclinación del colector. Asimismo, se describe el software de control implementado para asegurar condiciones de ensayo precisas y repetibles.

Se presentan las curvas de eficiencia del prototipo obtenidas a partir de diversas pruebas realizadas bajo condiciones meteorológicas normales y simuladas, variando parámetros clave como el flujo del fluido calotransportador y la inclinación del colector, con el objetivo de verificar su influencia directa en la eficiencia térmica del sistema.

Además, se evalúan los ajustes necesarios en el banco de pruebas para adaptarlo a aplicaciones industriales, garantizando mediciones fiables y optimizando el desempeño de los colectores en diferentes escenarios operativos.

**Palabras Clave:** Colector solar; Banco de pruebas; Eficiencia térmica.

### 5.13. Tratamiento de aguas mieles usando nanopartículas de CaO obtenidas por precipitación controlada

Carol Aguilar<sup>1</sup>, Sandra Morales<sup>2</sup>, Mónica Risueño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Ibagué-Tolima, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán-Cauca, Colombia

cjaguilarp@ut.edu.co

**Resumen:** Esta investigación propone un sistema sostenible para tratar aguas mieles del beneficiado húmedo del café, un efluente con alta carga orgánica, acidez y sólidos suspendidos que suele verterse sin tratamiento en zonas rurales.

El sistema se basa en nanopartículas de óxido de calcio (CaO), material con doble funcionalidad: mejora de propiedades fisicoquímicas del suelo y fotocátalisis de contaminantes.

En la literatura, el CaO ha mostrado alta eficacia en la fotodegradación de compuestos orgánicos recalcitrantes como los colorantes industriales azul de metileno y rojo Congo, presentes comúnmente en efluentes de difícil manejo.

Las nanopartículas se sintetizaron por precipitación controlada empleando cáscaras de huevo como fuente alternativa de calcio.

Se realizaron XRD, SEM y UV-Vis de reflectancia difusa para caracterizar fase, morfología y brecha de banda, confirmando su potencial fotocatalítico.

La capacidad de degradación se evaluó con muestras reales de aguas mieles mediante UV-Vis, monitoreando la disminución de bandas características.

A 1.5 g/L, se alcanzó 81 % de degradación, demostrando la eficacia del proceso y su potencial para el tratamiento sostenible de efluentes en regiones cafeteras.

**Palabras Clave:** Aguas mieles; Óxido de calcio; Tratamiento de aguas residuales.

**Autor de correspondencia:** [cjaguilarp@ut.edu.co](mailto:cjaguilarp@ut.edu.co)

**Modalidad:** Póster

## 5.14. Dispositivo inteligente portátil para la detección de metales pesados en aguas residuales de la galvanotecnia

A. V. Alzate-García<sup>1,2,3</sup>, N. Prieto<sup>1,2</sup>, Xavier Muñoz-Berbel<sup>4</sup>, E. Restrepo-Parra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de investigación del Laboratorio de Física del Plasma (LAFIP), Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de investigación en cromatografía y técnicas afines (GICTA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Colombia

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales, Colombia

<sup>4</sup>Instituto de Microelectrónica de Barcelona, IMB-CNM

avalzateg@unal.edu.co

**Resumen:** El monitoreo efectivo de metales pesados, como cromo, cadmio, zinc, cobre y níquel, en aguas residuales constituye un desafío crítico para la salud pública y el medio ambiente, especialmente en sectores industriales como la galvanotecnia.

En este trabajo, se desarrolla un dispositivo inteligente, portátil, de bajo costo y fácil manejo, basado en una red híbrida que integra sensores electroquímicos comerciales, electrodos modificados mediante deposición física de vapor utilizando la técnica GLAD (Glancing Angle Deposition), y biosensores enzimáticos.

La combinación de recubrimientos nanoestructurados de cobre y óxidos de cobre con enzimas funcionalizadas proporciona al sistema una elevada sensibilidad frente a estos contaminantes.

La información obtenida de la red de sensores se analiza mediante técnicas quimiométricas (PCA), lo que permite diferenciar aguas residuales con presencia o ausencia de metales pesados.

Las pruebas realizadas con muestras dopadas en laboratorio y con aguas residuales reales confirmaron la sensibilidad, selectividad y robustez del dispositivo.

Se concluye que el sistema desarrollado representa una alternativa tecnológica viable para el monitoreo en tiempo real de contaminantes en entornos industriales, con potencial de implementación in situ gracias a su portabilidad, bajo costo y facilidad de uso.

**Palabras Clave:** Sensores electroquímicos; Biosensores; GLAD; Quimiometría; Galvanotecnia; Metales pesados; Aguas residuales.

## **Capítulo 6**

# **FÍSICA APLICADA E INSTRUMENTACIÓN, FAI**

## 6.1. Prototipo de Medición de Radiación Ionizante

Felipe Andres El masri Ustariz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia

sebastianelmasri@gmail.com, faelmasriu@udistrital.edu.co

**Resumen:** Este estudio, realizado en el Laboratorio de Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desarrolló un prototipo de bajo costo para la detección y cuantificación de radiación ionizante, integrando un sistema basado en Arduino con componentes especializados. El diseño incorporó un tubo Geiger-Müller y un semiconductor BPW34, calibrados en microsievets por hora ( $\mu\text{Sv/h}$ ), organizados en tres módulos principales: (a) etapa de detección, (b) acondicionamiento de señal mediante un amplificador operacional AD620, y (c) procesamiento de pulsos con un comparador LM311. El software, programado en Arduino IDE 2.3.2, incluyó una interfaz gráfica para visualización de datos en tiempo real y funciones de calibración utilizando fuentes radiactivas de Cesio-137 y Radio-226 como referencia.

Los ensayos experimentales con radiación gamma y rayos X demostraron diferencias significativas en la sensibilidad de los detectores: el tubo Geiger-Müller mostró mayor eficiencia en la detección de fotones gamma, mientras que el semiconductor BPW34 presentó limitaciones en este rango energético. El análisis estadístico reveló que incrementar el tiempo de medición redujo sistemáticamente el error experimental, mejorando la precisión del sistema. Aunque el prototipo cumplió con los objetivos planteados, se identificó que el uso de semiconductores de germanio podría optimizar su sensibilidad.

Este trabajo contribuye al desarrollo de herramientas educativas en física nuclear, demostrando que sistemas electrónicos accesibles pueden emplearse para estudios cuantitativos en radioprotección. El diseño modular permite futuras mejoras, como la implementación de algoritmos de corrección automática o la integración de sensores de mayor resolución.

**Palabras Clave:** radiación ionizante; educación en física; instrumentación científica

## 6.2. Sistema experimental de validación usando un dispositivo digital de microespejos

**Daniel José Duque Tamayo, José David Bernal Restrepo, Alejandro Velez Zea, John Fredy Barrera Ramírez**

Instituto de Física, Universidad de Antioquia

daniel.duquel@udea.edu.co

**Resumen:** Se implementa experimentalmente un correlador de transformada conjunta (CTC) en el dominio de Fourier como sistema óptico de validación de información. El plano de entrada del correlador, que contiene los dos objetos a comparar, se proyecta mediante un dispositivo digital de microespejos (DDM), un elemento de modulación binaria que opera por reflexión.

Se añade una máscara de fase aleatoria mediante un difusor físico situado a la salida del DDM. La información del plano de entrada es procesada usando una lente y la intensidad en el plano de salida del correlador, conocida como espectro conjunto de potencia (ECP), es registrada por una cámara CMOS. La transformada de Fourier del ECP contiene la autocorrelación de cada uno de los objetos y la correlación cruzada entre los objetos de referencia y comparación.

Al realizar un proceso de filtrado que suprime los términos de autocorrelación, se detectan los picos de correlación cruzada que cuantifican la similitud entre los objetos. Inicialmente, se comparan objetos completamente diferentes. Posteriormente, se realiza una prueba de oclusión, en la cual un objeto se compara con una versión de este que ha sido modificada mediante una máscara que introduce ruido binario aleatorio. Esta comparación se efectúa para distintos niveles porcentuales de ruido.

Se utilizan métricas objetivas con el propósito de estudiar cualitativamente la similitud entre los objetos. Los resultados obtenidos demuestran el funcionamiento del sistema con el DDM para validación óptica de información, evidenciando su potencial para el procesamiento óptico de información.

**Palabras Clave:** Validación; Dispositivo digital de microespejos; Correlador de transformada conjunta

### 6.3. Validación de información basada en un correlador de transformada conjunta y un modulador espacial de luz

**José David Bernal Restrepo, Daniel José Duque Tamayo, Alejandro Velez Zea, John Fredy Barrera Ramírez**

Instituto de Física, Universidad de Antioquia U de A, calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

`jdavid.bernal@udea.edu.co`

**Resumen:** En este trabajo se presenta la implementación experimental de un sistema de validación que utiliza una arquitectura óptica de correlador de transformada conjunta (CTC). En el sistema, los objetos de referencia y de comparación son proyectados en un modulador espacial de luz (MEL) de transmisión, el cual representa el plano de entrada del sistema. Se incluye una máscara de fase aleatoria (vidrio difusor) situada frente al MEL que facilita el registro de la información en el plano de salida del CTC.

A través de un sistema óptico  $2f$ , se realiza la transformada de Fourier del plano de entrada, y mediante una cámara CMOS se registra su intensidad, conocida como espectro conjunto de potencias (ECP). Posteriormente, se aplica la transformada de Fourier al ECP, obteniéndose la autocorrelación de cada objeto (referencia y comparación) y su correlación cruzada.

La validación de la información es posible debido a que la intensidad de los picos de la correlación cruzada es proporcional al grado de similitud entre los objetos de referencia y de comparación. Se desarrollan dos pruebas: en la primera, se compara el objeto de referencia con versiones del mismo objeto modificadas mediante máscaras binarias que simulan oclusiones porcentuales aleatorias; la segunda consiste en determinar la correlación entre el objeto de referencia y un conjunto de objetos distintos de comparación.

Los resultados experimentales demuestran que el sistema implementado permite estimar adecuadamente las diferencias entre los objetos, permitiendo la validación de información.

**Palabras Clave:** validación de información; correlador de transformada conjunta; modulador espacial de luz

## 6.4. Microscopía Holográfica Digital usando Componentes Accesibles y de Bajo Costo

Laura S. Bravo-Revelo<sup>1</sup>, Carlos A. Buitrago-Duque<sup>1</sup>, Jorge Garcia-Sucerquia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Medellín, Colombia

labravo@unal.edu.co

**Resumen:** La microscopía holográfica digital (DHM, por sus siglas en inglés) es una técnica que permite el estudio sin marcadores de muestras traslúcidas. Por medio de la traducción de variaciones de índice de refracción y topografía en valores cuantitativos fase del frente de onda recuperado, DHM extiende las aplicaciones de la microscopía óptica.

El alcance de DHM se ve frecuentemente limitado por la instrumentación optomecánica requerida para su implementación. Mientras la microscopía óptica convencional cuenta con múltiples reportes de dispositivos de bajo costo y alta accesibilidad, la DHM requiere el uso de componentes tradicionalmente limitados a laboratorios de investigación.

En este trabajo, se reporta un montaje óptico para la implementación de un DHM empleando componentes accesibles y de bajo costo, como lentes M12, espejos de manufactura masiva y punteros láser.

Se caracteriza el campo de visión, la resolución y la magnificación del dispositivo propuesto, demostrando la capacidad de adquirir imágenes cuantitativas de fase de muestras estándar de calibración y especímenes biológicos de interés común.

Los resultados obtenidos son competitivos con los obtenidos en un DHM de investigación que tiene un costo del orden de 18 veces del propuesto en esta contribución.

**Palabras Clave:** Microscopía holográfica digital; Instrumentación accesible; Imágenes cuantitativas de fase

## 6.5. Medición de Mapa de Dosis en Radiología Clínica con el Detector Triple-GEM

Daniel Mateo Mosquera Laguna<sup>1</sup>, Hector Fabio Castro Serrato<sup>2</sup>, Carlos Avila Bernal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

dmmosqueral@unal.edu.co, hfcastros@unal.edu.co, cavila@uniandes.edu.co

**Resumen:** La tesis presenta el desarrollo e implementación de un sistema de dosimetría en radiología clínica basado en el detector gaseoso Triple-GEM (Gas Electron Multiplier). Este detector, tradicionalmente usado en física de altas energías, es adaptado para medir mapas bidimensionales de dosis de radiación emitida por equipos de rayos X.

El estudio incluye la caracterización del detector, la calibración con fuentes conocidas, tubos de rayos X, y la validación mediante comparación con dosímetros clínicos convencionales.

Se destaca que el Triple-GEM ofrece ventajas sobre los dosímetros semiconductores actuales: mayor área de detección (10×10 cm), ausencia de obsolescencia por desgaste electrónico, bajo costo operativo y capacidad de generar imágenes similares a radiografías.

La investigación culmina con la demostración del funcionamiento del sistema en condiciones clínicas simuladas, proponiendo su futuro uso como dosímetro activo portátil para hospitales.

**Palabras Clave:** Triple-GEM; dosimetría; radiología clínica; detectores gaseosos; rayos X; mapa de dosis; VMM3a

## 6.6. Reproducción del método APJ para calibración de BPMS y corrección de cuadrupolos en el LHC

Miguel Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

marojasjim@unal.edu.co

**Resumen:** Se reproducen los resultados del método de corrección por saltos de acción y fase (APJ) para la calibración de monitores de posición de haz (BPM) en aceleradores de alta energía como el LHC, con énfasis en zonas de interacción (IR). El objetivo es estimar con mayor precisión los factores de calibración de BPMS, fundamentales para detectar errores ópticos como los inducidos por cuadrupolos, y evaluar su impacto sobre el método APJ.

La metodología emplea datos vuelta tras vuelta (TBT) y funciones de la red con errores incluidos, construyendo trayectorias promedio para reducir efectos de ruido electrónico, acoplamiento lineal y errores en la determinación de funciones ópticas. Se utilizan algoritmos en Python para minimizar la sensibilidad a las incertidumbres de acción y fase mediante la selección de trayectorias óptimas. Para BPMS en zonas de interacción, se combinan datos de modulación-k y propagación de posiciones calibradas desde BPMS confiables.

Los resultados indican que los factores de calibración se pueden estimar con una precisión de 0.7 % r.m.s. en BPMS de arco y 0.4 % en BPMS de interacción. Aplicando estas correcciones a datos experimentales, se mejora la claridad de los gráficos de acción y fase, aunque las correcciones a cuadrupolos obtenidas mediante APJ varían poco antes y después de la calibración.

Se concluye que la calibración precisa de BPMS mejora la interpretación de los datos ópticos, sin afectar significativamente la magnitud de las correcciones en IR. El trabajo realizado consiste en reproducir esta metodología (APJ) y sus resultados con datos experimentales disponibles del LHC.

**Palabras Clave:** BPM; Acción-Fase; LHC

**Autor de correspondencia:** marojasjim@unal.edu.co

## 6.7. Optimización de campos ópticos complejos para la generación no iterativa de hologramas de fase

Valentina Lobo Ruiz<sup>1</sup>, Alejandro Vélez Zea<sup>1</sup>, John Fredy Barrera Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Óptica y Fotónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia (UdeA), Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

valentina.lobo@udea.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se propone un método no iterativo para la generación de hologramas de solo fase en el dominio de Fresnel. Este método consiste en la optimización de campos ópticos complejos mediante descenso de gradiente estocástico. Posteriormente, el campo complejo optimizado se utiliza para la generación no iterativa de hologramas de solo fase de múltiples objetos.

Se evalúa el desempeño del método propuesto en función de la distancia de propagación y del número de iteraciones a partir de la calidad de los hologramas reconstruidos. Esta calidad se cuantifica utilizando métricas como el coeficiente de correlación, el error cuadrático medio y el índice de similitud estructural.

Las reconstrucciones obtenidas a partir de hologramas generados con el método propuesto se comparan, utilizando estas métricas, con las reconstrucciones de hologramas generados con fases aleatorias optimizadas en el dominio de Fresnel y con fases no optimizadas.

Los resultados evidencian una mejora en la calidad de las reconstrucciones obtenidas con nuestra propuesta a medida que el número de iteraciones aumenta, así como una calidad superior en comparación con los demás métodos evaluados.

Finalmente, se presentan las reconstrucciones experimentales obtenidas con un sistema de proyección holográfica basado en un modulador espacial de luz que opera en modo de solo fase para demostrar la validez de nuestra propuesta.

**Palabras Clave:** Holograma de solo fase; Optimización de campo complejo; Descenso de gradiente estocástico

**Autor de correspondencia:** valentina.lobo@udea.edu.co

## 6.8. Construcción de un microscopio láser confocal de bajo costo para la caracterización de soportes poliméricos

Juan Bonilla<sup>1</sup>, Omar Olarte<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Colombia

jubonilla@unal.edu.co

**Resumen:** Se diseñó y construyó un microscopio confocal láser de reflexión optimizado para caracterizar topográficamente soportes poliméricos de colágeno tipo II destinados a aplicaciones en ingeniería de tejidos. El sistema se concibió con un enfoque de bajo costo, conservando una precisión equiparable a la de sus homólogos comerciales.

La metodología comprendió un análisis teórico de los límites de resolución óptica mediante modelos de difracción y de propagación en medios difusores; la selección y diseño de componentes ópticos asequibles; simulaciones de transporte de fotones por métodos Monte Carlo en muestras fibrilares; y el ensamblaje y evaluación topográfica con barridos de un posicionador calibrado.

Los barridos topográficos con el prototipo mostraron que la intensidad registrada con una cámara CCD se correlaciona con la altura de la muestra mediante una función gaussiana. La retrodispersión medida es del 4.5 %, lo que es congruente con las predicciones del modelo Monte Carlo y las especificaciones nominales de los elementos ópticos adquiridos.

El coste total de fabricación, incluyendo óptica, electrónica y montaje, ascendió a 5000 USD, lo que supone un ahorro cercano al 90 % frente a sistemas comerciales de microscopía confocal.

Se concluye que este microscopio confocal de bajo costo satisface los requisitos de precisión y versatilidad para caracterizar soportes de colágeno tipo II. En la siguiente fase se evaluará la linealidad y respuesta temporal del posicionador, se cuantificará el rendimiento de los SIPM desarrollados e incorporará una fuente de luz polarizada para estudiar anisotropías ópticas en muestras fibrilares, ampliando así el rango de aplicaciones del instrumento.

**Palabras Clave:** Instrumentación óptica de bajo costo; Microscopía confocal; Caracterización de materiales

**Autor de correspondencia:** jubonilla@unal.edu.co

## 6.9. Sistema especializado para la medición y caracterización de propiedades opto-electrónicas en diodos emisores de luz orgánicos

Leonardo Enrique Beltrán Cárdenas, Julián Mateo Urrego Beltrán, Jorge Palmar Velasco, Angel Miguel Ardila

Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia

lebeltranc@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

**Resumen:** Los dispositivos OLED han cobrado gran relevancia por sus propiedades ópticas y mecánicas frente a dispositivos emisores inorgánicos, destacándose por su flexibilidad, mejores ángulos de visión y mayor contraste. Para evaluar el desempeño de distintos materiales y configuraciones en un OLED, es necesario caracterizar variables como la corriente-voltaje, luminancia, eficiencia cuántica externa, eficiencia de corriente, eficiencia de potencia o eficacia luminosa y las coordenadas cromáticas CIE 1931.

Para este propósito, se desarrolló e implementó un sistema de medición que, a partir de medidas de corriente, voltaje y luminancia en una esfera de integración, permite determinar las propiedades optoelectrónicas descritas de los emisores de luz. También se describe el software desarrollado en MATLAB que automatiza el proceso de medición y cálculo de las propiedades mencionadas en tiempo real.

La funcionalidad del sistema de medición se probó con varios dispositivos emisores y se presentan los resultados obtenidos. Este sistema ofrece una solución automatizada, precisa y de bajo costo, que lo convierten en una herramienta útil y asequible para grupos de investigación, especialmente en contextos como el colombiano, donde los recursos suelen ser limitados.

**Palabras Clave:** OLED; caracterización optoelectrónica; eficiencia cuántica externa; luminancia; eficacia luminosa

**Autor de correspondencia:** lebeltranc@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

## 6.10. Estudio experimental de propiedad magnética en dos tipos de arenas negras del departamento del Huila

Charid Cedeño<sup>1</sup>, Emiro Arrieta<sup>2</sup>, Carlos Cuellar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Física, Grupo de Física Teórica, Semillero FísTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila

<sup>2</sup>Grupo de Física Teórica, Semillero FísTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila

<sup>3</sup>Grupo de Física Aplicada, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila

emiro.arrieta@usco.edu.co

**Resumen:** Sabemos que la materia se encuentra formada por átomos, constituidos por momentos dipolares magnéticos debido al movimiento de los electrones, la alineación de los dipolos magnéticos en algunos materiales que exhiben propiedades magnéticas (ferromagnéticos, paramagnéticos o diamagnéticos) puede ser total o parcial al someterse a campos magnéticos externos. Adicionalmente, es importante anotar que algunos materiales presentan mayor remanencia magnética, influenciando en la fuerza de atracción o repulsión magnética. Esta propiedad puede ser alterada por la temperatura de Curie, como lo es en el caso de los ferromagnéticos.

En esta contribución se presenta un estudio experimental para caracterizar la propiedad magnética en dos tipos de arenas negras provenientes de los ríos Iquira y Callejón del departamento del Huila, para lo cual en primera instancia se evalúa la curva de histéresis que muestran estas arenas al usarse como complemento de una parte del núcleo de hierro de un transformador monofásico, donde estas curvas de histéresis se comparan con la presentada por una muestra de limadura de hierro, observando un comportamiento similar.

Por otra parte, usando un solenoide y midiendo el campo magnético presente en su núcleo con o sin material de arena con un Teslámetro (0.01 mT de precisión), se obtiene un valor de susceptibilidad magnética que se encuentra dentro de los ferromagnéticos débiles para ambas arenas negras.

**Palabras Clave:** Arenas negras; curvas de histéresis; susceptibilidad magnética

**Autor de correspondencia:** emiro.arrieta@usco.edu.co

## 6.11. Efecto de (Sm, Gd) en las propiedades estructurales y morfológicas del sistema (Gd,Sm)In<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub>

D.C. Piracoca Fajardo<sup>1,2</sup>, I.M. Saavedra Gaona<sup>1,2</sup>, C.A. Parra Vargas<sup>1</sup>, E. Moncada Villa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Física de Materiales (GFM), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115 Tunja, Boyacá 15001.

<sup>2</sup>Grupo de Física Teórica y Computacional (GFTC), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115 Tunja, Boyacá 15001.

dayanna.piracoca@uptc.edu.co

**Resumen:** Las perovskitas de tipo ABO<sub>3</sub> (donde A y B son cationes con radios iónicos distintos) basadas en indio, como REInO<sub>3</sub> o RE<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>MO<sub>3</sub> (M = metales de transición), presentan un creciente interés por sus notables propiedades físicas. Estas incluyen conductividad iónica, comportamiento ferroeléctrico y estabilidad térmica, lo que las hace atractivas para aplicaciones en sensores, dispositivos electrónicos y celdas de combustible.

En consecuencia, el desarrollo de nuevos materiales se orienta a optimizar sus respuestas estructurales, morfológicas, eléctricas, ópticas y magnéticas, ampliando así su potencial tecnológico.

En este trabajo se sintetizó el sistema (Gd,Sm)In<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub> por medio de la ruta de estado sólido, realizando sustituciones estequiométricas de bajo porcentaje en el catión B, con manganeso (Mn), evaluando las distorsiones estructurales y su efecto en las propiedades físicas y posibles aplicaciones funcionales.

Los análisis estructurales fueron realizados a través de difracción de rayos X (XRD) y refinamiento Rietveld, mientras que la morfología se estudió utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM). Debido a las altas temperaturas de síntesis empleadas, se observaron granos con alta densificación y variaciones en el tamaño de grano.

La estructura cristalina del sistema depende del lantánido utilizado; por ejemplo, el uso del GdIn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub> genera una estructura hexagonal (grupo espacial: P63cm), mientras que una fase ortorrómbica (grupo espacial: Pnma) es obtenida al usar SmIn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>O<sub>3</sub>.

Por otra parte, el porcentaje de introducción del Mn está relacionado con variaciones en el volumen de la celda cristalina, lo que sugiere variaciones en las respuestas magnéticas, ópticas y eléctricas en estos sistemas cristalinos.

**Palabras Clave:** cambio estructural; densificación; REInO<sub>3</sub>.

## 6.12. Computational Study of Airfoil Icing on NACA 0024: A CFD Approach with ANSYS

R. Avella<sup>1</sup>, E.A. Gil González<sup>2,3</sup>, J. Gutiérrez Mora<sup>4</sup>, C. Arenas Martínez<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Fundación Universitaria Los Libertadores, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Department of Aeronautical Engineering, A.A. 75087 Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Faculty of Engineering, A.A. 110221 Bogotá, Colombia.

rgavellas@unal.edu.co

**Abstract:** Icing on aircraft surfaces continues to pose a critical safety risk, particularly for general aviation aircraft lacking advanced anti-icing systems.

This study develops a predictive framework for identifying icing conditions on a thick symmetric airfoil (NACA 0024) by integrating Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations in ANSYS Fluent with thermodynamic phase analysis performed in MATLAB.

Pressure distributions under varying altitudes, flight velocities, and angles of attack (AOA) were computed, enabling the determination of stagnation temperatures and subsequent evaluation against water phase diagrams to predict ice onset.

The findings reveal specific flight conditions that favor ice accretion on the leading edge, alongside quantified aerodynamic penalties in terms of lift reduction and drag increase.

A validated risk phase diagram is proposed, providing operational guidelines to improve flight safety under ice-prone atmospheric conditions.

**Keywords:** Aircraft icing; CFD; ANSYS Fluent; NACA 0024; phase change; flight safety; water phase diagrams; critical flight conditions.

### 6.13. Determinación experimental de la conductividad térmica de tres tipos de arcillas del departamento del Huila

D. Polanco<sup>1</sup>, E. Arrieta<sup>2</sup>, C. Cuellar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Física, Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

<sup>2</sup>Grupo de Física Teórica, Semillero FisTA, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

<sup>3</sup>Grupo de Física Aplicada, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.

u20131118905@usco.edu.co

**Resumen:** Las arcillas presentan propiedades físicas y químicas que las hacen útiles en diversas aplicaciones. Su uso en la fabricación de productos cerámicos, aislantes y elementos estructurales en la industria energética destaca su valor estratégico. Sin embargo, la gran variabilidad en sus características, condicionadas por el origen geológico, color y composición química, hace razonable una caracterización precisa para optimizar su aprovechamiento.

Persisten vacíos en la comprensión de la relación entre propiedades físicas (como el color) y su comportamiento térmico, eléctrico o magnético, lo que limita el diseño de materiales funcionales y específicos.

Este trabajo presenta un estudio experimental enfocado en caracterizar tres tipos de arcillas recolectadas en algunas zonas del Huila, Colombia.

Las muestras fueron clasificadas por color y origen, y transformadas en placas estandarizadas a través de procesos de secado y cocción. Posteriormente, se aplicó el método de placa única para determinar su conductividad térmica, empleando una cámara térmica acoplada con sondas de temperatura y el Software Cassy Lab 2.

Los resultados indican valores de conductividad térmica típicos de materiales aislantes del calor, entre 0.19 W/mK y 0.212 W/mK, donde se evidencian variaciones directamente relacionadas con el color y el origen de las muestras.

**Palabras Clave:** Arcilla; conductividad térmica; cámara térmica.

## 6.14. Producción de películas nanoestructuradas con aplicación en dispositivos flexibles

Juan Esteban Quinche<sup>1,2</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jquinche@unal.edu.co, dycadavidr@unal.edu.co

**Resumen:** Las películas nanoestructuradas sobre sustratos flexibles son clave para el desarrollo de dispositivos electrónicos y termoelectrónicos de nueva generación.

Tienen aplicaciones en medicina, electrónica, generación de energía limpia y la creación de dispositivos portátiles y autosustentables, ofreciendo ventajas respecto a flexibilidad, reducción de costos y versatilidad comparadas con sus contrapartes basadas en silicio.

Este trabajo tiene como objetivo la síntesis y caracterización de nanomateriales, a partir de los cuales se desarrolla y optimiza la creación de tintas en solución aptas para impresión sobre sustratos flexibles.

Se sintetizaron las nanopartículas mediante la síntesis coloidal, para luego caracterizar sus propiedades morfológicas y estructurales empleando SEM, TEM y DRX.

Posteriormente, se realizó la creación de tintas en solución optimizando parámetros como viscosidad, tensión superficial y humectabilidad que permitan la deposición exitosa de películas nanoestructuradas sobre sustratos flexibles, como la cinta Kapton, mediante métodos de impresión como *spin coating* o *spray coating*.

Las etapas de creación de tintas e impresión incluyen el control del espesor, la uniformidad y la adhesión de las películas para posibles aplicaciones en electrónica portátil y autosustentable, monitoreo de la salud y generación de energía limpia.

**Palabras Clave:** Películas nanoestructuradas; tintas en solución; sustratos flexibles.

## 6.15. Prototipado de un transiluminador (Dark Reader) eficiente y a bajo costo

Harol Daza<sup>1</sup>, Jorge Montes<sup>2</sup>, Duverney Chaverra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, Colombia.

<sup>2</sup>Profesor asistente, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, Colombia.

hdazac@unal.edu.co

**Resumen:** La visualización de ácidos nucleicos mediante la electroforesis en gel ha dependido de transiluminadores UV, los cuales son costosos y presentan riesgos para la seguridad del operario y la integridad de la muestra.

El objetivo fue construir un instrumento de grado científico que emplea una fuente de luz visible para excitar fluoróforos comunes de forma segura y a bajo costo.

Se diseñó un sistema basado en una matriz de diodos LED azules ( $\lambda \approx 460\sim 470$  nm) de 5 mm en paralelo, alimentado por una fuente de poder de 9 V DC e integrado en una carcasa impresa en 3D.

Mediante un filtro óptico de acrílico traslúcido color ámbar sobre el gel se logra la visualización del ADN, permitiendo la captura de imágenes con un teléfono inteligente.

Se usaron imágenes digitales obtenidas por el equipo “GelDoc Go imaging system” de la empresa BioRad como control para comparar el rendimiento de nuestro prototipo.

Nuestro prototipo, con un costo de fabricación inferior a 30 USD, alcanza un límite de detección de  $\approx 13.8$  ng para fragmentos de ADN de 750 pb. Este rendimiento es comparable al de equipos comerciales cuyo valor supera los 15,000 USD.

En conclusión, este prototipo usando luz azul representa una alternativa segura y económica que democratiza el acceso a técnicas de biología molecular.

**Palabras Clave:** Electroforesis; luz azul; Biotecnología.

## 6.16. Control de la polarización eléctrica a temperatura ambiente en el sistema bicapa $\text{BiFeO}_3/\text{VO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mediante la variación del espesor de la capa de ferrita de bismuto

Nestor Gutierrez<sup>1</sup>, Valentina Rodriguez<sup>1</sup>, Stivens Dionizio<sup>1</sup>, Jonathan Martinez<sup>1</sup>, Gilberto Bolaños<sup>1</sup>, Jesús Heiras<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Cauca, Grupo de Física de Bajas Temperaturas Edgar Holguín, Popayán, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Ensenada B.C, México

nextor@unicauca.edu.co

**Resumen:** Este trabajo es sobre la modificación de la geometría de curvas  $R_{vsT}$  y  $P_{vsE}$  del sistema  $\text{BiFeO}_3/\text{VO}_2/\text{zafiro}$ , en comparación con las respuestas en películas delgadas de  $\text{VO}_2$  y  $\text{BiFeO}_3$  por separado. Mediante pulverización catódica por radiofrecuencia y DC, se fabricaron heteroestructuras compuestas de  $\text{BiFeO}_3$ , con diferentes espesores entre 70 a 200 nm y  $\text{VO}_2$  de 200 nm de espesor, sobre sustratos de zafiro  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0001).

El  $\text{VO}_2$  se depositó en argón a 1,3 Torr, potencia de 44 W y temperatura del sustrato de 450 °C. Posteriormente, se realizó un recocido a 470 °C, en atmósfera de 20 % de  $\text{O}_2$  y 80 % de Ar. In situ, se depositó BFO en argón a 0,2 Torr, potencia de 95 W y temperatura del sustrato de 470 °C.

Además, se depositaron películas delgadas de cada compuesto por separado sobre zafiro. Se realizaron medidas de resistencia eléctrica en función de la temperatura ( $R_{vsT}$ ), y polarización eléctrica en función del campo eléctrico ( $P_{vsE}$ ), para diferentes valores entre 25 a 100 V.

A medida que aumentó el espesor de la capa de ferrita de bismuto en las bicapas, la geometría de la curva de polarización eléctrica se atenuó progresivamente, adquiriendo una forma lineal sin pérdidas.

Se realizaron satisfactoriamente mediciones de  $R_{vsT}$  y  $P_{vsE}$  para diferentes espesores de la capa de ferrita de bismuto en bicapas de  $\text{BiFeO}_3/\text{VO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , donde se observó un control de la polarización eléctrica variando el espesor de la capa  $\text{BiFeO}_3$  a temperatura ambiente (25 °C).

**Palabras Clave:** Películas Delgadas; Pulverización catódica DC y RF; Polarización eléctrica.

## 6.17. Caracterización estructural de catalizadores metal/zeolita mediante imágenes 3D y microscopía de alta resolución

Florian Menau<sup>1,2</sup>, Gabriel de Báfero<sup>1,2</sup>, Luiza Menente<sup>1,2</sup>, Angie Pineda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), Campinas, Brasil

<sup>2</sup>Universidad de Campinas, Campinas, Brasil

<sup>3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

alpinedam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Las zeolitas son sólidos cristalinos conocidos por su estabilidad térmica, variedad de estructuras microporosas y acidez regulable; características que permiten numerosas aplicaciones industriales, particularmente en procesos de separación y catálisis heterogéneos.

A pesar de los avances significativos, sigue siendo difícil comprender en profundidad la adsorción y difusión molecular dentro de la estructura microporosa de las zeolitas. Estas también muestran flexibilidad de estructura, lo que influye en sus propiedades químicas y catalíticas.

Este trabajo tiene como objetivo comprender cómo las deformaciones estructurales afectan la actividad catalítica de nanocristales de zeolita modificados con cobre. Para ello, se combinan técnicas avanzadas como Powder X-ray Diffraction (PXRD), X-ray Photon Correlation Spectroscopy (XPCS), Bragg Coherent Diffraction Imaging (BCDI) y High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM).

La correlación entre PXRD (información del material a granel) y BCDI (imágenes 3D de un único cristal) subraya comportamientos intrínsecos de flexibilidad y heterogeneidad en la zeolita ZSM-5. La compresión inducida por adsorción de etanol y el consiguiente incremento de defectos pueden disminuir la selectividad y la vida útil del catalizador si no se controla adecuadamente.

La presencia de cobre modera estos efectos, mejorando la uniformidad del espaciado interplanar y reduciendo tensiones internas localizadas, lo que se traduce en mayor conversión y estabilidad en la deshidratación de etanol a olefinas.

**Palabras Clave:** Zeolitas; Catálisis heterogénea; Distancia interplanar.

## 6.18. Corrección de errores cuadrupolares con el método de Salto de Acción y Fase en las regiones de interacción del Futuro Colisionador Circular o FCC

Juan Diego Torres<sup>1</sup>, Santiago Acosta<sup>2</sup>, Nicolás Manrique<sup>3</sup>, Javier Fernando Cardona<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

nmanrique@unal.edu.co

**Resumen:** Se generaliza la estimación de errores cuadrupolares equivalentes (QEE) en las regiones de interacción de aceleradores de partículas, en el contexto del método de Salto de Acción y Fase (APJ por sus siglas en inglés), al eliminar la suposición de simetrías en la red óptica, con el fin de aplicar correcciones a los errores cuadrupolares en regiones críticas del acelerador.

Se propone una ecuación que describe observables, en el marco del APJ, en la red óptica de un acelerador arbitrario en función de los QEE en cuadrupolos de corrección (CQ). Lo anterior resulta en un sistema de ecuaciones no lineales a partir del cual se extraen los valores de las correcciones a aplicar en los CQ haciendo uso de métodos numéricos, como la minimización de diferencias al cuadrado entre el modelo, parametrizado por los QEE, y los observables del sistema completo.

Esta generalización permite la aplicación del método APJ tanto en el FCC como en aceleradores de partículas que tengan o no simetrías en los valores de acción y fase en regiones críticas, ampliando la aplicabilidad del APJ a otros aceleradores, lo cual resulta conveniente al ser un método de corrección de errores cuadrupolares no invasivo al no necesitar de sensores extra ni de variación de parámetros en la red óptica.

**Palabras Clave:** Errores cuadrupolares; Corrección; Aceleradores de Partículas.

## 6.19. Medida de la distancia focal para los colores RGB

Kevin Perez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Bogotá, Bogotá, Colombia

keperez@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se diseñó y construyó un dispositivo experimental para la medición de la distancia focal efectiva de lentes delgadas, integrando componentes electrónicos accesibles, sensores digitales y una interfaz computacional personalizada.

El método de cálculo utilizado se basa en la propuesta de Mejía, que utiliza patrones de manchas generados por una matriz cuadrada de orificios para trazar rayos meridionales y, a partir de su evolución en diferentes planos axiales, determinar la distancia focal con corrección por aberración esférica primaria.

En particular, se emplea la diferencia de altura entre imágenes en dos posiciones para refinar el cálculo de la distancia focal. Se aplicó este método a una lente doblete acromática utilizando filtros rojo, verde y azul, y los resultados obtenidos concuerdan de forma notable con los valores proporcionados por el fabricante, validando así la precisión del sistema.

A pesar de su efectividad, se identificaron posibles fuentes de error, como el desconocimiento de la calidad de las lentes de colimación y la potencia de la fuente luminosa, que representan oportunidades de mejora.

El proyecto demuestra que es posible construir herramientas ópticas de alta precisión y gran versatilidad con recursos limitados, con potencial de aplicación futura en sistemas ópticos más complejos, automatizados y portátiles.

**Palabras Clave:** Distancia focal; aberración esférica; arduino; patrones de manchas; sistema óptico; procesamiento de imágenes.

## 6.20. Diseño y Construcción del Primer Telescopio de Muones Atmosféricos de la Universidad de Antioquia

Camilo Ospinal<sup>1</sup>, Sebastián Quinchía<sup>1</sup>, Diego Acosta<sup>1</sup>, Luis Felipe Ramírez<sup>1</sup>, Soleil Niño<sup>1</sup>, Estefanía Zapata<sup>1</sup>, Deivy Mercado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

camilo.ospinal@udea.edu.co

**Resumen:** Se presenta el diseño y construcción de un telescopio para el mapeo de la distribución angular de muones atmosféricos y su monitoreo en tiempo real en la ciudad de Medellín, aunque su diseño portable permite usarlo en cualquier lugar.

El telescopio está constituido por un arreglo lineal de dos centelladores de NaI(Tl) configurados para la detección de coincidencias y acoplados mecánicamente a una montura tipo Dobson, logrando así una resolución de  $10^\circ$  en la dirección polar.

La adquisición de las señales de coincidencia se efectuó a través de dos tarjetas de adquisición de datos controladas desde una aplicación en LabView, que permite, entre otras cosas, la construcción del histograma de eventos y el monitoreo remoto.

Con este telescopio se obtuvieron datos que comprueban la naturaleza poissoniana de la radiación cósmica natural en la superficie terrestre, además de una distribución angular de coincidencias que sigue aproximadamente una ley de  $\cos^2 \phi$ .

El diseño y construcción de este tipo de facilidades representa un avance en la dirección del desarrollo del campo de la instrumentación científica en el país, específicamente apuntando en la dirección de detección de eventos físicos y astrofísicos en canales no convencionales.

**Palabras Clave:** Muones; Rayos cósmicos; Telescopio; Instrumentación Astronómica.

## 6.21. Ice accretion on a NACA 4415 airfoil

R. Avella<sup>1</sup>, JP Rubio<sup>2</sup>, L. Mónico<sup>3</sup>, D. Grajales<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fundación Universitaria Los Libertadores, Faculty of Engineering and Basic Sciences, Department of Aeronautical Engineering, Bogotá, Colombia

<sup>4</sup>Universidad EAN, Faculty of Engineering, Bogotá, Colombia

nybalbuenaj@libertadores.edu.co

**Abstract:** Ice formation on aircraft surfaces presents a significant challenge in aviation, affecting flight safety, efficiency, and operational costs. This study focuses on the NACA 4415 airfoil, a widely used aerodynamic profile, to investigate the conditions under which ice accretion occurs and its impact on aerodynamic performance.

Using the International Standard Atmosphere (ISA) model, the behavior of air properties—temperature, pressure, and density—is analyzed as a function of altitude. A potential flow model is employed to examine pressure distributions over the airfoil surface under varying conditions of velocity, angle of attack, and atmospheric parameters.

The results reveal critical insights into the interplay between aerodynamic and environmental factors leading to ice accretion. At lower altitudes, higher air density increases total pressure, raising the likelihood of ice formation near stagnation points. Conversely, at higher altitudes, reduced air density lowers total pressure, mitigating icing risks but introducing aerodynamic challenges such as reduced lift.

This study highlights the importance of understanding pressure gradients, aerodynamic loads, and environmental thresholds to improve predictive models and mitigation strategies for aircraft operating in icing-prone environments.

**Keywords:** Airborne Wind Energy Systems; renewable energy; Ground-Gen systems; Fly-Gen systems; PT611 engine; bio fuels; Ram air turbine.

## 6.22. Chemical treatments to improve electrical performance of Silver Nanowire Transparent Electrodes

Andrés Mauricio Bernal Forigua<sup>1</sup>, Ángel Miguel Ardila Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

ambernalf@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

**Abstract:** Silver nanowire (AgNW) thin films have emerged as a viable replacement for indium tin oxide (ITO) in transparent conductive electrodes (TCEs), widely used in optoelectronic devices such as OLEDs, QLEDs, solar cells, and touch screens. Despite their excellent transparency and flexibility, a major limitation of AgNW films is the relatively high contact resistance at the nanowire junctions, which restricts their electrical performance.

In this work, we report a simple, low-cost, and scalable post deposition chemical treatment aimed at improving the electrical conductivity of AgNW films. The process consists of immersing the films in aqueous solutions of various halide salts (NaF, LiCl, NaCl, KCl, KI) for short time intervals to initiate surface redox reactions. These reactions promote the partial oxidation of silver and subsequent redeposition of  $Ag^+$  ions at nanowire intersections, enhancing interwire contact through a localized recrystallization or “nano welding” process.

The treatment yielded substantial reductions in sheet resistance, with the highest improvement (53 %) observed for NaF-treated films. A saturation effect in conductivity enhancement was identified between 15 and 20 seconds of immersion for all tested salts.

Surface analysis confirmed structural modifications predominantly at the wire junctions, which are responsible for the improved electrical connectivity without compromising optical transparency and surface morphology.

These results demonstrate that halide-based chemical treatments offer an effective and practical route for enhancing the performance of AgNW-based electrodes, positioning them as a strong candidate for optoelectronic technologies.

**Keywords:** Silver Nanowires; Transparent Conductive Electrodes; Chemical Treatment; Halide Salts; Sheet Resistance.

**Autor de correspondencia:** ambernalf@unal.edu.co, amardilav@unal.edu.co

**Modalidad:** Oral.

### 6.23. Análisis comparativo entre el método convencional y el método APJ usando simulaciones MAD-X

J.D. Torres<sup>1</sup>, J. Cardona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jtorrespe@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta un análisis comparativo entre el método convencional para describir las trayectorias mediante funciones ópticas y el método Salto de Acción y Fase (APJ por sus siglas en inglés), utilizando datos obtenidos mediante simulaciones en el software MAD-X. El objetivo principal es evaluar la validez y precisión del método APJ frente al método convencional, en distintos escenarios de error en un acelerador, comparando ambos con los datos de la simulación.

Se llevaron a cabo simulaciones bajo diversas condiciones: una configuración ideal sin errores, presencia de errores de gradiente, errores no lineales y errores skew. Para cada caso, se aplicaron ambos métodos de análisis y se compararon los resultados obtenidos.

Los resultados muestran que, mientras el método convencional presenta desviaciones significativas en configuraciones con errores, especialmente en presencia de errores skew o de orden superior, el método APJ mantiene una notable consistencia en todos los escenarios. Esta robustez se debe a su capacidad para extraer la dinámica lineal a partir de las acciones y los saltos de fase, incluso en condiciones no ideales.

Se concluye que el método APJ no solo es válido en configuraciones ideales, sino que también ofrece una alternativa confiable para la caracterización óptica de aceleradores en presencia de errores. Esto lo convierte en una herramienta valiosa para estudios de diagnóstico de máquinas y validación de modelos en condiciones realistas.

**Palabras Clave:** Cinemática de haces; Action and Phase Jump (APJ); Método convencional; Simulación MAD-X.

**Autor de correspondencia:** jtorrespe@unal.edu.co

## 6.24. Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física

Alejandro Vela Morales<sup>1</sup>, Gonzalo Edgardo Pedraza G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Programa de Física, Neiva, Colombia

u20201188557@usco.edu.co

**Resumen:** Este estudio propone analizar el comportamiento del flujo vehicular en el paso elevado entre la Universidad Surcolombiana y la clínica "Medilaser.<sup>en</sup> Neiva, con el objetivo de caracterizar las condiciones de flujo en los pasos peatonales elevados y, consecuentemente, generar conciencia sobre la cultura vial.

El paso elevado es una estructura diseñada para optimizar el flujo de tráfico y reducir puntos de conflicto, donde su uso es solo para peatones, pero su eficacia depende en gran medida del comportamiento de los usuarios. Se aplicarán conceptos físicos fundamentales y la interacción de elementos en un sistema, tratando el tráfico como un sistema dinámico complejo donde las decisiones individuales impactan el colectivo.

Utilizando datos reales del flujo vial, se simulará como autómatas celulares en un entorno virtual y controlado el comportamiento de los actores viales. Los resultados buscarán evidenciar cómo conceptos físicos revelan patrones de uso inadecuado del paso elevado, la falta de empatía entre conductores y peatones, y la transgresión de normas de tránsito.

Por ejemplo, se registran cifras significativas de siniestros viales anualmente, muchos de ellos atribuibles a imprudencia y falta de cultura ciudadana. Se espera concluir que la física ofrece herramientas predictivas y analíticas poderosas para entender dinámicas complejas del mundo real, contribuyendo no solo a la promoción de una mejor cultura vial, sino también destacando la relevancia de la ciencia en la solución de problemas cotidianos y la sensibilización social hacia un entorno urbano más seguro y armónico.

**Palabras Clave:** Física aplicada; Flujo vehicular; Simulación Python.

**Autor de correspondencia:** u20201188557@usco.edu.co

## 6.25. Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones

Julian Francisco Pinchao Ortiz<sup>1</sup>, Gloria Alexandra Moncayo Gamez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Instituto de Física, Medellín, Colombia

`jfrancisco.pinchao@udea.edu.co`

**Resumen:** Este trabajo presenta el estado del arte de la gravimetría cuántica, una técnica innovadora para medir con alta precisión la aceleración gravitatoria mediante átomos ultrafríos.

Se explican sus fundamentos teóricos, partiendo del Hamiltoniano de un electrón en un átomo, donde se analiza su transición de un estado base  $|g\rangle$  a uno excitado  $|e\rangle$  al interactuar con un campo electromagnético.

A partir de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo, se estudian las ecuaciones de movimiento en el espacio de momentum para un sistema de dos niveles, utilizando estados  $|g, p\rangle$  y  $|e, p'\rangle$ .

La técnica emplea átomos enfriados a temperaturas del orden de  $\mu\text{K}$ , los cuales luego son liberados en caída libre hacia un interferómetro de Mach-Zehnder. Este dispositivo permite analizar el patrón de interferencia generado, a partir del cual se determina con gran precisión el valor de la aceleración gravitatoria  $g$ .

Las aplicaciones de esta tecnología abarcan áreas como la metrología, geofísica, geodesia y geodinámica. Mejora la precisión en la medición de  $g$ , facilita el estudio de la estructura interna terrestre, la detección de recursos naturales y el monitoreo volcánico y sísmico.

También tiene gran potencial para misiones espaciales, cartografía de cuerpos celestes y pruebas de teorías fundamentales como la relatividad general.

Con el avance en el desarrollo de estos dispositivos, se espera alcanzar resoluciones menores a  $10^{-9}g$  y una mayor accesibilidad gracias a la aparición de gravímetros cuánticos comerciales. En el futuro, se busca contribuir al desarrollo e implementación de esta tecnología.

**Palabras Clave:** Gravimetría cuántica; Átomos ultrafríos; Interferometría Mach-Zehnder; Aceleración gravitatoria.

## 6.26. Desarrollo de un Espectrógrafo de Impedancia Basado en EVAL-ADMX2001 con Interfaz en Python

Mario Ricardo Montero Hurtado<sup>1</sup>, Juan Carlos Alvares Navarro<sup>2</sup>, Francisco Juan Racedo Niebles<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad del Atlántico, Grupo de Espectroscopía y Emisión Láser GEOEL, Barranquilla, Atlántico  
mrmontero@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** Este proyecto consistió en el desarrollo de un espectrógrafo de impedancia basado en el módulo EVAL-ADMX2001 de Analog Devices, controlado a través de una aplicación en Python con interfaz gráfica en Dash. El objetivo principal fue crear una herramienta sencilla, intuitiva y precisa para la caracterización de circuitos eléctricos básicos y, en etapas futuras, de sistemas más complejos.

La aplicación desarrollada permitió al usuario configurar parámetros de medición (frecuencia inicial y final, número de puntos, amplitud de señal y promedios), ejecutar procedimientos de calibración estándar (Open, Short y Load) mediante un asistente guiado, y visualizar los resultados en tiempo real a través de diagramas de Bode (magnitud y fase) y diagramas de Nyquist (parte real vs parte imaginaria de la impedancia).

Los datos obtenidos pudieron exportarse en formatos comunes como CSV o Excel, lo que facilitó su análisis y documentación. Para validar el funcionamiento del sistema, se realizaron mediciones experimentales de circuitos RC, RL y RLC con valores conocidos, comparando las respuestas obtenidas con los modelos teóricos:

$$Z_{RC} = R + \frac{1}{j\omega C}, \quad Z_{RL} = R + j\omega L, \quad Z_{RLC} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}.$$

Esta metodología permitió comprobar la precisión del espectrógrafo y la correcta implementación de los métodos de calibración. El resultado obtenido fue una plataforma de software en Python/Dash, portable y extensible, que permitió a estudiantes, investigadores e ingenieros disponer de un sistema económico y flexible para la caracterización de impedancias.

**Palabras Clave:** Espectrógrafo de impedancia; EVAL-ADMX2001; Análisis de impedancia.

## 6.27. Gravimetría Cuántica: Fundamentos y Aplicaciones

Julian Francisco Pinchao Ortiz<sup>1</sup>, Gloria Alexandra Moncayo Gamez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

`jfrancisco.pinchao@udea.edu.co`

**Resumen:** Este trabajo presenta el estado del arte de la gravimetría cuántica, una técnica innovadora para medir con alta precisión la aceleración gravitatoria mediante átomos ultrafríos.

Se explican sus fundamentos teóricos, partiendo del Hamiltoniano de un electrón en un átomo, donde se analiza su transición de un estado base  $|g\rangle$  a uno excitado  $|e\rangle$  al interactuar con un campo electromagnético.

A partir de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo, se estudian las ecuaciones de movimiento en el espacio de momentum para un sistema de dos niveles, utilizando estados  $|g, p\rangle$  y  $|e, p'\rangle$ .

La técnica emplea átomos enfriados a temperaturas del orden de  $\mu\text{K}$ , los cuales luego son liberados en caída libre hacia un interferómetro de Mach-Zehnder. Este dispositivo permite analizar el patrón de interferencia generado, a partir del cual se determina con gran precisión el valor de la aceleración gravitatoria  $g$ .

Las aplicaciones de esta tecnología abarcan áreas como la metrología, geofísica, geodesia y geodinámica. Mejora la precisión en la medición de  $g$ , facilita el estudio de la estructura interna terrestre, la detección de recursos naturales y el monitoreo volcánico y sísmico. También tiene gran potencial para misiones espaciales, cartografía de cuerpos celestes y pruebas de teorías fundamentales como la relatividad general.

Con el avance en el desarrollo de estos dispositivos, se espera alcanzar resoluciones menores a  $10^{-9}g$  y una mayor accesibilidad gracias a la aparición de gravímetros cuánticos comerciales. En el futuro, se busca contribuir al desarrollo e implementación de esta tecnología.

**Palabras Clave:** Gravimetría Cuántica; Átomos ultrafríos; Interferometría Mach-Zehnder; Aceleración gravitatoria.

## 6.28. Ruido de fase y varianza de Allan en osciladores de cesio 5071A: medición, modelado y límites de estabilidad

J. Javier De la Ossa<sup>1</sup>, Nelson Bahamón Cortés<sup>2</sup>, Miguel Andrés Garnica López<sup>3</sup>, Claudia Fernanda Rodríguez Rodríguez<sup>2</sup>, Alexander Gutiérrez Guevara<sup>2</sup>, Andrés David Rodríguez Salas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Metrología (INM), Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Armada Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

`jjavierdelaossa@mail.uniatlantico.edu.co`

**Resumen:** Se presenta un estudio experimental y de modelado sobre el ruido de fase y la varianza de Allan en un oscilador atómico comercial 5071A, orientado a cuantificar su estabilidad temporal en escalas de corto a largo plazo y a identificar las fuentes dominantes de inestabilidad mediante el enfoque de ley de potencias.

Las mediciones de ruido de fase se realizaron por espectro directo con un analizador 53100A, en ventanas de 10 min, 1 h, 2 h, 8 h y 3 días, a 10 MHz y 5 MHz. A partir de medir  $L(f)$  se estimó la densidad  $S_{\phi}(f)$  y se integró la función de transferencia para obtener la desviación de Allan  $\sigma_y(\tau)$ , validando tendencias con análisis de pendientes y comparando el desempeño por banda de integración.

En tiempos cortos ( $<10$  s) se observó un régimen oscilatorio que decae con el aumento de  $\tau$ , consistente con la atenuación de fluctuaciones rápidas de fase; para  $10$  s– $10^3$  s predominó el ruido blanco, alcanzándose un piso de ruido que antecede a la emergencia de procesos de camino aleatorio a tiempos más largos.

Con 3 días de integración, la señal de 5 MHz—disciplinada con 1 PPS—mostró mejor estabilidad relativa que 10 MHz, con separación típica 4.6 dB en  $\sigma_y(\tau)$  en el rango intermedio y un piso de Allan del orden de  $10^{-13}$  en las mejores condiciones.

El ajuste por ley de potencias indicó contribuciones dominantes de ruido blanco y, a largo plazo, de caminata aleatoria de frecuencia. Estos resultados establecen las limitaciones de estabilidad del 5071A y proveen parámetros cuantitativos para su uso y mejora en escalas de tiempo y aplicaciones metrológicas exigentes.

**Palabras Clave:** Ruido de fase; Varianza de Allan; Estabilidad.

**Autor de correspondencia:** `jjavierdelaossa@mail.uniatlantico.edu.co`

## 6.29. Diseño de un modulador electro-óptico de espacio libre para estabilización láser con cavidad extendida

Carlos Mora<sup>1</sup>, Juan Álvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

cmmora@est.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** Los moduladores electro-ópticos (EOM) son dispositivos esenciales en aplicaciones como la espectroscopía, comunicaciones ópticas y fotónica cuántica. Sin embargo, su alto costo los hace inaccesibles para muchos laboratorios con recursos limitados. Este trabajo presenta resultados parciales del diseño y construcción de un EOM de espacio libre y bajo costo, destinado para aplicaciones en la estabilización en amplitud y/o frecuencia de un diodo láser con cavidad extendida.

Debido a características como el alto coeficiente electro-óptico, birrefringencia y baja higroscopicidad, se escogió como cristal modulador el niobato de litio ( $\text{LiNbO}_3$ ). Como primer paso, se desarrolló un modelo matemático del modulador basado en las dimensiones del cristal, con el cual se obtuvo el voltaje de media onda ( $V_\pi$ ) teórico de 0.74 kV. Asimismo, se caracterizó el cristal experimentalmente, midiendo su capacitancia y transmitancia óptica en el rango 200–1000 nm.

Se reportan además las curvas de potencia de salida como función de la temperatura y otra en función del voltaje aplicado al cristal, esta última permitió determinar el valor experimental del voltaje  $V_\pi$ .

Una segunda parte involucra la construcción de un circuito resonante RLC, siendo el cristal la parte capacitiva del circuito, con el fin de que el equipo diseñado pueda ser utilizado en la técnica Pound–Drever–Hall para la estabilización en frecuencia de un diodo láser con cavidad extendida centrado a 780 nm, demostrando así una alternativa viable y económica a los dispositivos comerciales y su futura implementación en espectroscopía de alta resolución.

**Palabras Clave:** Modulador electro-óptico; Estabilización láser; Efecto electro-óptico; Pound–Drever–Hall.

## 6.30. Desarrollo e implementación de un detector portátil de partículas

Luigui Joel Miranda Leuro<sup>1</sup>, Diego Castillo-Morales<sup>2</sup>, Christian Sarmiento-Cano<sup>1,3</sup>, Luis A. Nuñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física - Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

<sup>2</sup>Eco-Nuclear, Bucaramanga, Colombia

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia

luigui2248385@correo.uis.edu.co

**Resumen:** Los detectores de partículas suelen ser costosos, difíciles de adquirir y, en muchos casos, dependen de software propietario que limita su integración con otros sistemas. A esto se suma la necesidad de conectores especializados poco accesibles en el mercado, lo que complica su implementación. En contraste, nuestro detector de rayos cósmicos está diseñado con componentes comerciales de fácil acceso y basado en software libre para la gestión y el procesamiento de datos, lo que amplía su adaptabilidad a diferentes aplicaciones.

Este detector es compacto y portátil, compuesto por una placa centelladora de  $8 \times 4 \times 1$  cm<sup>3</sup> acoplada a un fotomultiplicador de silicio (SiPM). La señal del SiPM es procesada por un microcontrolador Raspberry Pi Pico, lo que permite la medición de eventos en tiempo real.

El dispositivo cuenta con indicadores LED para eventos y coincidencias, además de una pantalla OLED que despliega la información. Asimismo, varios detectores pueden interconectarse mediante Ethernet para realizar mediciones en coincidencia. Con un consumo de apenas 0,4 W, alimentación por USB y un peso aproximado de 200 g, el sistema resulta altamente portátil.

Este proyecto presenta un detector completamente ensamblado en Colombia, acompañado de un manual guía que abarca desde la construcción inicial hasta su puesta en funcionamiento, reduciendo posibles errores en su uso.

El dispositivo constituye una herramienta versátil para prácticas de laboratorio en detección de partículas, muografía y espectrometría, así como para la realización de experimentos de coincidencia utilizando múltiples detectores interconectados.

**Palabras Clave:** Rayos cósmicos; Detector portátil; Instrumentación científica; Detección de radiación.

**Autor de correspondencia:** luigui2248385@correo.uis.edu.co

### 6.31. Preparation of YBCO-BYTO and YBCO-BZO nanostructured superconducting films by chemical method

Paula Garcés<sup>1</sup>, Héctor Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Aviación del Ejército (ESAVE), Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

paug76@gmail.com

**Resumen:**  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}\text{-Ba}_2\text{YTaO}_6$  6 % (YBCO-BYTO 6 %) and  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}\text{-BaZrO}_3$  10 % (YBCO-BZO 10 %) nanostructured films were grown by the Chemical Solution Deposition method (CSD), and compared with YBCO pure films.

Films were deposited on YSZ substrates, with  $\text{Ce}_{0,9}\text{Zr}_{0,1}\text{O}_2$  and  $\text{Ce}_{0,6}\text{Zr}_{0,4}\text{O}_2$  buffer layers. They were characterized by GADDS X-ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM) and inductive (SQUID) measurements of the critical temperature ( $T_c$ ) and critical current density ( $J_c$ ).

It was found that YBCO-BZO10 % films presented better superconducting properties ( $T_c = 89.2$  K and  $J_c = 1.3$  MA/cm<sup>2</sup>), probably due to an enhanced pinning force, originated by BZO nanoparticles. Additionally, it was found that these films have lower reactivity with the buffer layer.

**Palabras Clave:** Nanostructured films; CSD; Buffer layers.

**Autor de correspondencia:** paug76@gmail.com

## 6.32. Desarrollo de un Espectrógrafo de Impedancia Basado en EVAL-ADMX2001 con Interfaz en Python

Mario Ricardo Montero Hurtado<sup>1</sup>, Juan Carlos Alvares Navarro<sup>2</sup>, Francisco Juan Racedo Niebles<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad del Atlántico, Grupo de Espectroscopía y Emisión Láser GEOEL, Barranquilla, Atlántico  
mrmontero@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** Este proyecto consistió en el desarrollo de un espectrógrafo de impedancia basado en el módulo EVAL-ADMX2001 de Analog Devices, controlado a través de una aplicación en Python con interfaz gráfica en Dash. El objetivo principal fue crear una herramienta sencilla, intuitiva y precisa para la caracterización de circuitos eléctricos básicos y, en etapas futuras, de sistemas más complejos.

La aplicación desarrollada permitió al usuario configurar parámetros de medición (frecuencia inicial y final, número de puntos, amplitud de señal y promedios), ejecutar procedimientos de calibración estándar (Open, Short y Load) mediante un asistente guiado, y visualizar los resultados en tiempo real a través de diagramas de Bode (magnitud y fase) y diagramas de Nyquist (parte real vs parte imaginaria de la impedancia).

Los datos obtenidos pudieron exportarse en formatos comunes como CSV o Excel, lo que facilitó su análisis y documentación. Para validar el funcionamiento del sistema, se realizaron mediciones experimentales de circuitos RC, RL y RLC con valores conocidos, comparando las respuestas obtenidas con los modelos teóricos:

$$Z_{RC} = R + \frac{1}{j\omega C}, \quad Z_{RL} = R + j\omega L, \quad Z_{RLC} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}.$$

Esta metodología permitió comprobar la precisión del espectrógrafo y la correcta implementación de los métodos de calibración. El resultado obtenido fue una plataforma de software en Python/Dash, portable y extensible, que permitió a estudiantes, investigadores e ingenieros disponer de un sistema económico y flexible para la caracterización de impedancias.

**Palabras Clave:** Espectrógrafo de impedancia; EVAL-ADMX2001; Análisis de impedancia.

### 6.33. Preparación y Caracterización de Biocueros en base a Almidón y Borra de Café

J. Rodríguez-Cardenas<sup>1</sup>, F. Fajardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

[jhrodriguezca@unal.edu.co](mailto:jhrodriguezca@unal.edu.co)

**Resumen:** En este trabajo se sintetizaron y caracterizaron algunas propiedades de materiales poliméricos biodegradables preparados a partir de almidón de maíz y borra de café, con el fin de ofrecer alternativas sostenibles a los polímeros sintéticos convencionales.

Los bioplásticos se formularon variando la concentración de almidón de maíz para analizar su efecto sobre propiedades ópticas y mecánicas. La caracterización mediante espectroscopía UV-Vis evidenció una disminución progresiva de la transmitancia y un aumento de la resistencia del material, a medida que se incrementaba la concentración de maíz. La adición de glicerina en la matriz polimérica incrementó la flexibilidad. Posteriormente, se incorporó borra de café como refuerzo lignocelulósico, obteniendo un biocompuesto tipo “biocuero”.

Los análisis mecánicos y acústicos mediante un tubo de Kundt, mostraron que el almidón aportó rigidez estructural, reduciendo el amortiguamiento interno, mientras que la borra de café genera una microestructura porosa que favorece la disipación sonora, alcanzando pérdidas de transmisión superiores a 60 dB en frecuencias medias y altas, comparables con materiales comerciales.

De lo anterior se ve que los biocueros a base de borra de café tienen un potencial como una alternativa técnica y ambientalmente viable para empaques sostenibles y aislamiento sonoro, contribuyendo a la economía circular y a la reducción del uso de plásticos sintéticos.

**Palabras Clave:** Bioplásticos; Almidón de maíz; Absorción Acústica; Tubo de Kundt.

**Autor de correspondencia:** [jhrodriguezca@unal.edu.co](mailto:jhrodriguezca@unal.edu.co)

## 6.34. Implementación de la técnica de Espectroscopía de Absorción Saturada para la determinación experimental de la constante de acoplamiento de estructura hiperfina de la línea D1

Miguel Ortiz<sup>1</sup>, Juan Álvarez<sup>1</sup>, Rafael Sarmiento Mercado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

miguelaortiz@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** En el presente trabajo se describe el procedimiento teórico y experimental para la determinación de la constante de acoplamiento de la estructura hiperfina de la línea D1 de los isótopos <sup>85</sup>Rb y <sup>87</sup>Rb.

Para la parte experimental, se implementó el montaje óptico de la técnica Espectroscopía de Absorción Saturada (SAS), en la que se utilizó un láser de cavidad extendida (ECDL) en configuración Littrow, ajustado alrededor de 795 nm correspondiente a la longitud de onda de la línea D1 del Rubidio.

En la determinación de la separación de la estructura hiperfina se empleó un interferómetro Fabry-Perot (FP) como referencia, cuyo Rango Libre Espectral (FSR) se determinó con precisión modulando la corriente del láser, con el objetivo de crear bandas laterales de referencia a los lados del perfil de transmisión del FP.

Una vez que fue caracterizado el FP se obtuvieron de forma simultánea el espectro de absorción saturada y el perfil de transmisión del FP y a partir de él se determinaron las separaciones de la estructura hiperfina con las cuales se calculó la constante de acoplamiento de la estructura hiperfina.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores reportados por la literatura.

**Palabras Clave:** Rubidio; Espectroscopía de absorción saturada; Estructura hiperfina; Línea D1; Interferómetro Fabry-Perot; ECDL.

### 6.35. Diagnóstico de plasma en descarga luminiscente con cátodo de solución

Camilo Andres Guerrero Martinez<sup>1</sup>, Rafael Ángel Sarmiento Mercado<sup>2</sup>, Jaime Orejas Ibáñez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Oviedo, Oviedo, España

candresguerrero@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** El objetivo de este trabajo fue medir la temperatura de excitación y la densidad electrónica de plasmas generados mediante técnicas de descarga luminiscente en soluciones líquidas de distinta composición y concentración.

Se trabajó con soluciones de etanol, metanol, ácido fórmico, ácido nítrico y ácido clorhídrico, cuyas concentraciones variaron entre 0,5 % y 7 %, dependiendo del compuesto.

Para el diagnóstico de los plasmas se utilizó espectroscopía de emisión, aplicando la técnica de razón de líneas (*line ratios*) sobre las líneas de hidrógeno  $H\alpha$  y  $H\beta$  para determinar la temperatura de excitación.

Las mediciones se realizaron manteniendo una corriente constante de 80 mA, con tiempos de exposición promedio de 0,02 s, ganancia de 100 y empleando un espectrógrafo Princeton Spectrapro2500i con anchura de rendija de 60  $\mu\text{m}$ .

Los resultados muestran que, en la mayoría de los casos, las temperaturas de excitación y densidades electrónicas se mantuvieron estables a lo largo de las distintas concentraciones evaluadas.

No obstante, en las soluciones de ácido clorhídrico se observó una leve disminución de la temperatura de excitación con el aumento de concentración.

Estos hallazgos contribuyen a una mejor comprensión de las propiedades físicas de plasmas líquidos y abren posibilidades para optimizar procesos como análisis elemental.

**Palabras Clave:** Temperatura de excitación; Densidad electrónica; Espectroscopía de emisión.

**Autor de correspondencia:** candresguerrero@mail.uniatlantico.edu.co

## 6.36. Cuantificación óptica de viabilidad celular en ensayos MTT mediante el sensor RGB TCS3200

Mishelle Mariana Pinzón Martínez<sup>1</sup>, Beynor Antonio Páez Sierra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia

est.mishelle.pinzon@unimilitar.edu.co

**Resumen:** Se presenta el diseño y ejecución de un sistema óptico para cuantificar la viabilidad celular en ensayos MTT, implementando el sensor RGB TCS3200 basado en la conversión espectral de color. El propósito es establecer una alternativa de bajo costo frente a la espectrofotometría convencional, manteniendo un estándar físico estricto en la captura y análisis de la señal óptica.

El sistema incluye una lente acromática 4X para reducir aberraciones esféricas y cromáticas, garantizando un plano focal uniforme en los pozos de la microplaca. Asimismo, se incorpora un anillo de luz LED que estandariza las condiciones lumínicas, disminuyendo el ruido por dispersión externa y corrigiendo la intensidad.

El sensor traduce los cambios de absorción del formazán en frecuencias específicas para los canales rojo, verde y azul; estas señales se digitalizan y normalizan mediante curvas de calibración definidas previamente. Se incluye un pozo testigo como referencia, lo que asegura linealidad en la respuesta espectral.

Actualmente, el estudio se encuentra en fase de construcción y calibración del sistema, con el fin de establecer curvas de referencia que correlacionen las señales ópticas del sensor con la viabilidad celular. Para la validación se emplearán las líneas celulares MCF-7 y MDA-MB-231, modelos ampliamente utilizados en oncología experimental.

Este trabajo demuestra que es posible combinar principios ópticos y dispositivos electrónicos económicos en aplicaciones biomédicas, resaltando la relevancia de los enfoques físicos en el análisis de sistemas celulares.

**Palabras Clave:** Ensayo MTT; Espectrofotometría; Detección espectral.

**Agradecimientos:** El presente trabajo fue desarrollado en el marco del Proyecto INV-CIAS3952 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

**Autor de correspondencia:** mishelle.pinzon@unimilitar.edu.co

### 6.37. Influencia del grado de madurez de la cáscara de naranja en las propiedades ópticas de puntos de carbono obtenidos por síntesis hidrotermal

Juan Pablo Ocampo Arias<sup>1</sup>, Gabriela E. Diaz<sup>1</sup>, Angela Janet García-Salcedo<sup>1</sup>, Liliana Tirado-Mejía<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

juanp.ocampo@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Los puntos de carbono son nanomateriales con aplicaciones de sensado óptico y bioimagen, por sus propiedades de fotoluminiscencia. Sus características dependen en gran medida de las condiciones de síntesis y del tipo de precursor utilizado, cuando estas partículas se sintetizan a partir de materiales orgánicos y subproductos vegetales.

En este trabajo se presentan resultados del efecto del estado de maduración de la cáscara de naranja Valencia sobre las propiedades ópticas de los puntos de carbono producidos mediante síntesis hidrotermal. Se sintetizaron puntos a partir de cáscaras en tres etapas de maduración a temperaturas de 160 °C, 190 °C y 220 °C.

Se evaluaron propiedades ópticas de fotoluminiscencia y absorción en el infrarrojo medio y en el UV-Vis, así como de tamaño de partícula. Los puntos de carbono obtenidos a 220 °C a partir de cáscaras en alto grado de madurez presentaron en FTIR mayores intensidades de emisión entre 500 nm y 550 nm, atribuidas a un mayor grado de carbonización que favoreció la presencia de grupos funcionales como carbonilos, hidroxilos y dobles enlaces conjugados.

Los análisis UV-Vis evidenciaron picos definidos entre 280 y 360 nm. Las pruebas de dispersión dinámica de luz mostraron un mejor comportamiento coloidal al ajustar el pH a 10, evidenciando un tamaño promedio de 80 nm.

Los resultados sugieren que para este precursor maduro hay un mayor número de subproductos, mientras que para un bajo grado de madurez se favorece la formación de los puntos de carbono por el contenido de ácidos.

**Palabras Clave:** puntos de carbono luminiscentes; síntesis hidrotermal; biomasa de cáscara de naranja.

**Autor de correspondencia:** juanp.ocampo@uqvirtual.edu.co

**Agradecimientos:** Este trabajo fue financiado por la Universidad del Quindío (100016837) bajo el proyecto 1135; MINCIENCIAS (100007637) convocatoria 890 con código de proyecto 1113-890-82054 y contrato ICETEX 2022-0778.

## 6.38. Uso de la Micro:bit en física y matemáticas en bachillerato del Colegio Raíces del Futuro

Augusto Alexander Ríos Riaño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Tolima / Institución Raíces del Futuro, Ibagué, Colombia

alexanderiosriano@gmail.com, aariosr@ut.edu.co

**Resumen:** El objetivo: Fortalecer el aprendizaje de las matemáticas y la física, activando la experimentación y el desarrollo de competencias tecnológicas, mediante la implementación de la tarjeta micro:bit en el Colegio Raíces del Futuro de la ciudad de Ibagué (Tolima).

La metodología se basa en la integración de la Micro:bit en proyectos interdisciplinarios transversales, utilizando sus componentes incorporados en la tarjeta (matriz de LED, botones, acelerómetro, brújula y sensores) para diseñar experiencias educativas en física, matemáticas, robótica y electrónica. En la tarjeta se emplean entornos de programación visual por bloques, adecuados para facilitar la comprensión y la participación estudiantil.

El proyecto se desarrolla dentro de la estrategia del Ministerio de Educación Nacional y MinTIC, a través del programa PTA y los “Centros de Interés STEAMATICZATE”, en los que se promueven iniciativas en ciencia, tecnología, física, biología, arte y matemáticas.

En esta fase inicial, se han realizado experimentos de medición de uso del acelerómetro, recolección de datos y representación gráfica en el área de matemáticas. Se han efectuado exposiciones en las que los estudiantes han presentado avances significativos en la aplicación de la Micro:bit.

Se concluye que esta herramienta favorece la motivación, la creatividad y la resolución de problemas, consolidando un aprendizaje práctico y contextualizado, y fortaleciendo competencias digitales y de pensamiento computacional, esenciales para el siglo XXI.

**Palabras Clave:** Micro:bit; Enseñanza activa; Pensamiento computacional.

**Autor de correspondencia:** alexanderiosriano@gmail.com

### 6.39. Paleomagnetic Dating of Volcanic Products: a Case Study of Cerro Bravo Volcano, Colombia

Yadira Alexandra Cubides-Gallego<sup>1</sup>, Victoria Mejia<sup>2</sup>, Beatriz Elena Galvis-Arenas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>3</sup>Servicio Geológico Colombiano, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, Manizales, Colombia

vmejiab@unal.edu.co

**Resumen:** Directional paleomagnetic results from Cerro Bravo volcano (Colombia) were used to obtain paleomagnetic dates by confronting paleomagnetic directional results with secular variation curves derived from Earth's field models SHA.DIF.14k, gufm1 and IGRF-13 that altogether span the past 14 ka.

The study involves paleomagnetic sampling of 10 sites, each one representing a volcanic flow, and routine field and laboratory procedures oriented at obtaining highly accurate and precise paleomagnetic results. Site-mean directions were considered successful if obtained from at least 4 samples, had  $\alpha_{95} \leq 7^\circ$  and  $kappa > 50$ . Two sites did not yield interpretable paleomagnetic results, 2 sites did not pass the selection quality criteria and 6 sites passed the selection quality criteria. Among the six selected sites, only four had paleomagnetic directions that coincided at least at one point with the secular variation curves.

To help guide the process of data interpretation, sampled sites were located in a map of a recently published study of the evolution of Cerro Bravo volcano. Successful paleomagnetic results correspond to the San Fernando (two sites), the Brasil (three sites) and El Doce (one site) building stages. Paleomagnetic dates of roughly 8 Ka for the two San Fernando stage sites, and 0.7 Ka for one of the three Brasil sites (the other two sites appear to be displaced) are consistent with the mentioned study. Site from El Doce stage is older than the age-range of the used secular variation curves.

**Palabras Clave:** Paleomagnetic dating; Cerro Bravo volcano; Secular variation.

**Autor de correspondencia:** vmejiab@unal.edu.co

## 6.40. Análisis fotocatalítico de la degradación de rodamina B con puntos de carbono derivados de biomasa

Fabiola Alzate-Walteros<sup>1,2</sup>, Liliana Tirado-Mejía<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Físicas, Universidad de Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Quindío, Colombia

sfalzate@uniquindio.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo tiene como objetivo la síntesis de puntos de carbono (CDs) a partir de cáscara de plátano como precursor de biomasa, mediante un método hidrotermal, y la evaluación de su desempeño en la fotodegradación de rodamina B (RhB), un colorante ampliamente utilizado y considerado contaminante emergente.

Los CDs obtenidos fueron caracterizados estructural y ópticamente por espectroscopía infrarroja (IR), Raman y mapeo elemental, lo cual permitió confirmar la presencia de dominios  $sp^2$ , defectos estructurales y grupos oxigenados en la superficie, responsables de su comportamiento óptico y de la generación de sitios activos.

La actividad fotocatalítica de los CDs se evaluó bajo condiciones de irradiación con diferentes fuentes de luz: blanca (10 W), ultravioleta (26 W) y azul (30 W), mientras que la evolución del proceso se monitoreó a través de espectroscopía UV-Vis, registrando los cambios en la banda principal de absorción de RhB (554 nm).

Los resultados preliminares mostraron una disminución progresiva en la intensidad de absorción del colorante, lo que sugiere la generación de especies reactivas de oxígeno a partir de la excitación de los CDs, promoviendo reacciones de descomposición y ruptura estructural de las moléculas de RhB, efecto corroborado por análisis espectroscópicos adicionales.

En conclusión, los CDs exhiben un papel dual como fotosensibilizadores y agentes estabilizantes. Esta doble funcionalidad favorece tanto la generación de especies reactivas bajo irradiación como la estabilidad coloidal del sistema, lo que en conjunto potencia su desempeño en la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos en medios acuosos.

**Palabras Clave:** Fotodegradación; Rodamina B; Puntos de carbono.

**Autor de correspondencia:** sfalzate@uniquindio.edu.co

## 6.41. Pruebas de oclusión y ruido aplicadas a la imagen encriptada de un sistema de encriptación para la autenticación de tres imágenes

Daniel Castilla<sup>1</sup>, Adolfo Montero<sup>1</sup>, Juan Vilardy<sup>2</sup>, María Millán<sup>3</sup>, Elisabet Pérez-Cabré<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Optoelectrónica y Procesamiento de Señales (OPSE), Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Óptica e Informática, Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>3</sup>Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech, Terrassa (Barcelona), España

`vilardy.juan@unicesar.edu.co`

**Resumen:** Recientemente, fue propuesto un sistema de encriptación-desencriptación basado en un correlador de transformada conjunta (Joint Transform Correlator, JTC) no lineal en el dominio de Fourier para la autenticación simultánea de tres imágenes. El plano de entrada del JTC para el sistema de encriptación es totalmente codificado en fase y está compuesto por: una imagen original a encriptar, cuatro máscaras de fases aleatorias y tres distribuciones de solo fase que contienen las tres imágenes a autenticar posteriormente.

La salida del sistema de encriptación es la imagen encriptada de valor real en el dominio de Fourier, protegida por siete claves o llaves y las no linealidades del JTC. La autenticación de las tres imágenes sucede como un proceso de verificación de la imagen de salida que proporciona el sistema de desencriptación.

La imagen encriptada del sistema de seguridad mencionada es probada en este trabajo frente a varias fuentes de degradación, tales como oclusión y ruido. Se estudia el desempeño de los procesos de desencriptación y autenticación frente al ruido aditivo y multiplicativo que pueda afectar a la imagen encriptada. De la misma forma, se comprueba la robustez del sistema de seguridad mencionado debido a la pérdida de información mediante la oclusión parcial de la imagen encriptada.

Finalmente, la robustez del sistema de seguridad mencionado es evaluada usando la métrica de la raíz del error cuadrático medio entre la imagen original a encriptar y la imagen desencriptada, frente al ruido u oclusión introducido en la imagen encriptada.

**Palabras Clave:** Sistema de encriptación y autenticación de tres imágenes; Correlador de transformada conjunta (Joint Transform Correlator, JTC); Dominio de Fourier; Ruido; Oclusión.

**Autor de correspondencia:** `vilardy.juan@unicesar.edu.co`

## 6.42. Estudio experimental de la sensibilidad del receptor IR VS1838B debido a variaciones de frecuencia

Cristian Castellano<sup>1</sup>, Andres Vergel<sup>1</sup>, Jorge Castro<sup>1</sup>, Fabio Vega<sup>1</sup>, Juan Vilardy<sup>2</sup>, Eberto Benjumea<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Optoelectrónica y Procesamiento de Señales (OPSE), Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Óptica e Informática, Departamento de Electrónica, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería, Arquitectura & Diseño, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Bolívar, Colombia

fabiovega@unicesar.edu.co

**Resumen:** En los sistemas de control remoto por infrarrojo (IR), la comunicación entre un emisor y un receptor se basa en la transmisión de señales moduladas en una frecuencia específica, típicamente en torno a los 38 kHz. Uno de los receptores más comunes para este tipo de aplicaciones es el VS1838B, un sensor que está diseñado para recibir señales IR moduladas con alta selectividad y bajo consumo.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar y comprender el comportamiento del receptor VS1838B frente a señales IR moduladas en distintas frecuencias, comprendidas entre 1 kHz y 80 kHz. Esto se realiza con el fin de establecer una tabla de sensibilidad estimada por frecuencia, que pueda servir de referencia para el diseño de sistemas de comunicación o control IR alternativos, incluso fuera de su frecuencia nominal.

Este enfoque experimental permite identificar la frecuencia de operación óptima y establecer rangos de frecuencia efectivos con márgenes de tolerancia, considerando condiciones no ideales como la interferencia de la luz ambiental y la modulación imperfecta de la señal.

Este estudio es especialmente relevante para el desarrollo de sistemas infrarrojos de bajo costo o prototipos basados en el receptor IR VS1838B.

**Palabras Clave:** Receptor IR; sensibilidad de un receptor IR; variaciones de frecuencia.

**Autor de correspondencia:** fabiovega@unicesar.edu.co

### 6.43. Protección ante radiación cósmica en hábitats lunares: un estudio mediante simulaciones Monte Carlo

Camilo Revelo<sup>1,2</sup>, Arturo Argüelles<sup>1</sup>, Daniel Gómez<sup>2</sup>, Carlos Patiño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de investigación de Óptica Cuántica, Universidad del Valle, Cali, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de investigación en Infraestructura Civil Inteligente y Resiliente, Universidad del Valle, Cali, Colombia

camilo.revelo@correounivalle.edu.co

**Resumen:** La radiación ionizante, principalmente los rayos cósmicos galácticos (GCR), representa un desafío crítico para la viabilidad de asentamientos en la Luna. La ausencia de atmósfera y campo magnético convierte su superficie en un entorno hostil donde cualquier proyecto de colonización requiere soluciones de protección efectivas.

En este trabajo se investiga la efectividad de un hábitat, diseñado inicialmente para mitigar amenazas sísmicas, como un escudo protector contra la radiación espacial. Se usaron simulaciones Monte Carlo utilizando el código PHITS para modelar la interacción de los GCR con la estructura y estimar la dosis de radiación en su interior.

Para optimizar la precisión de los cálculos de dosis, se aplicó la técnica de reducción de varianza Cell Importance Method (CIM).

Los resultados muestran una protección cercana al 98 % en la dosis de radiación. Se encontró que la tasa de dosis equivalente anual en el interior del hábitat es de 8.3 [mSv/año]. Además, se determinó que los neutrones son el componente principal de la radiación en el interior de la estructura, contribuyendo con aproximadamente el 70 % de la dosis total interna.

En conclusión, este estudio confirma que una estructura con resistencia sísmica puede ofrecer una protección radiológica significativa y viable. La drástica reducción de dosis demuestra que la estructura es viable para misiones lunares de larga duración, lo cual es crucial para el futuro de la exploración espacial. Asimismo, la metodología propuesta puede extenderse para evaluar otras configuraciones de bases lunares.

**Palabras Clave:** Radiación Ionizante; Hábitat Lunar; PHITS; Protección Radiológica; Rayos Cósmicos Galácticos.

**Autor de correspondencia:** camilo.revelo@correounivalle.edu.co

## 6.44. Tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop

Adriana Gutiérrez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo NanoFab, Departamento de Física, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Kilómetro 2 Vía Cajicá-Zipacquirá, Colombia

adriana.gutierrezr@unimilitar.edu.co

**Resumen:** Dentro de los sistemas de riego, el riego por goteo se destaca por conducir el agua a través de una red de tuberías y distribuirla directamente a los cultivos mediante emisores que liberan pequeños volúmenes de manera periódica. Dependiendo del tipo de suelo y de las necesidades agrícolas, estos sistemas contribuyen al aumento de la producción, al ahorro de agua y a la expansión tanto de la superficie cultivada bajo riego como de la intensidad del cultivo.

No obstante, uno de los inconvenientes de este tipo de riego es la limitada capacidad de control en la dosificación exacta de agua y fertilizantes que requiere cada cultivo; dentro de las variables a controlar se encuentra la tensión superficial del agua y de las soluciones fertilizantes.

En este trabajo se determinó la tensión superficial de soluciones fertilizantes inorgánicas mediante el método pendant drop, utilizando el procesamiento digital de imágenes de una gota usando una cámara digital.

Las soluciones analizadas fueron: sulfato de cobre, sulfato de hierro, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, nitrofer de calcio, bórax, nitrato de potasio y nitrato de calcio.

Los resultados sugieren la existencia de una correlación entre el grado de acidez de las sustancias fertilizantes analizadas y la tensión superficial. Sin embargo, se requiere un estudio más exhaustivo para determinar dicha relación.

**Palabras Clave:** Tensión superficial; pendant drop; fertilizantes inorgánicos.

**Autor de correspondencia:** adriana.gutierrezr@unimilitar.edu.co

**Agradecimientos:** La autora agradece al Tecnólogo en Horticultura Jorge Eliecer Reyes por su apoyo en la fase experimental y en la toma de datos.

## 6.45. Análisis cuantitativo del crecimiento foliar en *Swinglea glutinosa* según la posición nodal

N.P. Gamez De La Rosa<sup>1</sup>, A.D. Rodríguez Salas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

npgamez@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** El objetivo de mi investigación se centró en el análisis del crecimiento foliar de la planta *Swinglea glutinosa* (conocida como limoncillo) cuyo uso predominante es el de cerca viva en entornos urbanos y rurales, además se encuentra en la clasificación de Perenne.

El periodo de observación estuvo entre 26 y 30 días, se monitorearon cinco hojas de forma individual, clasificadas según su posición en el nodo (centrales y laterales), realizando así un registro sistemático de sus dimensiones (ancho y altura).

Las mediciones se tomaron diariamente con cinta métrica, además en las primeras etapas, se empleó un dispositivo casero de referencia para mantener una distancia constante en las fotografías.

De acuerdo a los resultados se mostró un patrón de crecimiento el cual se dividió en tres fases: un inicio moderado, aceleración sostenida y luego una estabilización del crecimiento.

Las hojas que se encontraban ubicadas en el centro mostraron una mayor tasa de crecimiento en altura, llegando alcanzar hasta 0.26 cm/día, en cambio las hojas laterales presentaron un desarrollo más moderado y progresivo con una media aproximada de 0.14 cm/día.

El crecimiento fue más significativo en altura que en ancho, especialmente durante los primeros 20 días.

Esto evidencia cómo varía el crecimiento de la hoja según su posición en el nodo sobre el ritmo de desarrollo foliar, que se puede asociar a factores del tipo fisiológico como lo es la captación de la luz y la forma en la que se distribuyen los nutrientes.

**Palabras Clave:** *Swinglea glutinosa*; Perenne; foliar.

## 6.46. Síntesis y caracterización de nanopartículas magnetosurfactantes de [Co(trien)(C<sub>19</sub>H<sub>30</sub>NO)]Cl<sub>2</sub> por química verde

Kimberly Orozco<sup>1</sup>, Zulia Caamaño<sup>1</sup>, Dary Luz Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia

kkatheryneorozco@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** En la actualidad persiste una problemática ambiental asociada a los desechos de hidrocarburos; en este contexto, el presente proyecto propone una alternativa de química verde para el tratamiento de aguas contaminadas por dichos compuestos.

El objetivo principal es sintetizar y caracterizar estas nanopartículas aprovechando las propiedades magnéticas del cobalto y empleando extractos fermentados de frutas (naranja, uva y piña) como solventes naturales, como medio de la síntesis.

En este trabajo se presentará la obtención del etanol como solvente, a partir de la fermentación y destilación del extracto de fruta; asimismo, se describirá el proceso de síntesis de la sal precursora [Co(trien)Cl<sub>2</sub>]Cl y de la base de Schiff Dodecilsalicilaldimina, como también, la síntesis del magnetosurfactante final y su caracterización mediante las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y magnetometría de muestra vibrante (VSM).

De los resultados obtenidos se ha confirmado la composición de los extractos de frutas (naranja, piña y uva playera) así como de la sal precursora, validado mediante espectroscopía FTIR.

Estos avances son satisfactorios para el propósito del trabajo, permitiendo la síntesis y purificación de la base de Schiff mediante cromatografía de columna y, finalmente, la obtención de las muestras del magnetosurfactante.

**Palabras Clave:** Magnetosurfactantes; Síntesis verde; Nanopartículas.

**Autor de correspondencia:** kkatheryneorozco@mail.uniatlantico.edu.co

## 6.47. Análisis y validación de la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE mediante banco de pruebas en el experimento DUNE

Juan Fajardo<sup>1</sup>, Jerónimo López<sup>2</sup>, Fabián Andrés Castaño<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Antioquia, Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia

juan.fajardo@udea.edu.co

**Resumen:** El experimento DUNE plantea como desafío la detección de neutrinos debido a su baja tasa de interacción, lo que exige sistemas electrónicos confiables y de alto rendimiento. En este contexto, las tarjetas DAPHNE, responsables de la adquisición y digitalización de señales de la interacción entre el neutrino y el argón líquido, son componentes críticos dentro del sistema de adquisición de datos [?].

Para garantizar su desempeño se requieren protocolos que validen estabilidad y funcionamiento.

Este trabajo presenta el diseño y validación de un subsistema para un banco de pruebas para evaluar la estabilidad en frecuencia de las tarjetas DAPHNE.

El objetivo es verificar la estabilidad de las señales de reloj y de sincronización de DAPHNE, y para ello se implementaron dos metodologías:

(i) generación de señales de referencia a 200 y 400 MHz, registrando ciclos de reloj a partir de señales simuladas de 62.5 y 100 MHz, que representan las frecuencias de operación en las tarjetas DAPHNE; asegurando un muestreo adecuado bajo el criterio de Nyquist.

(ii) conteo de ciclos en ventanas temporales de microsegundos, que permite evaluar la estabilidad de la señal de control respecto a la frecuencia de interés, con miras de extender las pruebas a frecuencias reales para comparar ambos métodos.

Los resultados evidencian que ambas metodologías detectan variaciones en la estabilidad de los relojes, destacando el conteo por ventanas por su resolución.

El análisis confirma confiabilidad y el banco de pruebas se consolida como herramienta robusta para evaluar la respuesta en frecuencia de las tarjetas DAPHNE.

**Palabras Clave:** Adquisición de datos; Generadores de señales; Circuitos integrados analógico-digitales; Fuentes de neutrinos; Instrumentación informática de física de alta energía.

**Referencias:** [1] DUNE Collaboration, “Volume iii. dune far detector technical coordination,” Journal of Instrumentation, vol. 15, 8 2020.

## 6.48. Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE

Yuliana Guerrero Uchima<sup>1</sup>, Fabián Castaño Usuga<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

yuliana.guerrero@udea.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el comportamiento de fibras ópticas y LEDs de colores (rojo, amarillo, verde y azul) en condiciones criogénicas, con énfasis en su aplicación en el Experimento de Neutrinos Subterráneo Profundo (DUNE), donde los dispositivos deben operar de manera confiable a 87 K. Para ello, se diseñó un sistema automatizado capaz de enfriar los componentes con nitrógeno líquido y medir su rendimiento óptico de forma individual.

Las fibras ópticas mostraron un ligero aumento en la intensidad a bajas temperaturas, atribuible a la reducción de pérdidas por contracción térmica. El análisis principal se centró en los LEDs, evaluando cómo variaban su intensidad lumínica y la longitud de onda de emisión con la temperatura, y si seguían la ecuación de Varshni, que describe la dependencia de la energía de banda prohibida con la temperatura.

Los LEDs rojos y amarillos respondieron según lo esperado: presentaron corrimientos al azul y un incremento en la intensidad al disminuir la temperatura, resultados que coincidieron con el modelo de Varshni dentro de la incertidumbre experimental. En contraste, los LEDs verdes y azules mostraron desviaciones a bajas temperaturas, con corrimientos al rojo y reducción de intensidad, probablemente debido al congelamiento de portadores, lo que dificulta predecir su comportamiento en criogenia.

Estos resultados evidencian que la respuesta de los LEDs en bajas temperaturas depende de las propiedades del material y de los procesos de fabricación. Por tanto, antes de su implementación en proyectos como DUNE, es esencial caracterizar cada componente en condiciones criogénicas específicas mediante metodologías sistemáticas como la propuesta en este trabajo.

**Palabras Clave:** Semiconductores; Bajas Temperaturas; Propiedades ópticas

**Autor de correspondencia:** yuliana.guerrero@udea.edu.co

## 6.49. Adherencia de recubrimientos de DLC con intercapas de Si y Ti usando precursores líquidos

Fabián Zacipa Pinilla<sup>1</sup>, Gil Capote Rodríguez<sup>2</sup>, Jesús Manuel Gutiérrez Bernal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

tzacipa@unal.edu.co

**Resumen:** Este trabajo evaluó la influencia de intercapas de silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H), titanio amorfo hidrogenado (a-Ti:H) y la mezcla de ambos (a-SixTi:H) en la adherencia, propiedades mecánicas y tribológicas de recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC), depositados mediante la técnica PECVD con fuente de corriente continua pulsada (DC-pulsado PECVD) sobre el acero de baja aleación AISI 4140. Las intercapas se obtuvieron a partir de los precursores líquidos tetrametilsilano (TMS) y tetraetilo de ortotitanato (TEOT), mientras que el recubrimiento de DLC se depositó utilizando hexano.

La metodología incluyó la preparación de los sustratos, la deposición de las intercapas y de los recubrimientos de DLC. La caracterización se realizó mediante la aplicación de las técnicas de espectroscopía Raman, FTIR y XPS, microscopías SEM y AFM, perfilometría, nanoindentación, ensayos tribológicos y pruebas de adherencia Rockwell C y la norma VDI 3198.

Los resultados mostraron que las intercapas de a-Si:H y a-SixTi:H promovieron una elevada adherencia del recubrimiento de DLC al sustrato, reduciendo el riesgo de delaminación. En contraste, las intercapas de a-Ti:H no lograron una adherencia efectiva. Asimismo, se evidenció que las propiedades mecánicas y tribológicas variaron según la intercapa, siendo determinante la formación de enlaces químicos en la interfaz.

Se concluye que el uso de precursores líquidos TMS y su combinación con TEOT permiten formar intercapas que favorecen la adherencia y el desempeño tribomecánico de los recubrimientos DLC sobre los sustratos de acero AISI 4140, mientras que el TEOT resulta ineficaz en la formación de una intercapa que garantice una adecuada adherencia.

**Palabras Clave:** Recubrimientos DLC; DC pulsado PECVD; Adherencia

**Autor de correspondencia:** tzacipa@unal.edu.co

## 6.50. Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial

Juan David Cárdenas Vélez<sup>1</sup>, Jhon Leandro Duque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Se propone un póster que exhiba, de manera clara y visualmente atractiva, las figuras de Lissajous, obtenidas al combinar dos movimientos armónicos simples (M.A.S.) ortogonales. A partir de las soluciones de las ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden para osciladores desacoplados, se mostrarán:

(i) criterios geométricos (recta, elipse, círculo) en el caso isofrecuencia, (ii) condición de cierre para razones racionales de frecuencia  $\omega_x/\omega_y = m/n$ , (iii) vínculos con el cálculo vectorial (campo de velocidades en el plano y curvatura local).

El trabajo incluye simulaciones reproducibles en Python/Matplotlib y, de ser posible, validación experimental en modo XY de osciloscopio. Los resultados esperados consisten en una galería de figuras en alta resolución (casos 1:1, 2:1, 3:2, 5:4), tablas de cierre y análisis geométricos (fase relativa, curvatura, orientación de ejes principales).

Este proyecto tiene valor pedagógico al permitir la estimación de la fase relativa  $\Delta\phi$  y la razón de frecuencias a partir de la geometría de las figuras, resaltando el potencial interdisciplinar entre ecuaciones diferenciales, cálculo vectorial, geometría e instrumentación.

**Palabras Clave:** Figuras de Lissajous; Movimiento armónico simple; Osciladores desacoplados

**Autor de correspondencia:** juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

## 6.51. Figuras de Lissajous: visualización y modelado mediante ecuaciones diferenciales y cálculo vectorial

Juan David Cárdenas Vélez<sup>1</sup>, Jhon Leandro Duque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Se propone un póster que exhiba, de manera clara y visualmente atractiva, las figuras de Lissajous, obtenidas al combinar dos movimientos armónicos simples (M.A.S.) ortogonales. A partir de las soluciones de las ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden para osciladores desacoplados, se mostrarán:

(i) criterios geométricos (recta, elipse, círculo) en el caso isofrecuencia, (ii) condición de cierre para razones racionales de frecuencia  $\omega_x/\omega_y = m/n$ , (iii) vínculos con el cálculo vectorial (campo de velocidades en el plano y curvatura local).

El trabajo incluye simulaciones reproducibles en Python/Matplotlib y, de ser posible, validación experimental en modo XY de osciloscopio. Los resultados esperados consisten en una galería de figuras en alta resolución (casos 1:1, 2:1, 3:2, 5:4), tablas de cierre y análisis geométricos (fase relativa, curvatura, orientación de ejes principales).

Este proyecto tiene valor pedagógico al permitir la estimación de la fase relativa  $\Delta\phi$  y la razón de frecuencias a partir de la geometría de las figuras, resaltando el potencial interdisciplinar entre ecuaciones diferenciales, cálculo vectorial, geometría e instrumentación.

**Palabras Clave:** Figuras de Lissajous; Movimiento armónico simple; Osciladores desacoplados

**Autor de correspondencia:** juand.cardenasv@uqvirtual.edu.co

## 6.52. Implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo para la medición de ondas cerebrales

María Antonia Cardozo Forero<sup>1</sup>, Carlos Andrés Vidal Betancourt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física - Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

mariaa.cardozof@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** El presente trabajo describe la implementación y mejora de un prototipo de electroencefalógrafo de bajo costo, basado en hardware abierto y código disponible en la comunidad científica. El objetivo principal consiste en optimizar la detección de ondas alfa (8–12 Hz) y beta (12–30 Hz) obtenidas a partir del lóbulo occipital del cerebro, las cuales están relacionadas con estados de relajación y concentración, por lo cual se constituyen en una herramienta en estudios de neurofisiología clínica y sus posibles aplicaciones a la neurociencia.

La metodología aplicada incluye la construcción de sensores no invasivos (electrodos), implementar un circuito para filtrar y amplificar las señales: se aplicaron filtros pasa-altas, pasa-bajas y rechaza-banda para eliminar frecuencias fuera del rango de 8–30 Hz. Luego, las señales son adquiridas en un computador mediante un conversor analógico digital conectado a una placa microcontroladora (Arduino). Se usaron además técnicas de postprocesamiento en el dominio del tiempo y la frecuencia para identificar patrones asociados a las ondas alfa y beta. Asimismo, se aplicaron conceptos de cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales en el modelado matemático de las ondas cerebrales con el fin de comprender mejor su propagación y adquisición.

Como resultado preliminar, se logró una mejora en la relación señal-ruido del dispositivo y una identificación más clara de las ondas alfa y beta durante pruebas en condiciones controladas de relajación. Estos avances sugieren que el prototipo puede constituir una alternativa accesible para la enseñanza, investigación y futuras aplicaciones en interfaces cerebro-computador.

**Palabras Clave:** Electroencefalógrafo; Ondas Cerebrales; Prototipo de bajo costo

**Autor de correspondencia:** mariaa.cardozof@uqvirtual.edu.co

### 6.53. Rendimiento criogénico de componentes electrónicos de semiconductores para transmisión de datos en DUNE

Yuliana Guerrero Uchima<sup>1</sup>, Fabián Castaño Usuga<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

yuliana.guerrero@udea.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el comportamiento de fibras ópticas y LEDs de colores (rojo, amarillo, verde y azul) en condiciones criogénicas, con énfasis en su aplicación en el Experimento de Neutrinos Subterráneo Profundo (DUNE), donde los dispositivos deben operar de manera confiable a 87 K. Para ello, se diseñó un sistema automatizado capaz de enfriar los componentes con nitrógeno líquido y medir su rendimiento óptico de forma individual.

Las fibras ópticas mostraron un ligero aumento en la intensidad a bajas temperaturas, atribuible a la reducción de pérdidas por contracción térmica. El análisis principal se centró en los LEDs, evaluando cómo variaban su intensidad lumínica y la longitud de onda de emisión con la temperatura, y si seguían la ecuación de Varshni, que describe la dependencia de la energía de banda prohibida con la temperatura.

Los LEDs rojos y amarillos respondieron según lo esperado: presentaron corrimientos al azul y un incremento en la intensidad al disminuir la temperatura, resultados que coincidieron con el modelo de Varshni dentro de la incertidumbre experimental. En contraste, los LEDs verdes y azules mostraron desviaciones a bajas temperaturas, con corrimientos al rojo y reducción de intensidad, probablemente debido al congelamiento de portadores, lo que dificulta predecir su comportamiento en criogenia.

Estos resultados evidencian que la respuesta de los LEDs en bajas temperaturas depende de las propiedades del material y de los procesos de fabricación. Por tanto, antes de su implementación en proyectos como DUNE, es esencial caracterizar cada componente en condiciones criogénicas específicas mediante metodologías sistemáticas como la propuesta en este trabajo.

**Palabras Clave:** Semiconductores; Bajas Temperaturas; Propiedades ópticas

**Autor de correspondencia:** yuliana.guerrero@udea.edu.co

## **Capítulo 7**

# **FÍSICA COMPUTACIONAL**

## 7.1. Algoritmos para ampliación de profundidad de campo y campo de visión en microscopía óptica robotizada

Juan Manuel Ballesteros<sup>1</sup>, Carlos Mario Garzón<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

`jballesterosr@unal.edu.co`

**Resumen:** El microscopio óptico es relevante en laboratorios de ciencias y tecnología, especialmente en biología, donde se observan muestras con iluminación de luz transmitida. Sin embargo, sus limitaciones ópticas, como campos de visión submilimétricos y profundidades de foco entre 10 y 0.1  $\mu\text{m}$ , dificultan el análisis de muchas muestras.

Este trabajo presenta una implementación de algoritmos para ampliar tanto la profundidad de campo como el campo de visión en micrografías ópticas, mediante técnicas de visión por computador integradas en un sistema de microscopía robotizada.

Se empleó el microscopio abierto y de bajo costo OpenFlexure, construido en nuestro taller, y se desarrolló un protocolo automatizado para adquirir imágenes a diferentes profundidades (focus stacking) y en múltiples posiciones (image stitching).

Las imágenes en bruto fueron alineadas y procesadas usando OpenCV en Python. Para el apilamiento, se seleccionó punto a punto el valor con mayor varianza del laplaciano, conservando las regiones en foco en la imagen final.

La prueba de concepto consistió en el análisis de insectos completos, logrando imágenes con alta nitidez estructural y continuidad espacial. Al contrastar nuestro algoritmo con herramientas en línea, se obtuvo una calidad de imagen comparable, aunque con mayores tiempos de procesamiento.

Esta implementación abre posibilidades para la documentación morfológica y el análisis anatómico detallado en contextos educativos y científicos, manteniendo un enfoque de código abierto, reproducible y accesible.

**Palabras Clave:** Microscopía; Visión por computador; Análisis de imagen

**Autor de correspondencia:** `jballesterosr@unal.edu.co`

## 7.2. Estudio computacional de las propiedades estructurales y electrónicas de la interfase $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ mediante cálculos DFT

Santiago Chaves Córdoba<sup>1</sup>, Diego Fernando Coral<sup>1</sup>, Sebastián Amaya Roncancio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos, Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Física de Materiales, Escuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

santchaves@unicauca.edu.co

**Resumen:** La búsqueda de tratamientos contra el cáncer más selectivos y menos invasivos ha impulsado el desarrollo de terapias basadas en nanotecnología. Una estrategia prometedora es la combinación de hipertermia magnética (HM) y terapia fotodinámica (TFD) mediante sistemas nanoestructurados core/shell.

En este contexto, las nanopartículas basadas en  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetita) y  $\text{TiO}_2$  (anatasa) destacan por sus propiedades sinérgicas: el núcleo de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  permite calentamiento localizado bajo campos magnéticos alternos, mientras que la cubierta de  $\text{TiO}_2$  actúa como fotosensibilizador bajo irradiación [?, ?].

Este trabajo presenta un estudio computacional de la interfase  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  mediante simulaciones de primeros principios con Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), empleando el software Quantum ESPRESSO.

La investigación se enfocó en tres fases: (1) análisis de las estructuras bulk de ambos materiales; (2) construcción y evaluación de superficies estables ( $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)$  y  $\text{TiO}_2(101)$ ); (3) ensamblaje y relajación de la interfase, seguida del análisis de densidad de estados (DOS) y redistribución de carga electrónica.

Los resultados revelan una configuración interfacial estable, con acoplamiento electrónico evidente y transferencia de carga desde  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hacia  $\text{TiO}_2$ , lo que podría mejorar la activación fotoinducida y el rendimiento terapéutico del sistema.

Este estudio proporciona una base sólida para optimizar el diseño de nanopartículas core-shell antes de su síntesis y caracterización experimental, incluyendo la comparación futura con patrones de difracción de rayos X simulados, lo cual resulta esencial para validar estructuras interfaciales en aplicaciones biomédicas.

**Palabras Clave:** Nanopartículas; Primeros principios; Interfase

**Autor de correspondencia:** santchaves@unicauca.edu.co

### 7.3. Estudio computacional de las propiedades estructurales y electrónicas de la interfase $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ mediante cálculos DFT

Santiago Chaves Córdoba<sup>1</sup>, Diego Fernando Coral<sup>1</sup>, Sebastián Amaya Roncancio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos, Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Física de Materiales, Escuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

santchaves@unicauca.edu.co

**Resumen:** La búsqueda de tratamientos contra el cáncer más selectivos y menos invasivos ha impulsado el desarrollo de terapias basadas en nanotecnología. Una estrategia prometedora es la combinación de hipertermia magnética (HM) y terapia fotodinámica (TFD) mediante sistemas nanoestructurados core/shell.

En este contexto, las nanopartículas basadas en  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetita) y  $\text{TiO}_2$  (anatasa) destacan por sus propiedades sinérgicas: el núcleo de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  permite calentamiento localizado bajo campos magnéticos alternos, mientras que la cubierta de  $\text{TiO}_2$  actúa como fotosensibilizador bajo irradiación [?, ?].

Este trabajo presenta un estudio computacional de la interfase  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  mediante simulaciones de primeros principios con Teoría del Funcional de la Densidad (DFT), empleando el software Quantum ESPRESSO.

La investigación se enfocó en tres fases: (1) análisis de las estructuras bulk de ambos materiales; (2) construcción y evaluación de superficies estables ( $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)$  y  $\text{TiO}_2(101)$ ); (3) ensamblaje y relajación de la interfase, seguida del análisis de densidad de estados (DOS) y redistribución de carga electrónica.

Los resultados revelan una configuración interfacial estable, con acoplamiento electrónico evidente y transferencia de carga desde  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hacia  $\text{TiO}_2$ , lo que podría mejorar la activación fotoinducida y el rendimiento terapéutico del sistema.

Este estudio proporciona una base sólida para optimizar el diseño de nanopartículas core/shell antes de su síntesis y caracterización experimental, incluyendo la comparación futura con patrones de difracción de rayos X simulados, lo cual resulta esencial para validar estructuras interfaciales en aplicaciones biomédicas.

**Palabras Clave:** Nanopartículas; Primeros principios; Interfase

**Autor de correspondencia:** santchaves@unicauca.edu.co

## 7.4. Integración simpléctica y caracterización del caos en un péndulo doble con fricción tipo Stokes

Mateo Maldonado V.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

mmaldonadov@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** El péndulo doble es un sistema clásico ampliamente estudiado por su comportamiento altamente no lineal y su capacidad para exhibir caos determinista.

En este trabajo, orientado a la formación y práctica investigativa en dinámica no lineal, se presenta un estudio numérico del péndulo doble sometido a fricción tipo Stokes, con el objetivo de analizar cómo la disipación modifica su evolución en el espacio de fases.

Se deducen las ecuaciones de movimiento acopladas de segundo orden que describen el sistema, y se implementa su solución mediante un esquema de Euler simpléctico, garantizando una integración adecuada en presencia de términos disipativos.

A partir de las trayectorias obtenidas, se construyen diagramas de fase y mapas de Poincaré para identificar transiciones entre comportamientos regulares y caóticos bajo distintas condiciones iniciales.

Finalmente, se calcula el exponente de Lyapunov para cuantificar la sensibilidad a las condiciones iniciales y evaluar la presencia de caos.

Este trabajo constituye un aporte formativo en el uso de métodos numéricos para el análisis de sistemas dinámicos complejos y sienta bases para futuras investigaciones en dinámica caótica y control de sistemas no lineales.

**Palabras Clave:** Péndulo doble; Caos determinista; Exponentes de Lyapunov

## 7.5. Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Quantum Well

C. E. Betancur<sup>1</sup>, A. Anaya<sup>1</sup>, J. D. Bermúdez<sup>1</sup>, M. R. Fulla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia

cabetancurm@unal.edu.co

**Abstract:** Semiconductor quantum wells (QWs) are low-dimensional heterostructures in which carriers are confined in one spatial dimension within a potential well of nanometric thickness, leading to discrete energy subbands and distinct optical responses.

The reduced dimensionality significantly alters the density of states and Coulomb interactions, making QWs model systems for investigating fundamental quantum phenomena and for developing advanced optoelectronic devices [?, ?].

In this work, the optical properties of a tunable artificial impurity embedded in a  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  QW are studied using the effective mass approximation and the compact density matrix formalism.

The quantum confinement introduced by the impurity is modeled using a Pöschl–Teller-like potential, where the confinement strength, oscillator length, and position can be tuned.

The results show that the absorption spectra strongly depend on the impurity's properties, highlighting the value of this modeling approach in guiding the design of novel optoelectronic devices. Additionally, the model predicts that in the weak-confinement regime, the well-known conduction-band electron characteristics of the host material are recovered.

**Keywords:** Optical properties; Tunable impurity; Quantum well

**References:** [1] Bastard, G. (1988). *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*. Les Éditions de Physique. [2] Chuang, S. L. (2009). *Physics of optoelectronic devices* (2nd ed.). Wiley.

## 7.6. Caracterización de las propiedades microfísicas de precipitación en la región interandina

Juan Pablo Cobo Trujillo<sup>1</sup>, Isabel Cristina Hoyos Rincón<sup>1</sup>, Alfonso Ladino Rincón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío / Programa de Física, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Illinois, Champaign, Estados Unidos

juanp.cobot@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** La distribución del tamaño de las gotas de lluvia es fundamental en el estudio de la microfísica de la precipitación, ya que depende de los procesos físicos de formación, acreción, colisiones y coalescencia de las gotas de agua en interacción con el entorno atmosférico.

En esta contribución se analiza la información del tamaño de las gotas de lluvia proveniente de los disdrómetros de la red meteorológica del SIATA, ubicados en la región interandina de Colombia, durante el periodo 2015–2025.

El curado de los datos considera el filtrado de partículas con velocidades superiores al 60 % de la velocidad terminal de Ulbrich, la selección de partículas con contenido de agua líquida entre 0.05 y 13.00 g m<sup>-3</sup>, y eventos con al menos 10 minutos continuos de lluvia.

La microfísica de la lluvia en cada sitio de observación se estudia mediante un análisis estadístico que permite establecer la ley de potencia que sigue la relación Z–R, sensible a las condiciones orográficas y climatológicas regionales.

Esta relación describe la lluvia en función de parámetros como el diámetro, la velocidad de caída y la concentración de las gotas, proporcionando una relación formal entre la tasa de precipitación y la reflectividad.

Este tipo de parametrizaciones no solo permiten profundizar en la comprensión de los procesos de precipitación en ambientes complejos, sino que también son esenciales para optimizar la estimación de lluvia a partir de radares meteorológicos, con implicaciones prácticas en la gestión del riesgo asociado a eventos de alta intensidad.

**Palabras Clave:** Distribución del tamaño de gota; Microfísica de precipitación; Ley de potencia; Relación Z–R

## 7.7. Simulación de un péndulo real mediante integración de Verlet

Andres Mauricio Africano Florez<sup>1</sup>, Yezid Hernandez Velez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

amaffricanof@ut.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta una simulación realista del movimiento de un péndulo compuesto por una cuerda inextensible y una masa puntual, modelando la cuerda como una cadena de partículas unidas mediante vínculos de longitud constante.

Este enfoque permite capturar de forma más fiel los efectos dinámicos del sistema, incluyendo la curvatura de la cuerda y las tensiones internas.

La evolución temporal del sistema se resuelve numéricamente mediante el método de integración de Verlet, ampliamente utilizado en mecánica computacional por su estabilidad y bajo error acumulativo.

Tras cada paso de integración, se aplican correcciones iterativas a las posiciones para garantizar que la longitud de cada segmento permanezca constante, siguiendo el esquema de dinámica basada en posiciones (Position-Based Dynamics).

El resultado es una simulación continua, estable y visualmente precisa del péndulo oscilando bajo la acción de la gravedad.

A diferencia de modelos rígidos o simplificados, esta implementación permite una representación más rica del comportamiento físico, y sienta las bases para incluir extensiones como amortiguamiento, fuerzas externas o colisiones.

El sistema fue desarrollado en Python con visualización mediante `matplotlib`, lo que lo convierte en una herramienta accesible tanto para la docencia como para la investigación en física computacional.

**Palabras Clave:** Método de Verlet; Péndulo; Física computacional

**Autor de correspondencia:** amaffricanof@ut.edu.co

## 7.8. Dinámica caótica y escape en billares abiertos: simulación de hasta dos partículas con colisiones elásticas

Samuel E. Paredes B.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

separedesb@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** Los sistemas de billar han servido históricamente como modelos paradigmáticos para el estudio del caos determinista y la sensibilidad a las condiciones iniciales. En este trabajo presentamos un estudio computacional de la dinámica de una o dos partículas puntuales en una mesa de billar rectangular con regiones de escape en sus bordes. Las partículas se mueven libremente entre colisiones, interactúan mediante colisiones perfectamente elásticas y pueden abandonar el sistema al alcanzar una abertura.

El modelo se desarrolla bajo un enfoque modular en C++ utilizando programación orientada a objetos, lo que permite extender la simulación de una a múltiples partículas sin alterar la estructura base del código. Se implementa un algoritmo eficiente de detección de eventos para calcular los tiempos de colisión pared-partícula y partícula-partícula, asegurando la conservación del momento lineal y de la energía en cada interacción.

Los resultados preliminares para una partícula reproducen las estructuras fractales conocidas en los mapas de escape. Al introducir una segunda partícula se observan modificaciones en las distribuciones de tiempo de permanencia y patrones de escape, evidenciando efectos colectivos que alteran la dinámica caótica del sistema. Se discuten posibles extensiones a tres partículas y la transición hacia un régimen de tipo gas dispersivo con escapes múltiples. Este trabajo constituye una base para el estudio de sistemas abiertos con interacciones, combinando métodos numéricos, visualización científica y análisis de sistemas dinámicos no integrables.

**Palabras Clave:** Sistemas dinámicos; caos determinista; billares abiertos; simulación computacional

## 7.9. Efecto de la resistividad en el vórtice de Orszag-Tang bajo el marco de la RRMHD

David Rodríguez<sup>1</sup>, Adriano Parada<sup>1</sup>, Sergio Miranda-Aranguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

dasrodriguez@udistrital.edu.co

**Resumen:** En el presente trabajo se estudia el test vórtice de Orszag-Tang (OT) dentro del marco de la Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista (RRMHD), el cual es un conocido test numérico utilizado para evaluación de simulaciones en flujos turbulentos.

El estudio del vórtice OT se llevó a cabo a partir de simulaciones numéricas con ayuda del código CUEVA el cual implementa métodos numéricos específicos para el marco de la RRMHD como son los integradores temporales IMEX y MIRK, los cuales han sido diseñados para realizar la integración numérica de los sistemas no ideales (resistividad finita) de la RRMHD.

El estudio de la evolución del vórtice OT bajo el marco de la RRMHD se realizó para distintos valores de conductividad, identificando una significativa transferencia de energía entre las componentes cinética y magnética. En el límite ideal esta transferencia conserva la energía total mientras que en el régimen resistivo se encontraron pérdidas en la energía total debido a la alta difusión del campo magnético. De igual forma en los últimos estados de la simulación se reconocieron regiones X de reconexión magnética. Dentro de nuestra interpretación, al analizar el comportamiento del vórtice OT para diferentes conductividades, identificamos que este podría ser un disparador de procesos de reconexión, los cuales se hacen más evidentes para simulaciones en las cuales se utilizan bajas conductividades o son altamente resistivas.

**Palabras Clave:** Vórtice de Orszag-Tang; Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista; Turbulencia

## 7.10. Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP

Laura Oliveros<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

lvolverosm@udistrital.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el flujo estacionario de un fluido viscoso e incompresible alrededor de una viga sumergida mediante simulaciones numéricas con el método de vorticidad–función de corriente. Se compara el rendimiento entre una versión serial y versiones paralelizadas con diferentes directrices de OpenMP, analizando velocidad, líneas de corriente y vorticidad para números de Reynolds (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0) en una malla de  $160 \times 30$ , correspondientes a flujo adherido.

El esquema numérico implementado combina discretización por diferencias finitas, cálculo de los números de Reynolds y el método iterativo SOR (Successive Over-Relaxation) para asegurar convergencia. La estrategia de paralelización abarca cuatro fases principales —inicialización, ejecución de funciones, cálculo de errores y bucles anidados—, aprovechando 32 hilos. El error se monitorizó iterativamente hasta cumplir con los criterios de convergencia.

Los resultados demuestran que `#pragma omp parallel` logra el mejor rendimiento, con una eficiencia 20 veces superior a la versión serial, reduciendo el tiempo de 172,849 a 8,424 segundos. Se concluye que la elección óptima de directivas de OpenMP depende de su aplicación en puntos críticos del código, optimizando así la simulación.

Este estudio proporciona un enfoque para analizar fluidos incompresibles en 2D, contribuyendo a acelerar simulaciones en mecánica de fluidos. La paralelización eficiente permite reducir significativamente los tiempos de cálculo, facilitando el estudio de flujos adheridos en condiciones variadas.

**Palabras Clave:** Fluido incompresible; paralelización; número de Reynolds; algoritmo SOR; OpenMP

## 7.11. Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP

Laura Oliveros<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

lvoliverosm@udistrital.edu.co

**Resumen:** Este trabajo estudia el flujo estacionario de un fluido viscoso e incompresible alrededor de una viga sumergida mediante simulaciones numéricas con el método de vorticidad–función de corriente. Se compara el rendimiento entre una versión serial y versiones paralelizadas con diferentes directrices de OpenMP, analizando velocidad, líneas de corriente y vorticidad para números de Reynolds (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0) en una malla de  $160 \times 30$ , correspondientes a flujo adherido.

El esquema numérico implementado combina discretización por diferencias finitas, cálculo de los números de Reynolds y el método iterativo SOR (Successive Over-Relaxation) para asegurar convergencia. La estrategia de paralelización abarca cuatro fases principales —inicialización, ejecución de funciones, cálculo de errores y bucles anidados—, aprovechando 32 hilos. El error se monitorizó iterativamente hasta cumplir con los criterios de convergencia.

Los resultados demuestran que `#pragma omp parallel` logra el mejor rendimiento, con una eficiencia 20 veces superior a la versión serial, reduciendo el tiempo de 172,849 a 8,424 segundos. Se concluye que la elección óptima de directivas de OpenMP depende de su aplicación en puntos críticos del código, optimizando así la simulación.

Este estudio proporciona un enfoque para analizar fluidos incompresibles en 2D, contribuyendo a acelerar simulaciones en mecánica de fluidos. La paralelización eficiente permite reducir significativamente los tiempos de cálculo, facilitando el estudio de flujos adheridos en condiciones variadas.

**Palabras Clave:** Fluido incompresible; paralelización; número de Reynolds; algoritmo SOR; OpenMP

## 7.12. Systematic study of the structure of b and $b^-$ jets at low PT

Tomás Sosa Giraldo<sup>1</sup>, Juan José Montoya<sup>1</sup>, José David Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

**Resumen:** We present a systematic study of low-pT jets using event samples generated in MadGraph5 and analyzed with ROOT. Three production channels are considered:

1.  $qq^- \rightarrow Z \rightarrow bb^-$ , 2.  $qqm \rightarrow Z' \rightarrow bb^-$ , 3.  $g \rightarrow bb^-$

Jets are clustered with the anti-kT algorithm ( $R = 0,4$ ). By comparing their transverse-momentum spectra across multiple pT selection thresholds, we uncover pronounced distinctions that will inform and enhance the development of deep-learning based b-tagging algorithms.

**Palabras Clave:** B-tagging; Deep Learning; Quark b

**Autor de correspondencia:** tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

### 7.13. Teoría de campo medio dinámica de redes neuronales balanceadas autorreguladas por depresión sináptica

David Angulo-García<sup>1</sup>, Alessandro Torcini<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Laboratoire de Physique Théorique et Modélisation, UMR 8089, CY Cergy Paris Université, CNRS, Cergy-Pontoise, France

<sup>3</sup>CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto dei Sistemi Complessi, via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino, Italy

dangulog@unal.edu.co

**Resumen:** El estado balanceado es un paradigma central en la comprensión de la actividad cerebral, en el cual la excitación e inhibición neuronal se compensan para mantener tasas de disparo finitas en redes con un gran número de neuronas. Los modelos clásicos que explican este equilibrio requieren corrientes externas excesivamente grandes, lo que plantea dudas sobre su plausibilidad biológica.

En este trabajo proponemos un mecanismo alternativo basado en la depresión sináptica de corto plazo (STD), que actúa sobre las sinapsis excitatorias y permite regular dinámicamente la actividad de la red sin necesidad de estímulos externos. Combinando simulaciones numéricas con teoría de campo medio dinámica (DMF), mostramos que este mecanismo estabiliza un estado balanceado con tasas de disparo realistas en el límite termodinámico.

Según el valor de la fuerza sináptica  $J_0$ , la red presenta dos regímenes: para valores bajos, alcanza un punto fijo homogéneo; para valores altos, emerge un régimen caótico conocido como Rate Chaos.

Un análisis de estabilidad lineal muestra que el punto fijo es estable ante perturbaciones homogéneas, pero se desestabiliza frente a perturbaciones heterogéneas, dando lugar a distintos escenarios de transición al caos.

Caracterizamos este régimen caótico con herramientas de DMF, describiendo la media y la función de autocovarianza de la actividad de la población mediante un formalismo autoconsistente.

Nuestros resultados muestran que la STD permite una autorregulación intrínseca en redes balanceadas, ampliando el paradigma clásico y ofreciendo una explicación alternativa para la generación de actividad robusta en circuitos corticales.

**Palabras Clave:** Redes Neuronales Biológicas; Estado Balanceado; Teoría de Campo Medio Dinámica

## 7.14. Simulación de la órbita de Mercurio en Python: Comparación entre mecánica newtoniana y relatividad general

Jhon Baruch Castillo Ávila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semillero QUARK, Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia  
jbcastilloa@ut.edu.co

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es mostrar la discrepancia entre las predicciones de la mecánica newtoniana y la relatividad general respecto a la precesión del perihelio de Mercurio, mediante una simulación computacional desarrollada en Python.

En el formalismo clásico, la órbita de Mercurio se considera cerrada y sin precesión acumulativa; sin embargo, las observaciones astronómicas evidencian un desplazamiento del perihelio que esta teoría no logra explicar por completo.

La metodología utilizada consistió en implementar numéricamente las ecuaciones de movimiento bajo dos enfoques: el modelo newtoniano tradicional y un modelo con corrección relativista basada en la métrica de Schwarzschild. La simulación genera una animación comparativa que permite visualizar las trayectorias orbitales bajo ambos marcos teóricos, así como los vectores de velocidad y representaciones polares asociadas.

Los resultados muestran que el modelo relativista reproduce una rotación lenta y acumulativa del perihelio, consistente con el valor observado de 43 arco segundos por siglo. Esta diferencia, ausente en la predicción clásica, refleja el éxito de la relatividad general al explicar fenómenos gravitacionales en regímenes cercanos al Sol.

El estudio proporciona una representación visual de uno de los casos históricos más significativos que demuestran la veracidad de la relatividad. El enfoque computacional facilita la comprensión del fenómeno y puede ser útil como herramienta de análisis en contextos académicos de física avanzada.

**Palabras Clave:** Simulación; relatividad general; órbita planetaria

**Autor de correspondencia:** jbcastilloa@ut.edu.co

## 7.15. Desarrollo metodológico para calcular el campo magnético en la región exterior a un plasma en equilibrio magnetohidrodinámico en un tokamak

Miguel Becerra<sup>1</sup>, Jesús López<sup>1</sup>, Eduardo Orozco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

mfbr0231@gmail.com

**Resumen:** En el estudio del equilibrio en dispositivos de confinamiento magnético orientados a la fusión nuclear controlada, los métodos numéricos desempeñan un papel crucial en la comprensión de la estructura del plasma confinado y su interacción con el entorno.

En este trabajo se desarrolla un enfoque computacional que permite estimar las corrientes en las bobinas toroidales externas de un dispositivo tipo tokamak, a partir de la disposición geométrica de las bobinas y de la información interna del plasma obtenida mediante un solver de frontera fija que resuelve la ecuación de Grad-Shafranov.

Esta información incluye la forma de la frontera del plasma y la distribución de la corriente toroidal. El objetivo es extender la solución del flujo magnético poloidal hacia la región de vacío circundante, resolviendo la ecuación de Grad-Shafranov de manera consistente con el equilibrio interno.

Este procedimiento proporciona una herramienta eficiente para reconstruir el campo magnético externo sin necesidad de recurrir a métodos iterativos costosos. Para validar la consistencia y precisión del algoritmo propuesto, se realizaron comparaciones directas con soluciones obtenidas mediante otros enfoques, mostrando una excelente concordancia en los perfiles de equilibrio reconstruidos.

Asimismo, se verificó la precisión del método mediante pruebas con soluciones analíticas de referencia, en particular el equilibrio generalizado de Solov'ev, lo que confirmó la fidelidad del esquema numérico.

Este trabajo constituye una contribución al desarrollo de herramientas computacionales para la modelación de equilibrios magnetohidrodinámicos en plasmas confinados magnéticamente, con potencial aplicación en el diseño, control y optimización de dispositivos de fusión.

**Palabras Clave:** Tokamak; equilibrio MHD; Ecuación de Grad-Shafranov

**Autor de correspondencia:** miguel2201888@correo.uis.edu.co

## 7.16. Predicción de la Fatiga en Acero Mediante Técnicas de Aprendizaje Automático Supervisado

José M. Viaña<sup>1</sup>, Ricardo Vega Monroy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia

[jmigueldejesusviana@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:jmigueldejesusviana@mail.uniatlantico.edu.co)

**Resumen:** La predicción de la fatiga en materiales metálicos, especialmente en aceros, es un aspecto fundamental en campos como la ingeniería estructural, la industria manufacturera y la seguridad ocupacional. Comprender los factores que afectan la resistencia a la fatiga y desarrollar modelos predictivos precisos permite mejorar la eficiencia operativa, prevenir fallos estructurales y reducir riesgos laborales.

Este estudio presenta un análisis comparativo de distintos modelos de regresión aplicados a la predicción de la vida a fatiga en diversos tipos de acero, utilizando un conjunto de datos experimental.

Se evaluaron cuatro enfoques: regresión lineal, máquinas de soporte vectorial (SVR), árboles de decisión y redes neuronales.

La metodología incluyó el preprocesamiento de los datos, la división en conjuntos de entrenamiento y prueba, así como la optimización de hiperparámetros mediante búsqueda en malla para los modelos SVR y árbol de decisión.

El desempeño de los modelos fue evaluado utilizando el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el error cuadrático medio normalizado (NMSE). Además, se llevó a cabo un análisis de la importancia relativa de las variables predictoras y su correlación con la variable objetivo.

Los resultados obtenidos permiten identificar las técnicas más adecuadas para este tipo de predicción, aportando una base sólida para futuras aplicaciones en contextos industriales y de monitoreo estructural.

**Palabras Clave:** Fatiga del acero; Predicción de vida útil; Aprendizaje automático

**Autor de correspondencia:** [jmigueldejesusviana@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:jmigueldejesusviana@mail.uniatlantico.edu.co)

## 7.17. Dinámica y termodinámica de un sistema Jaynes–Cummings estimulado por láser

Carlos Alberto Riascos Moreno<sup>1</sup>, Paulo César Cárdenas Montoya<sup>2</sup>, Boris Anghelo Rodríguez Rey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Manizales, Departamento de Física y Matemáticas, Manizales, Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Antioquia, Instituto de Física, Medellín, Colombia

cariascosm@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se investiga la dinámica y termodinámica de un sistema cuántico compuesto por un punto cuántico acoplado a una nanocavidad óptica, el cual se describe mediante el modelo de Jaynes–Cummings.

El sistema es excitado por un pulso láser que modifica su evolución unitaria. Para dar cuenta de la interacción con el entorno, se consideran varios canales disipativos: reservorios que inyectan y extraen fotones, otros que generan y aniquilan excitones, y un canal de decoherencia pura.

La evolución temporal del sistema se determina resolviendo la ecuación maestra correspondiente bajo la aproximación markoviana.

A partir de esta dinámica, se calculan magnitudes termodinámicas clave como los flujos de calor, el trabajo y la producción de entropía. Finalmente, se analiza cómo estas cantidades dependen de los parámetros de excitación y disipación, demostrando que tanto la presencia de múltiples reservorios como la coherencia inducida por el láser afectan de manera fundamental la transferencia de energía y la irreversibilidad del proceso.

**Palabras Clave:** Jaynes–Cummings; nanocavidad óptica; puntos cuánticos; dinámica cuántica abierta; termodinámica cuántica

**Autor de correspondencia:** cariascosm@unal.edu.co

## 7.18. Extensión del modelo de opinión tipo Potts bajo medios masivos: efectos de un ruido social dinámico

Laura I. Nieto P.<sup>1</sup>, Angie V. Bernal J.<sup>2</sup>, Luder Espitia G.<sup>3</sup>, John H. Díaz F.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>4</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

linietop@udistrital.edu.co, avbernalj@udistrital.edu.co, lespitiag@udistrital.edu.co,  
jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se analizó la dinámica de opinión en un colectivo influenciado por su coherencia individual, la interacción con otros agentes y un campo externo constante, que representa la influencia de los medios de comunicación o las redes sociales. Se incorpora además ruido social dinámico, modelado mediante perturbaciones aleatorias: en ciertos intervalos de tiempo, un subconjunto aleatorio de agentes cambia su opinión al azar, sin seguir los criterios energéticos tradicionales. Esta modificación busca representar de forma más realista fenómenos sociales como la espontaneidad humana o los cambios repentinos de opinión.

Este tipo de estudios resulta relevante en el campo de la sociofísica, donde los modelos físicos permiten comprender procesos colectivos complejos y analizar cuantitativamente fenómenos sociales. Los resultados obtenidos serán contrastados con reportes previos en la literatura.

El sistema considerado se basa en el modelo bidimensional de Potts, el cual evoluciona mediante una dinámica de Monte Carlo microcanónica, manteniendo constante la energía total. El objetivo principal es estudiar la evolución del sistema bajo ciertas configuraciones iniciales que conducen a estados metaestables, en función de la intensidad del campo externo. Se espera que la presencia de ruido social dinámico altere la estabilidad energética del sistema. Por tanto, se analizará su evolución temporal y se comparará la distribución de opiniones en escenarios con y sin perturbaciones. La implementación se realizará en C++ utilizando programación orientada a objetos, con miras a facilitar futuras extensiones del modelo.

**Palabras Clave:** Modelo de Potts; dinámica de opiniones; ruido social dinámico

## 7.19. Ultrafast Laser Parameters Optimization through Machine Learning Techniques

J.S. Rojas-Rodriguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jusrojasrod@unal.edu.co

**Resumen:** Ultrafast lasers are characterized by their extremely short pulse durations, high repetition rates, broad spectral bandwidths, and high peak intensities. These properties make them indispensable tools in areas ranging from biomedical imaging to materials processing. However, achieving optimal pulse characteristics requires precise tuning of multiple laser parameters, which is often complex due to the nonlinear dynamics of the mode-locking process.

This work presents a machine learning-based approach for the optimization of ultrafast laser parameters. Specifically, a neural network is trained using simulated data derived from realistic models of pulsed laser systems (Haus master equation for active and passive modelocking). The simulation framework emulates the laser dynamics under various configurations, providing a dataset rich enough to capture the parameter space relevant to pulse quality.

The proposed model aims to optimize key performance indicators such as pulse duration, spectral width, peak intensity, and repetition rate. Preliminary results indicate that this approach can efficiently predict parameter sets that yield high-quality pulse regimes, potentially reducing the need for manual tuning and enabling adaptive laser systems.

This research opens the door to intelligent ultrafast laser design, where real-time optimization could be achieved through embedded learning algorithms.

**Palabras Clave:** Ultrafast lasers; Machine learning; Parameter optimization; Neural network; Numerical simulation

**Autor de correspondencia:** jusrojasrod@unal.edu.co

## 7.20. Reconocimiento de Actividades Físicas Utilizando Redes Neuronales Convolucionales y Sensores Inerciales

Dewin A. Soto<sup>1</sup>, Ricardo Vega Monroy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia

dewinasoto@mail.uniatlantico.edu.co

**Resumen:** Se propone un modelo predictivo de clasificación orientado a la identificación de actividades físicas realizadas por un usuario, utilizando datos capturados por un sensor inercial incorporado en un teléfono móvil iPhone 5c, que integra acelerómetro y giroscopio. El modelo fue desarrollado empleando redes neuronales convolucionales (CNN), dada su eficacia en la extracción automática de características espaciales y temporales.

La evaluación del desempeño se llevó a cabo mediante validación cruzada, utilizando la exactitud como métrica principal. Los resultados obtenidos evidencian un desempeño notable, con una precisión del 98 % y una curva ROC que refleja una alta capacidad discriminativa, incluso ante variaciones en el umbral de clasificación. Estas características hacen del modelo una herramienta potencialmente útil en aplicaciones relacionadas con el monitoreo de la salud, la detección temprana de enfermedades asociadas al sedentarismo y el fomento de estilos de vida activos.

**Palabras Clave:** Redes Neuronales Convolucionales (CNN); Validación Cruzada; Actividad Física; Monitoreo de la Salud

**Autor de correspondencia:** dewinasoto@mail.uniatlantico.edu.co

## 7.21. Modelado de la Cinética de Adsorción de Metales Pesados en Agua Mediante Simulación Monte Carlo Cinético (kMC) y Machine Learning Basado en Optimización Bayesiana

Germán Torres<sup>1</sup>, Hernán Salinas<sup>2</sup>, Cesar Barrero<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

german.torres@udea.edu.co, hernan.salina@udea.edu.co, cesar.barrero@udea.edu.co

**Resumen:** La presencia de metales pesados como As, Pb y Sb en cuerpos de agua, producto de actividades industriales, mineras y agrícolas, representa un problema ambiental y de salud pública a nivel global. Entre las estrategias utilizadas para su remoción del medio acuoso, la adsorción en materiales sólidos resulta particularmente atractiva por su eficacia, bajo costo y mínimo impacto ambiental. Comprender los mecanismos que controlan estos procesos, especialmente su cinética, es clave para mejorar su desempeño.

Con este propósito, se desarrolló un modelo basado en Monte Carlo Cinético (kMC) para simular la adsorción de metales disueltos en agua, y ajustar su evolución temporal a datos experimentales. Para ello, se empleó una red bidimensional ( $L \times L$ ) como representación abstracta de los sitios activos de un material adsorbente, considerando tres eventos estocásticos fundamentales: adsorción, desorción y difusión.

Las probabilidades de ocurrencia de estos eventos se calcularon a partir de tasas de transición tipo Arrhenius, cuyas barreras energéticas dependen de un Hamiltoniano que incorpora interacciones locales entre primeros vecinos. Para reproducir la cinética observada con datos experimentales, se empleó un enfoque de machine learning basado en optimización bayesiana, mediante el cual se ajustaron los parámetros del modelo kMC, minimizando el error cuadrático medio (MSE) entre las curvas simuladas y las curvas experimentales.

Los resultados demuestran que la integración del modelo cinético de Monte Carlo con técnicas de optimización bayesiana captura adecuadamente las tendencias experimentales.

**Palabras Clave:** Adsorción de metales pesados; Monte Carlo cinético; Optimización bayesiana; Machine Learning

## 7.22. Autómatas Celulares y Cultura Vial: Un Problema Social Modelado desde la Física

Alejandro Vela Morales<sup>1</sup>, Gonzalo Edgardo Pedraza G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana / Facultad Ciencias Exactas y Naturales – Programa de Física, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20201188557@usco.edu.co

**Resumen:** Este estudio propone analizar el comportamiento del flujo vehicular en el paso elevado entre la Universidad Surcolombiana y la clínica "Medilaser.<sup>en</sup> Neiva, con el objetivo de caracterizar las condiciones de flujo en los pasos peatonales elevados y, consecuentemente, generar conciencia sobre la cultura vial. El paso elevado es una estructura diseñada para optimizar el flujo de tráfico y reducir puntos de conflicto, donde su uso es solo para peatones, pero su eficacia depende en gran medida del comportamiento de los usuarios. Se aplicarán conceptos físicos fundamentales y la interacción de elementos en un sistema, tratando el tráfico como un sistema dinámico complejo donde las decisiones individuales impactan el colectivo. Utilizando datos reales del flujo vial, se simulará como autómatas celulares en un entorno virtual y controlado el comportamiento de los actores viales.

Los resultados buscarán evidenciar cómo conceptos Físicos revelan patrones de uso inadecuado del paso elevado, la falta de empatía entre conductores y peatones, y la transgresión de normas de tránsito. Por ejemplo, se registran cifras significativas de siniestros viales anualmente, muchos de ellos atribuibles a imprudencia y falta de cultura ciudadana. Se espera concluir que la física ofrece herramientas predictivas y analíticas poderosas para entender dinámicas complejas del mundo real, contribuyendo no solo a la promoción de una mejor cultura vial, sino también destacando la relevancia de la ciencia en la solución de problemas cotidianos y la sensibilización social hacia un entorno urbano más seguro y armónico.

**Palabras Clave:** Física aplicada; Flujo vehicular; Simulación Python

**Autor de correspondencia:** u20201188557@usco.edu.co

### 7.23. Caracterización experimental y computacional de osciladores de Chua acoplados: dinámica caótica y sincronización

Issabela D. Ortiz I.<sup>1</sup>, Samuel E. Paredes B.<sup>2</sup>, John H. Díaz F.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

idel\_pinaro@udistrital.edu.co, separedesb@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta un estudio combinado, experimental y computacional, de la dinámica caótica en un sistema de osciladores de Chua acoplados. Se han realizado montajes de laboratorio y simulaciones numéricas preliminares para explorar los regímenes de oscilación y las condiciones bajo las cuales emerge la sincronización caótica. El acoplamiento se implementa mediante un término lineal  $k(x_1 - x_2)$ , donde  $x_1$  y  $x_2$  son las variables de estado de cada oscilador, permitiendo analizar cómo la intensidad del acoplamiento modifica la topología de los atractores y los diagramas de fase del sistema.

Los resultados preliminares muestran la reproducción de atractores caóticos característicos del oscilador de Chua y la aparición de sincronización parcial para ciertos valores del parámetro  $k$ . A partir de estos avances, se propone profundizar en la caracterización cuantitativa del caos mediante la estimación de exponentes de Lyapunov, la construcción de mapas de Poincaré y la comparación con resultados reportados en la literatura, con el fin de validar el modelo y comprender mejor la influencia del acoplamiento en la dinámica colectiva.

Asimismo, se plantea explorar, de forma prospectiva, el potencial del sistema para aplicaciones futuras, como esquemas de criptografía caótica y generación de claves dinámicas, dada su alta sensibilidad a las condiciones iniciales. Se presentarán visualizaciones numéricas obtenidas mediante Python y Gnuplot, incluyendo diagramas de fase, espectros de frecuencia y medidas de sincronización, junto con los datos experimentales para una comparación detallada.

**Palabras Clave:** Oscilador de Chua; sistemas acoplados; caos determinista; sincronización caótica; exponentes de Lyapunov; simulación numérica

## 7.24. Caracterización experimental y computacional de osciladores de Chua acoplados: dinámica caótica y sincronización

Issabela D. Ortiz I.<sup>1</sup>, Samuel E. Paredes B.<sup>2</sup>, John H. Díaz F.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

idel\_pinaro@udistrital.edu.co, separedesb@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu

**Resumen:** En este trabajo se presenta un estudio combinado, experimental y computacional, de la dinámica caótica en un sistema de osciladores de Chua acoplados. Se han realizado montajes de laboratorio y simulaciones numéricas preliminares para explorar los regímenes de oscilación y las condiciones bajo las cuales emerge la sincronización caótica. El acoplamiento se implementa mediante un término lineal  $k(x_1 - x_2)$ , donde  $x_1$  y  $x_2$  son las variables de estado de cada oscilador, permitiendo analizar cómo la intensidad del acoplamiento modifica la topología de los atractores y los diagramas de fase del sistema.

Los resultados preliminares muestran la reproducción de atractores caóticos característicos del oscilador de Chua y la aparición de sincronización parcial para ciertos valores del parámetro  $k$ . A partir de estos avances, se propone profundizar en la caracterización cuantitativa del caos mediante la estimación de exponentes de Lyapunov, la construcción de mapas de Poincaré y la comparación con resultados reportados en la literatura, con el fin de validar el modelo y comprender mejor la influencia del acoplamiento en la dinámica colectiva.

Asimismo, se plantea explorar, de forma prospectiva, el potencial del sistema para aplicaciones futuras, como esquemas de criptografía caótica y generación de claves dinámicas, dada su alta sensibilidad a las condiciones iniciales. Se presentarán visualizaciones numéricas obtenidas mediante Python y Gnuplot, incluyendo diagramas de fase, espectros de frecuencia y medidas de sincronización, junto con los datos experimentales para una comparación detallada.

**Palabras Clave:** Oscilador de Chua; sistemas acoplados; caos determinista; sincronización caótica; exponentes de Lyapunov; simulación numérica

## 7.25. Relaxation Dynamics of Salicylidene-1-naphthylamine: A DFT/TDDFT Case Study on the ESIPT Mechanism

Andres Castaño-Hurtado<sup>1</sup>, Leandro Ortiz-Tabares<sup>2</sup>, William Rodríguez-Córdoba<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Medellín, Colombia

werodriguezc@unal.edu.co

**Abstract:** In this contribution we present a DFT/TDDFT and ab-initio molecular dynamics studies to characterize effect of the substituent groups in the relaxation mechanism of salicylidene-1-naphthylamine and some of its para substituted derivatives. Our objectives were to study the tunability of the fluorescence emission in Schiff bases through electron donor and acceptor groups, which enhance the light emission properties of the system in a specific region in the visible spectra.

Our calculations show two competitive deactivation processes for the enol S1 state: the N=C double bond isomerization resulting in the twisted enol form, and the excited state intramolecular proton transfer (ESIPT) producing the keto tautomer. The keto species may undergo a cis–trans isomerization producing the trans-keto photochromic product. The ESIPT reaction in the S1 surface occurs as a barrierless process where the initial wave packet evolves in a repulsive potential toward the fluorescent cis-keto tautomer within 100 fs, as evidenced by the results obtained for all Schiff bases used in this study.

**Key Words:** Excited-State Intramolecular Proton Transfer; Schiff bases; Cis–trans isomerization

**Corresponding Author:** werodriguezc@unal.edu.co

## 7.26. Desplazamientos de fase por dispersión neutrón-protón

Jhon Perdomo<sup>1</sup>, Daniel Suescún<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

u20201188631@usco.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se presenta el problema de dispersión neutrón-protón a través de la ecuación de función de fase. El objetivo principal consiste en simular y estudiar el cambio de fase utilizando potenciales de Malfliet-Tjon (MT), Morse y Manning-Rosen (MR) comparando los resultados con los datos experimentales. Por tal razón, se resolvió la ecuación de fase con los métodos de Euler y Runge-Kutta implementados en Fortran para los distintos potenciales. Esto permitió estudiar la forma y el alcance de los potenciales, la interacción dependiente del estado y el comportamiento de la fase en función de la distancia y la energía cinética de las partículas incidentes.

En una primera simulación, el potencial de MT mostró el mejor ajuste a los datos experimentales para el estado triplet, mientras que para el singlet solo mejoró a energías superiores a 50 MeV. Los potenciales de Morse y MR arrojaron buenos resultados hasta los 50 MeV. Una segunda simulación con nuevos parámetros confirmó la convergencia de la implementación en Fortran 90, produciendo cambios de fase consistentes para tamaños de paso pequeños sin modificar valores iniciales.

Se observó una mejora significativa en la fase, con errores respecto a los datos experimentales de 0.5 % para MT, 0.7 % para Morse y 8.3 % para MR hasta 50 MeV. Este análisis corrobora el alcance de la fuerza nuclear y la correspondencia con los datos experimentales. Se valida la necesidad de métodos numéricos y potenciales fenomenológicos para caracterizar la fuerza nuclear entre nucleones.

**Palabras Clave:** Dispersión n-p; Método de función de fase; Euler; Runge-Kutta cuarto orden

**Autor de correspondencia:** u20201188631@usco.edu.co

## 7.27. Dinámica de sincronización en redes de conectividad cerebral: una aproximación con el modelo de Kuramoto

Laura C. Triana M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

lctrianam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Los modelos computacionales tipo whole-brain han desempeñado un papel clave en el estudio de la dinámica cerebral al permitir la simulación e interpretación de las interacciones neuronales a gran escala. Entre ellos, los modelos fenomenológicos ofrecen una representación simplificada pero efectiva de las dinámicas globales sin recurrir a una descripción detallada de los procesos biológicos, un ejemplo destacado es el modelo de Kuramoto, que describe la evolución temporal de un conjunto de osciladores acoplados a través de sus fases. Este modelo, con origen en la física de sistemas no lineales permite estudiar fenómenos de sincronización colectiva, como los que emergen en sistemas complejos auto-organizados.

En su aplicación al estudio del cerebro, cada oscilador representa una región del cerebro, y el acoplamiento entre ellos simula la interacción funcional o estructural entre áreas corticales. Esta abstracción permite investigar cómo surgen patrones de sincronización parcial o global, similares a los observados en estados de reposo o actividad cognitiva.

El presente trabajo busca implementar el modelo de Kuramoto en redes dinámicas mediante simulaciones en Python con la librería `neurolib`, incorporando retrasos temporales en los acoplamientos que dependen de la distancia entre las regiones cerebrales simuladas. Aunque aún no se utilizan datos empíricos, se proyecta incorporar redes obtenidas mediante resonancia magnética funcional y por difusión (fMRI y dMRI) para contrastar las simulaciones con configuraciones cerebrales reales. Esta propuesta contribuye, desde una perspectiva física, a la comprensión de los principios organizativos de la dinámica cerebral.

**Palabras Clave:** Modelo de Kuramoto; Sincronización; Ciencia de redes

## 7.28. Simulación de la atenuación de rayos gamma en tejidos biológicos utilizando Geant4 y ROOT

Laura I. Nieto P.<sup>1</sup>, Angela S. Malagón P.<sup>2</sup>, John H. Díaz F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

linietop@udistrital.edu.co, asmalagonp@udistrital.edu.co, jhdiazf@udistrital.edu.co

**Resumen:** La interacción de la radiación gamma con tejidos biológicos es relevante tanto en el diagnóstico médico por imágenes como en la protección radiológica. En este trabajo se propone el desarrollo de una simulación computacional utilizando la herramienta Geant4 para modelar la atenuación de rayos gamma en materiales biológicos como músculo, hueso y agua. El objetivo principal es estudiar la disminución de la intensidad del haz al atravesar distintos espesores de estos materiales y comparar los resultados con documentación teórica.

La simulación se implementará en C++, siguiendo una estructura modular y orientada a objetos, con el fin de definir claramente la geometría del sistema, la fuente de radiación, los materiales involucrados y los detectores de rayos gamma. Para el análisis de los datos generados —como el número de eventos transmitidos y la energía depositada— se empleará ROOT, permitiendo evaluar la atenuación según el material y su espesor.

La estructura del código permite modificar parámetros como los materiales o el tipo de radiación, lo que brinda versatilidad para analizar otros escenarios, como la eficiencia de blindaje de diferentes materiales. En conclusión, se presenta una introducción al uso de software científico con aplicaciones prácticas en física médica nuclear, con una posible extensión hacia el análisis en protección radiológica.

**Palabras Clave:** Radiación gamma; Geant4; atenuación; tejidos biológicos; física médica; ROOT

## 7.29. Cálculo de Vida media en la Desintegración alfa Usando Formulas semi-empíricas y la Aproximación WKB

Jose Martínez Velasco<sup>1</sup>, Daniel Suescún Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

josemave280333@gmail.com

**Resumen:** En este trabajo se presenta un estudio del decaimiento alfa, un proceso fundamental en la física nuclear por su relación con la estabilidad de los núcleos y la identificación de elementos pesados. Se comparan las fórmulas semi-empíricas y la aproximación WKB (Wentzel, Kramers, Brillouin) como métodos para calcular el tiempo de vida media de emisores alfa, evaluando su precisión frente a datos experimentales.

Para ello, se utilizaron bases de datos nucleares, integración numérica, programación en Fortran y manejo de datos con Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL). Se calcularon las vidas medias de 477 isótopos, observando diferencias en la precisión según el modelo empleado. El modelo de Poenaru resultó ser uno de los menos precisos, reproduciendo de manera aceptable solo los primeros 50 isótopos.

En contraste, el modelo de potencial de Coulomb y potencial de proximidad con formalismo de potencial Bass73 (CPPM-Bass73) mostró una mayor consistencia general, mientras que la fórmula de Viola-Seaborg-Sobiczewski (VSS) presentó un mejor desempeño en ciertas configuraciones nucleares, especialmente cuando el número de protones es par y el de neutrones impar, superando incluso al CPPM-Bass73 en esos casos.

Los resultados confirman que los modelos aplicados permiten reproducir adecuadamente los datos experimentales y constituyen una base sólida para futuros estudios sobre la desintegración alfa.

**Palabras Clave:** Desintegración alfa; Tiempo de vida media; Aproximación WKB; fórmulas semi-empíricas

**Autor de correspondencia:** josemave280333@gmail.com

## 7.30. Soluciones libres de malla a problemas de fenómenos de transporte

Matías Restrepo<sup>1</sup>, Santiago Andrés Rubiano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad EIA, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad EIA, Medellín, Colombia

santiago.rubiano@eia.edu.co

**Resumen:** En la investigación se utilizó el método de colocación con funciones de base radial para encontrar soluciones computacionales a diversas ecuaciones de interés físico. Este método permite aproximar las soluciones a partir de una distribución arbitraria de puntos en el dominio de interés, a diferencia de otros métodos numéricos que dependen de una malla.

Las funciones de base radial permiten reducir el problema a la solución de un sistema de ecuaciones lineal o no lineal que se puede solucionar con métodos como Levenberg-Marquardt. En un comienzo se trabajó la ecuación de Laplace en diversas geometrías bidimensionales, consiguiendo resultados de acuerdo con las soluciones analíticas existentes y otros modelos computacionales hasta la tercera cifra decimal.

Posteriormente la investigación se enfocó en resolver las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido incompresible con presión conocida o desconocida, obstáculos y geometrías variadas. En este apartado, se ha encontrado una correspondencia con las soluciones analíticas disponibles hasta el orden de  $10^{-4}$ .

Además, las funciones de base radial permiten una formulación sencilla de problemas con variación temporal, por lo que también es posible abordar este tipo de situaciones. Se concluye que la interpolación con funciones de base radial es un método numérico viable para abordar problemas de gran interés físico en los fenómenos de transporte.

**Palabras Clave:** Funciones de base radial; Métodos numéricos; Fenómenos de transporte

### 7.31. Estudio comparativo del comportamiento micromagnético de una nanopartícula bajo campos magnéticos oscilantes y rotantes

Nathaly Roa<sup>1</sup>, Johans Restrepo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia / Instituto de Física, Medellín, Colombia

johans.restrepo@udea.edu.co

**Resumen:** Recientemente, las nanopartículas magnéticas han adquirido gran importancia para aplicaciones tecnológicas y biomédicas como lo es la terapia basada en hipertermia magnética, en la que las nanopartículas se exponen a campos magnéticos alternos para calentar localmente zonas específicas del cuerpo para tratamiento del cáncer [?].

La dinámica de magnetización de una nanopartícula bajo un campo magnético externo a temperatura cero se describe mediante la ecuación determinista de Landau-Lifshitz-Gilbert [?]:

$$\frac{d\mathbf{m}}{dt} = -\frac{\gamma}{1+\alpha^2}(\mathbf{m} \times \mathbf{H}_{\text{eff}}) - \frac{\gamma\alpha}{1+\alpha^2}[\mathbf{m} \times (\mathbf{m} \times \mathbf{H}_{\text{eff}})]$$

donde  $\mathbf{m}$  es el vector de magnetización normalizado,  $\alpha$  y  $\gamma$  representan el parámetro de amortiguamiento de Gilbert y la relación giromagnética, respectivamente, mientras que  $\mathbf{H}_{\text{eff}}$  es el campo magnético efectivo.

En este trabajo, se estudió la respuesta de la magnetización en condiciones de campo magnético (i) oscilante y (ii) rotante, descritas respectivamente por:

$$\mathbf{H}_{\text{osc}} = H_0(0, 0, \sin[2\pi ft - \phi_z]), \quad \mathbf{H}_{\text{rot}} = H_0(0, \sin(2\pi ft - \phi_y), \sin(2\pi ft - \phi_z))$$

donde  $H_0$ ,  $f$  y  $\phi$  representan la amplitud, frecuencia y fase de los campos magnéticos externos.

Se consideraron nanopartículas de magnetita bajo estos campos externos, y la dinámica de magnetización se simuló utilizando la plataforma Ubermag [?].

**Palabras Clave:** Nanopartículas magnéticas; Campo rotante; Histéresis magnética

**Autor de correspondencia:** johans.restrepo@udea.edu.co

## 7.32. Hacia la mejora de la calidad del software científico: propuesta metodológica evaluada en contextos formativos

Luis Quiroga<sup>1</sup>, Leonard Gómez<sup>2</sup>, Cristina López<sup>3</sup>, Sofía Casallas<sup>2</sup>, Juliana Ruiz<sup>2</sup>, Santiago Pérez<sup>2</sup>, Ismael Hincapié<sup>2</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

<sup>3</sup>Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia

lfequirogap@poligran.edu.co

**Resumen:** El desarrollo de software científico desempeña un papel central en la investigación contemporánea, especialmente en áreas de las ciencias exactas, donde las simulaciones permiten modelar y estudiar fenómenos complejos de difícil acceso experimental. Sin embargo, en contextos académicos y profesionales, persisten desafíos relacionados con la eficiencia, mantenibilidad, reproducibilidad y calidad del código producido por científicos sin formación estructurada en ingeniería de software, lo que dificulta el escalamiento y cumplimiento de estándares de calidad de las soluciones computacionales. Este trabajo presenta una propuesta de una guía metodológica orientada al desarrollo de software científico que le permita a los académicos generar desarrollos de alta calidad. Esta será evaluada a través de un estudio comparativo en un entorno educativo (Wilson et al., 2014; Goel & Kaur, 2025; Modak & Rahaman, 2025).

Para esto, se diseñó un software de análisis de estabilidad de discos galácticos en simulaciones como caso de estudio, ejecutado por estudiantes universitarios distribuidos en dos grupos: uno siguiendo la guía de desarrollo y otro sin ella. La calidad se evaluará con base en criterios técnicos, estructurales y procesuales, incluyendo la calidad del código, el rendimiento del software, el tiempo de desarrollo y la percepción de los participantes.

Se presentan resultados parciales de la investigación que muestran cómo el uso de la guía reduce el tiempo de desarrollo y mejora los criterios de calidad de software final construido por los estudiantes, mostrando un efecto positivo en el proceso de desarrollo de software científico en contextos formativos y de investigación.

**Palabras Clave:** Ingeniería de software; Software científico; Buenas prácticas de programación.

**Autor de correspondencia:** lfequirogap@poligran.edu.co

### 7.33. Método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo en dos dimensiones para campos electromagnéticos: implementación paralela en CPU y GPU

Santiago Talero Parra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

stalerop@udistrital.edu.co

**Resumen:** El método Finite Difference Time Domain (FDTD) constituye una herramienta numérica versátil para la simulación de la propagación de campos electromagnéticos. Su principal particularidad es la discretización tanto del espacio como del tiempo, lo que permite un tratamiento explícito y directo de la evolución de los campos eléctricos y magnéticos a través de métodos computacionales.

En este trabajo presentamos la implementación del FDTD en dos dimensiones, considerando diferentes fuentes de campo, entre ellas pulsos gaussianos y señales sinusoidales. La motivación surge del potencial de este método, poco usualmente aplicado en la comunidad académica nacional, para explorar fenómenos electromagnéticos de manera eficiente y precisa.

La metodología incluye rutinas desarrolladas en C++ con paralelización mediante OpenMP, así como la extensión del algoritmo a CUDA para aprovechar la capacidad de cómputo masivo en GPU. Se realizaron comparaciones de rendimiento en función del tamaño de la malla y del número de pasos temporales, analizando métricas de speed-up y eficiencia. Los resultados muestran que la versión en GPU alcanza aceleraciones significativas frente a la implementación en CPU, lo que habilita la simulación de sistemas más complejos en dos y tres dimensiones.

Se concluye que la combinación del FDTD con técnicas de cómputo paralelo constituye un aporte relevante para la investigación y la enseñanza en física computacional, optimizando la exploración numérica de fenómenos electromagnéticos en escenarios realistas.

**Palabras Clave:** FDTD; Campos Electromagnéticos; Paralelización; CUDA; OpenMP

## 7.34. Estudio computacional de estados magnéticos en nanodiscos con interacción Dzyaloshinskii-Moriya

S. Mindiola<sup>1</sup>, M. García-Quimbayo<sup>2</sup>, J. Agudelo-Giraldo<sup>3</sup>, J. Montes-Monsalve<sup>4</sup>, A. Álvarez-Meza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001

<sup>2</sup>Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001

<sup>3</sup>Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, 170002

<sup>4</sup>Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz

<sup>5</sup>Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001

smindiola@unal.edu.co; migarciaq@unal.edu.co; josed.agudelog@autonoma.edu.co; jimontesm@unal.edu.co; amalvarezme@unal.edu.co

**Resumen:** La interacción de Dzyaloshinskii-Moriya (DM) es decisiva para las tecnologías espintrónicas emergentes—memorias de alta densidad, procesamiento de señales, comunicaciones ultrarrápidas y sensores de alta sensibilidad— por medio del aprovechamiento de estructuras tipo de vórtices, espirales y otras texturas magnéticas no colineales. Estos patrones, sólo descritas por el modelo de Heisenberg, surgen de la competencia entre intercambio, anisotropía magnetocristalina, campo externo, anisotropía de superficie y la propia interacción DM.

Estudiamos esta competencia en nanodiscos de cinco capas y radio 20 celdas cúbicas con efectos de borde y transición magnética de segundo orden. La constante de intercambio se fijó en 1 meV, situando la temperatura de Curie en 15,3 K. Se empleó un algoritmo Metropolis-Monte Carlo con 20 000 pasos por temperatura (promedios desde el paso 10 000); la temperatura descendió de 20 K a 0,1 K en intervalos de 0,1 K. Cada condición se promedió sobre 100 corridas, obteniendo curvas de energía, calor específico, magnetización y susceptibilidad magnética.

El resultado central es un diagrama de fases que cartografía la estabilidad y diversidad de estados magnéticos frente a la intensidad de DM, la anisotropía cristalina y el campo externo, destacando regiones donde la temperatura induce transiciones topológicas. Este mapa revela ventanas operativas para diseñar dispositivos espintrónicos que exploten las propiedades de las configuraciones observadas.

**Palabras Clave:** Dzyaloshinskii-Moriya; texturas magnéticas; Nanodispositivos; Spintrónica; Modelo de Heisenberg

**Autor de correspondencia:** smindiola@unal.edu.co

### 7.35. Simulación de Espectros UV-Vis en Estructuras de Grafeno Oxidado

Carlos Andrés Vidal Betancourt<sup>1,2,3</sup>, Jhon Jairo Prías Barragán<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Ciencias-Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>4</sup>Programa de Tecnología e Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

cavidal@uniquindio.edu.co

**Resumen:** Se presenta la simulación computacional de espectros UV-Vis en estructuras de Grafeno Oxidado empleando el método de campos de fuerza, implementado en el software Materials Studio y su comparación con resultados experimentales. En la optimización geométrica y energética de las estructuras de Grafeno Oxidado de 0, 5, 9, 13 y 16 %, se empleó el módulo Valence Approximation Molecular Orbital Package (VAMP). Se encontró una alta concordancia entre los espectros calculados teóricamente y los obtenidos experimentalmente.

La respuesta espectral calculada mediante VAMP reproduce de manera cualitativa las tendencias observadas experimentalmente en la posición e intensidad de las principales bandas de absorción, asociadas a transiciones electrónicas  $\pi-\pi^*$  y  $n-\pi^*$ , tal como era de esperarse. Esta concordancia respalda la validez del enfoque semi-empírico empleado, el cual busca describir sistemas extendidos basados en carbono funcionalizado, aun cuando presentan heterogeneidad estructural.

La correspondencia entre las simulaciones y los datos experimentales sugiere que las técnicas de modelado computacional pueden constituir una herramienta eficaz en la predicción de las propiedades ópticas de materiales derivados del grafeno. Se plantea la aplicación de las simulaciones computacionales como estrategia de apoyo a la caracterización experimental, con el fin de optimizar recursos y orientar la síntesis hacia composiciones de interés específico.

Los resultados sugieren que el grafeno oxidado, debido a su estructura funcionalizada con grupos epóxidos e hidroxilos, presenta aplicaciones potenciales en sensores y dispositivos electrónicos basados en fotocatalizadores y propiedades optoelectrónicas.

**Palabras Clave:** Óxido de grafeno; UV-Vis; Espectroscopia; Simulaciones Computacionales.

**Autor de correspondencia:** cavidal@uniquindio.edu.co

## 7.36. Entre Peones y Partículas: Mecánica Estadística del Ajedrez

Daniela Torres<sup>1</sup>, María Amariles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

ldtorrest@udistrital.edu.co, maamarilesr@udistrital.edu.co

**Resumen:** Se realizó una analogía utilizando un juego como el ajedrez para poder explorar cómo las implicaciones conceptuales de este nos permiten repensar un sistema complejo que nace a partir de la teoría de juegos, desde una perspectiva mecanoestadística.

En este enfoque, se plantea la existencia de dos tipos distintos de ensambles que representan el comportamiento global de todas las configuraciones posibles dentro de una partida real de ajedrez. A partir de esta propuesta, se desarrolla una simulación computacional que permite observar cómo los cambios de todas las variables usuales termodinámicas del sistema están directamente relacionados con lo que, dentro del contexto del juego, se entienden como posiciones abiertas, cerradas, medio juego, finales, etc.

Esta relación nos lleva a reflexionar nuevamente sobre los conceptos de la física utilizados, no solo como construcciones teóricas abstractas, sino como expresiones fundamentales de la naturaleza, abriendo la posibilidad de interpretar el juego y sus dinámicas como una forma de interacción con los principios que rigen los sistemas físicos.

**Palabras Clave:** Teoría de juegos; Mecánica estadística; Ajedrez; Termodinámica.

### 7.37. Interacción de átomos de sodio en estructuras de Grafeno Oxidado vía DFT

L.V. Gutiérrez-López<sup>1</sup>, J.J. Prías-Barragán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Programa de Química / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

lvgutierrezl@uqvirtual.edu.co

**Resumen:** Explicar fenómenos como la quimisorción, la fisisorción y la reducción observados en estructuras de grafeno oxidado (GO) tipo armchair, buscando su reducción; es de gran interés en ciencias básica y aplicada.

Por lo anterior, este trabajo exploró la interacción de átomos de sodio (Na) en estructuras de Grafeno Oxidado (GO), buscando su reducción y empleando la teoría del funcional de la densidad (DFT).

Los cálculos computacionales por DFT permitieron entender el comportamiento de los grupos multifuncionales presentes en el GO, cuando átomos de Na se aproximan a distintas posiciones de la superficie del GO. Las estructuras fundamentales de GO fueron implementadas en el software VASP (Vienna Ab initio Simulation Package). Se realizaron optimizaciones geométricas y en energía, cálculos de energías de adsorción y el análisis de las cargas de Bader.

Se encontró que la presencia de un átomo de Na en las proximidades del GO, induce una reducción en los grupos funcionales hidroxilo, debido a la formación de especies tales como NaOH o complejos NaOH-H<sub>2</sub>O, dependiendo del entorno químico. Asimismo, se observó que las energías de adsorción son relativamente bajas, lo cual sugiere que, en la mayoría de los casos, el proceso corresponde a fenómenos de fisisorción, posiblemente atribuido a que no se forma un enlace químico fuerte entre el Na y el GO.

Estos resultados sugieren al sodio como una excelente alternativa para reducir la oxidación en el GO.

**Palabras Clave:** Grafeno Oxidado; interacción Na-GO; cálculos computacionales; VASP.

**Autor de correspondencia:** lvgutierrezl@uqvirtual.edu.co

## **Capítulo 8**

# **FÍSICA FUNDAMENTAL**

## 8.1. Systematic study of the structure of $b$ and $b^-$ jets at low $P_T$

Tomas Sosa Giraldo<sup>1</sup>, Juan José Montoya<sup>1</sup>, José David Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

**Resumen:** We present a systematic study of low- $p_T$  jets using event samples generated in MadGraph5 and analyzed with ROOT. Three production channels are considered: 1.  $qq^- \rightarrow Zbb^-$ , 2.  $qq^- \rightarrow Z'bb^-$ , 3.  $gbb^-$

Jets are clustered with the anti- $k_T$  algorithm ( $R=0.4$ ). By comparing their transverse-momentum spectra across multiple  $p_T$  selection thresholds, we uncover pronounced distinctions that will inform and enhance the development of deep-learning based  $b$ -tagging algorithms.

**Palabras Clave:** B-tagging; Deep Learning; Quark  $b$ .

**Autor de correspondencia:** tomas.sosa@udea.edu.co, juan.montoya110@udea.edu.co

## 8.2. La Eikonal como Puente a la Ecuación de Schrödinger: Límite Clásico y Aproximación JWKB

Julian L. Avila<sup>1</sup>, Asdrubal Moreno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

jlavilam@udistrital.edu.co

**Resumen:** Se presenta una derivación de la ecuación de Schrödinger desde la formulación Hamilton-Jacobi para elucidar la transición conceptual entre la mecánica clásica y la cuántica. La metodología se centra en la analogía óptico-mecánica de Hamilton, que establece un isomorfismo formal entre la ecuación de Hamilton-Jacobi para la acción ( $S$ ) y la ecuación eikonal de la óptica geométrica. Al postular una función de onda de la forma  $\psi \propto e^{iS/\hbar}$ , se establece un puente directo hacia la mecánica ondulatoria, cuyo resultado principal es la obtención de la ecuación de Schrödinger como la ley de propagación para dicha onda.

Este enfoque revela que la mecánica clásica emerge como el límite de la mecánica cuántica cuando  $\hbar \rightarrow 0$ . Dicha relación es formalizada matemáticamente por el teorema de aproximación JWKB, el cual, al aplicarse a la ecuación de Schrödinger, recupera la ecuación de Hamilton-Jacobi en su orden más bajo, demostrando que la trayectoria clásica es una aproximación de la propagación de la onda de probabilidad.

En conclusión, el análisis subraya la profunda relación estructural: la mecánica clásica es a la mecánica cuántica lo que la óptica geométrica es a la óptica ondulatoria. Se evidencia cómo un problema físico fundamental se resuelve al identificar su isomorfismo con teoremas generales de la física matemática, proveyendo un marco unificado que valida la coherencia entre ambas descripciones.

**Palabras Clave:** Ecuación de Schrödinger; Analogía Óptico-Mecánica; Aproximación JWKB

### 8.3. Estado actual de las anomalías $R(D)$ y $R(D^*)$ y su interpretación en términos de nueva física

Néstor Quintero-Poveda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física y Programa de Física, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

nquintero@ut.edu.co

**Resumen:** Las cocientes  $R(D)$  y  $R(D^*)$ , que comparan los decaimientos semileptónicos de mesones B hacia leptones tau frente a leptones ligeros, han mostrado desviaciones persistentes respecto a las predicciones del Modelo Estándar durante más de una década. Estos resultados, obtenidos por experimentos como BaBar, Belle, LHCb y más recientemente Belle II, han despertado un notable interés en la comunidad de física de altas energías, pues podrían señalar violaciones de la universalidad leptónica y abrir una ventana a nueva física.

En esta presentación revisaremos el estado actual de las mediciones, los avances experimentales más recientes y la consistencia de los datos globales. Asimismo, discutiremos las principales interpretaciones teóricas propuestas, incluyendo modelos con bosones vectoriales pesados y leptokuarks, resaltando las perspectivas futuras en la búsqueda de una explicación coherente para estas anomalías.

**Palabras Clave:** Decaimientos semileptónicos de mesones B; Universalidad leptónica; Anomalías

**Autor de correspondencia:** nquintero@ut.edu.co

## 8.4. Operador de fase cuántica en el formalismo de la transformación de Fourier Fraccionaria

Miguel Jafert Serrano Mantilla<sup>1</sup>, Rafael Ángel Torres Amaris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

miguel2258037@correo.uis.edu.co, rafael.torres@uis.edu.co

**Resumen:** El problema de la fase cuántica constituye uno de los aspectos más sutiles y aún no completamente resueltos de la mecánica cuántica. Aunque se han logrado avances significativos, persisten desafíos conceptuales y formales en su descripción rigurosa. En este trabajo, se presenta un enfoque basado en la Transformada de Fourier Fraccionaria (TFF) con el objetivo de aportar una mayor claridad matemática y conceptual al estudio de la fase cuántica.

Mostramos que la TFF proporciona un marco natural para explorar la estructura de fase en sistemas cuánticos, al permitir una caracterización precisa de la rotación en el espacio de fase de la función de Wigner. Esta perspectiva conduce, además, a la construcción de un operador de fase hermítico cuya relación de conmutación con un operador número, acotado inferiormente, reproduce la forma propuesta por Jude y Lewis.

Nuestros resultados destacan el papel fundamental de la TFF como herramienta analítica en la teoría cuántica de la fase, abriendo nuevas posibilidades para su formulación y comprensión desde una perspectiva operatorial y de representación de estados. Esta aproximación no solo ofrece un marco consistente con la mecánica cuántica estándar, sino que también permite reinterpretar aspectos previamente considerados ambiguos dentro del tratamiento tradicional.

**Palabras Clave:** Fase; Operador; Transformación

## 8.5. Micro:bit Herramienta para la enseñanza de la Matemática y Física

Augusto Alexander Ríos Riaño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Tolima / Institución Raíces del Futuro, Ibagué, Colombia

alexanderiosriano@gmail.com, aariosr@ut.edu.co

**Resumen:** El objetivo: Fortalecer el aprendizaje de las matemáticas y la física, activando la experimentación y el desarrollo de competencias tecnológicas, mediante la implementación de la tarjeta micro:bit en el Colegio Raíces del Futuro de la ciudad de Ibagué (Tolima).

La metodología se basa en la integración de la Micro:bit en proyectos interdisciplinarios transversales, utilizando sus componentes incorporados en la tarjeta (matriz de LED, botones, acelerómetro, brújula y sensores) para diseñar experiencias educativas en física, matemáticas, robótica y electrónica. En la tarjeta se emplean entornos de programación visual por bloques, adecuados para facilitar la comprensión y la participación estudiantil. El proyecto se desarrolla dentro de la estrategia del Ministerio de Educación Nacional y MinTIC, a través del programa PTA y los “Centros de Interés STEAMATICZATE”, en los que se promueven iniciativas en ciencia, tecnología, física, biología, arte y matemáticas.

En esta fase inicial, se han realizado experimentos de medición de uso del acelerómetro, recolección de datos y representación gráfica en el área de matemáticas. Se han efectuado exposiciones en las que los estudiantes han presentado avances significativos en la aplicación de la Micro:bit.

Se concluye que esta herramienta favorece la motivación, la creatividad y la resolución de problemas, consolidando un aprendizaje práctico y contextualizado, y fortaleciendo competencias digitales y de pensamiento computacional, esenciales para el siglo XXI.

**Palabras Clave:** Micro:bit; Enseñanza activa; Pensamiento computacional

**Autor de correspondencia:** alexanderiosriano@gmail.com, aariosr@ut.edu.co

## 8.6. Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales

María Paula Delgado<sup>1</sup>, Anyi Yaritzza Amezquita<sup>1</sup>, Diego Rasero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

diego.rasero@usco.edu.co

**Resumen:** Contrariamente a la idea general que indica que en cualquier sistema que ejecute pequeñas oscilaciones el movimiento es armónico simple, este no necesariamente es el caso. En este trabajo se estudiaron algunos sistemas mecánicos y electrostáticos intrínsecamente no lineales. Mostramos, a través de la expansión en serie de Taylor de la energía potencial, que en límite de pequeñas oscilaciones estos sistemas no realizan movimientos armónicos simples. Por tanto, incluso para pequeñas oscilaciones algunos sistemas oscilantes se comportan como osciladores no lineales.

Además, el estudio de osciladores no lineales acoplados indica que el movimiento resultante es una superposición de dos movimientos: uno oscilatorio y otro que depende de las condiciones iniciales. En el movimiento oscilatorio las masas tienen amplitudes distintas y se mueven en direcciones opuestas. La amplitud de vibración está directamente relacionada con las masas conectadas y tanto la amplitud como la frecuencia de vibración dependen de la no linealidad.

**Palabras Clave:** Oscilador armónico simple; Oscilador no lineal; Energía potencial; Expansión en serie de Taylor.

## 8.7. Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales

María Paula Delgado<sup>1</sup>, Anyi Yaritza Amezquita<sup>1</sup>, Diego Rasero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

diego.rasero@usco.edu.co

**Resumen:** Contrariamente a la idea general que indica que en cualquier sistema que ejecute pequeñas oscilaciones el movimiento es armónico simple, este no necesariamente es el caso. En este trabajo se estudiaron algunos sistemas mecánicos y electrostáticos intrínsecamente no lineales. Mostramos, a través de la expansión en serie de Taylor de la energía potencial, que en límite de pequeñas oscilaciones estos sistemas no realizan movimientos armónicos simples. Por tanto, incluso para pequeñas oscilaciones algunos sistemas oscilantes se comportan como osciladores no lineales.

Además, el estudio de osciladores no lineales acoplados indica que el movimiento resultante es una superposición de dos movimientos: uno oscilatorio y otro que depende de las condiciones iniciales. En el movimiento oscilatorio las masas tienen amplitudes distintas y se mueven en direcciones opuestas. La amplitud de vibración está directamente relacionada con las masas conectadas y tanto la amplitud como la frecuencia de vibración dependen de la no linealidad.

**Palabras Clave:** Oscilador armónico simple; Oscilador no lineal; Energía potencial; Expansión en serie de Taylor.

## 8.8. Producción de fermiones estériles por up-scattering en experimentos de $CE\nu NS$

Esneider Isaac Guerrero Avila<sup>1\*</sup>, Blanca Cecilia Cañas Orduz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

esneider.guerrero@unipamplona.edu.co

**Resumen:** En esta charla se abordará desde un punto de vista fenomenológico la producción de un fermión estéril a través del proceso de up-scattering neutrino-núcleo mediado por un bosón escalar neutro. Como contexto inicial se discutirá la dispersión elástica coherente neutrino-núcleo ( $CE\nu NS$ ), predicha en 1974 por Freedman y confirmada experimentalmente más de cuatro décadas después por la colaboración COHERENT, constituyendo la interacción neutrino-materia con mayor sección eficaz a bajas energías.

Se resaltarán cómo esta señal depende de la coherencia de la interacción, condición que se cumple para energías de neutrinos en el rango de decenas de MeV y que permite que el núcleo retroceda como un todo. La detección de  $CE\nu NS$  ha sido posible gracias a dos tipos principales de fuentes de neutrinos: haces de piones detenidos y reactores nucleares. Dentro de los experimentos actuales destaca CONUS+, el cual ha reportado recientemente evidencia de  $CE\nu NS$  con una significancia de  $3,7\sigma$ .

Este resultado, además de confirmar la predicción del Modelo Estándar, ha abierto la posibilidad de explorar escenarios de nueva física, más allá de este marco, tales como la producción de fermiones estériles por up-scattering. Este escenario es especialmente atractivo porque conecta la física de neutrinos con la materia oscura, motivando nuevas búsquedas experimentales y el desarrollo de propuestas que nos permitan comprender posibles mecanismos de interacción entre la materia oscura y la materia ordinaria.

**Palabras Clave:** Fermión estéril; up-scattering;  $CE\nu NS$ ; CONUS+.

**Autor de correspondencia:** esneider.guerrero@unipamplona.edu.co

## 8.9. Dinámica no lineal y estabilidad de un péndulo confinado por resortes laterales: análisis exacto, aproximación de Chebyshev y validación numérica

Juan P. Sánchez O.<sup>1</sup>, Álvaro H. Salas S.<sup>2</sup>, Simeón Casanova T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física y Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Campus La Nubia, Manizales, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Campus La Nubia, Manizales, Colombia

jsanchezob@unal.edu.co

**Resumen:** Este trabajo presenta un análisis detallado del comportamiento no lineal de un péndulo confinado mediante resortes laterales, configurando lo que denominamos un pozo elástico reconfigurable. El objetivo principal es comprender cómo la confinación simétrica en un sistema puramente conservativo genera dinámicas complejas y controlables, sin recurrir a mecanismos disipativos.

El modelo se construyó a partir de las ecuaciones de Euler–Lagrange, restringiendo el movimiento al intervalo  $(-\pi/2 < \phi < \pi/2)$ . Se determinó el punto de equilibrio  $\bar{\phi}$ , cuya naturaleza se estableció como un centro al obtener autovalores puramente imaginarios en la matriz Jacobiana. La estabilidad se verificó con una función candidata de Lyapunov basada en la energía total, confirmando la neutralidad del equilibrio.

Se implementaron cuatro métodos numéricos —diferencias finitas, aproximaciones espectrales de Chebyshev, interpolación de Hermite con esquema predictor–corrector y Runge–Kutta de cuarto orden— mostrando una excelente concordancia entre ellos. La interpolación de Hermite alcanzó el menor error global ( $\approx 0,000611$ ), mientras que las aproximaciones analíticas mediante funciones elípticas y polinomios de Chebyshev validaron los resultados numéricos.

Los hallazgos evidencian que la confinación elástica simétrica basta para inducir oscilaciones periódicas estables y ricas en dinámica, abriendo la posibilidad de controlar el espectro vibracional sin pérdida de energía. Además, el modelo constituye un banco de pruebas versátil para validar técnicas analíticas y numéricas, con aplicaciones potenciales en absorción de vibraciones, biomecánica y analogías con sistemas cuánticos confinados.

**Palabras Clave:** Osciladores no lineales; Péndulo; Pozo elástico reconfigurable; Estabilidad de Lyapunov; Métodos numéricos; Funciones elípticas

## 8.10. Observación del entrelazamiento cuántico con quarks top en el detector ATLAS

### La colaboración ATLAS

Universidad Surcolombiana, Neiva-Huila, Colombia

u20221204490@usco.edu.co

**Resumen:** El artículo publicado por la revista Nature el 18 de septiembre de 2024 revela la primera observación de entrelazamiento cuántico de mayor energía de dos pares de quarks (top y antitop) por el detector ATLAS en el LHC. Esto es importante porque el entrelazamiento cuántico es una de las propiedades más importantes de la mecánica cuántica, ya que nos dice que dos partículas al interactuar de cierta manera comparten un mismo estado cuántico, es decir, que una depende de la otra. Y es la primera vez que se observa en quarks top-antitop, siendo estas las partículas más pesadas en el Modelo Estándar con una vida media de aproximadamente  $5 \times 10^{-25}$  s.

**Palabras Clave:** Entrelazamiento cuántico; LHC; Quarks top-antitop; Espín; Leptones; Antileptones; Detector ATLAS

**Autor de correspondencia:** u20221204490@usco.edu.co

## 8.11. Estudio de la energía de activación y tiempo de relajación de los radicales $H^+$ en el sistema PVDF+ $H_3PO_4$ a través del análisis en el módulo eléctrico en la espectroscopia de impedancia compleja

Melisa Buendía<sup>1</sup>, Natalia Menesses<sup>2</sup>, Víctor Hugo Zapata<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia

mbuendiat@unal.edu.co

**Resumen:** En este trabajo se analiza el comportamiento eléctrico del sistema PVDF dopado con  $H_3PO_4$  mediante espectroscopía de impedancia compleja, utilizando los diagramas de Nyquist y Bode como herramienta principal. A partir de estos, se estimaron parámetros relevantes como la energía de activación y el tiempo de relajación de los portadores de carga  $H^+$ , fundamentales para comprender los mecanismos de transporte en la conducción iónica en este tipo de materiales poliméricos.

La energía de activación, entendida como la barrera energética que deben superar los iones para participar en procesos electroquímicos, se determinó a partir de la dependencia de la conductividad eléctrica con la temperatura. Este análisis se basó en un ajuste al modelo de Arrhenius modificado, representado por la ecuación  $\sigma = \sigma_0 e^{+Ea/kT}$ , considerando el aumento de la resistencia con la temperatura.

El ajuste experimental arrojó una energía de activación aproximada de 0,87 eV para la muestra con concentración  $x = 0,10$ , valor que se asocia principalmente a la movilidad de protones ( $H^+$ ) en la interfaz del electrolito polimérico. Estos resultados indican un comportamiento consistente con procesos de transporte iónico gobernados por interacciones en la matriz polimérica, destacando el potencial del sistema PVDF+ $H_3PO_4$  para aplicaciones en dispositivos electroquímicos como celdas de combustible o baterías de estado sólido.

**Palabras Clave:** Energía de activación; PVDF; Tiempo de relajación

**Autor de correspondencia:** mbuendiat@unal.edu.co

## 8.12. Exploración de $CE\nu NS$ con neutrinos de reactor en RED-100 y perspectivas sobre interacciones no estándar

Esteban Zapata<sup>1</sup>, Blanca Cañas<sup>1</sup>, Luis Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Jerez, Zacatecas, México

juan.zapata2@unipamplona.edu.co

**Resumen:** La dispersión elástica coherente neutrino–núcleo ( $CE\nu NS$ ) es un proceso de corriente neutra, propuesto teóricamente en 1974 y observado experimentalmente en 2017. Se caracteriza por retrocesos nucleares de muy baja energía. Su estudio en reactores nucleares resulta atractivo debido al alto flujo de antineutrinos, pero plantea retos importantes, como bajos umbrales de detección y la necesidad de un control preciso de los fondos.

El detector RED-100, un TPC de xenón líquido con una masa activa de  $\approx 126$  kg, está instalado a 19 m de un reactor de 3.1 GW térmicos en la planta de Kalinin, lo que garantiza un flujo intenso de antineutrinos de orden  $10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , suficiente para generar una tasa detectable de eventos  $CE\nu NS$  en el detector. A diferencia de detectores más pequeños basados en CCD o germanio, RED-100 ofrece una mayor estadística potencial gracias a su volumen activo, así como umbrales de detección en el rango de keV. La combinación de luz de centelleo e ionización proporciona además una herramienta eficaz para la discriminación entre señal y fondo, lo que convierte al detector en un candidato especialmente ventajoso para estudios de  $CE\nu NS$  con neutrinos de reactor.

En esta contribución se presentará una propuesta de investigación orientada a utilizar RED-100 para el análisis de  $CE\nu NS$  con neutrinos de reactor. El objetivo es examinar la sensibilidad que puede alcanzarse en este contexto y explorar la posibilidad de establecer límites sobre interacciones no estándar (NSI).

**Palabras Clave:**  $CE\nu NS$ ; Xenón; RED-100; NSI.

### 8.13. Modelo molecular para soluciones ópticamente activas basado en la birrefringencia elíptica

Brayan Orlando Pedraza Ayala<sup>1</sup>, Jhon Stivenson Pabón Niño<sup>1</sup>, Rafael Ángel Torres Amaris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, Calle 9 # 27, Bucaramanga, Colombia

brayan2190726@correo.uis.edu.co, j.stivenson@outlook.com, rafael.torres@saber.uis.edu.co

**Resumen:** El poder rotatorio tiene su origen en la quiralidad molecular, pero las moléculas quirales, consideradas de manera aislada, no presentan simetrías capaces de generar birrefringencia circular. Aunque la actividad óptica se comprende actualmente como un efecto colectivo vinculado a la no localidad en la respuesta de los dipolos al campo electromagnético, los modelos moleculares tradicionales —como los de Drude, Kuhn o Condon— suelen asumir que la molécula, por sí misma, rota el plano de polarización de la luz.

En este trabajo se propone un modelo alternativo que incorpora las simetrías moleculares y aborda la rotación del plano de polarización como un fenómeno emergente de la interacción de la luz con un conjunto de moléculas orientadas aleatoriamente. Se presenta una hipótesis teórica acompañada de un tratamiento matemático general, junto con una propuesta de aproximación experimental mediante sistemas ópticos análogos.

**Palabras Clave:** Actividad óptica; Polarización de la luz; Quiralidad molecular

**Autor de correspondencia:** brayan2190726@correo.uis.edu.co

## 8.14. Análisis del espectro de decaimiento beta del tritio en KATRIN para establecer límites sobre los parámetros de neutrinos estériles

N. Martínez-Gómez<sup>1</sup>, V. Basto-Gonzalez<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

nataliai.martinezg@uqvirtual.edu.co, vsbasto@uniquindio.edu.co

**Resumen:** Las oscilaciones de neutrinos implican masas distintas de cero y, por tanto, extensiones del Modelo Estándar. El experimento KATRIN, diseñado para medir la masa efectiva del antineutrino electrónico a partir del espectro  $\beta$  del tritio, también es sensible a señales de neutrinos estériles, que introducirían quiebres y distorsiones cerca del punto final.

En este trabajo se estudia el impacto de un estado estéril en el marco 3+1, con el objetivo de establecer límites sobre la masa  $m_4$  y la amplitud al cuadrado del elemento de matriz de mezcla  $|U_{e4}|^2$ .

Metodología: se realizará un ajuste espectral del modelo 3+1 a datos públicos de KATRIN. Se esperan restricciones competitivas y consistentes con la literatura, así como proyecciones de sensibilidad que orienten búsquedas futuras.

**Palabras Clave:** KATRIN; masa efectiva del neutrino; neutrinos estériles.

**Autor de correspondencia:** nataliai.martinezg@uqvirtual.edu.co

## 8.15. Simetría Hiperbólica en la Relatividad Especial: Una Visualización a través de los Diagramas de Minkowski Haciendo uso de Geogebra®

Santiago Rivera Correa<sup>1</sup>, Wilson A. Fonseca Urrego<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia

sriverac@udistrital.edu.co, waurregoz@udistrital.edu.co

**Resumen:** ¿Por qué en la relatividad especial se habla de una geometría hiperbólica cuya signatura es distinta a la euclídea? El presente trabajo tiene como propósito responder esta pregunta mediante el uso de la simetría hiperbólica, empleada por Minkowski en sus diagramas para unificar dos grupos de transformación aparentemente distintos de la mecánica newtoniana: la simetría traslacional o principio de relatividad galileano y simetría rotacional de los observadores inerciales para medir distancias iguales.

Para ello, se realiza el contraste de fuentes de libros de texto sobre relatividad especial, la conferencia pronunciada por Minkowski en 1907 sobre el espaciotiempo y el uso del software online Geogebra Versión Classic 6 como herramienta visual para mostrar, mediante la descripción de una única hipérbola para dos observadores inerciales, las relaciones cinemáticas típicas en relatividad especial: factor de Lorentz, contracción de la longitud y dilatación del tiempo de objetos en movimiento constante representados como tubos de mundo.

El uso del recurso Geogebra facilita la descripción realizada por Minkowski para definir la métrica con la signatura habitual  $(-,+++)$  como un argumento geométrico que relaciona los sistemas de referencia inerciales y unifica, a su vez, los grupos de transformación descritos anteriormente.

Finalmente, se resalta la relación física y geométrica en la representación de la hipérbola como única para los observadores inerciales al remarcar que dicha curva representa movimientos acelerados absolutos en los diagramas de Minkowski, semejante a la descripción igualitaria de la segunda ley de Newton en mecánica clásica para observadores inerciales.

**Palabras Clave:** Relatividad especial; Simetría hiperbólica; Diagramas de Minkowski.

## 8.16. Corrección a la masa del pion neutro mediante el modelo sigma en un campo magnético

Jhon Morales<sup>1</sup>, Andrés Portela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia

`jmoralesa@unal.edu.co, aportelag@unal.edu.co`

**Resumen:** En este trabajo se analiza la variación de la masa del pión neutro en función de un campo magnético externo, utilizando el Modelo Estándar dentro de la aproximación del límite del gran N. Para ello se recurre al método de Schwinger en el cálculo del propagador de Feynman, en lugar de los métodos algebraico o de integral de trayectoria, debido a que el propagador relativista parece presentar una dimensión adicional y este enfoque ofrece una solución adecuada a dicho problema.

A partir del lagrangiano se derivaron las reglas de Feynman, las cuales permitieron calcular las correcciones radiativas en presencia del campo magnético. Finalmente, se verificó el comportamiento de la masa del pión neutro en función de la intensidad del campo y se compararon los resultados con los obtenidos mediante los modelos LQCD, NJL y LSMq.

**Palabras Clave:** One loop; pion neutro; reglas de Feynman

**Autor de correspondencia:** `jmoralesa@unal.edu.co, aportelag@unal.edu.co`

## **Capítulo 9**

# **FÍSICA MEDICA Y BIOFÍSICA**

## 9.1. Prototipado de un Transiluminador (DARK READER) Eficiente y a Bajo Costo

**Autores:** Harol Daza<sup>1</sup>, Jorge Montes<sup>2</sup>, Duverney Chaverra<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Mecatrónica. <sup>2</sup> Profesor asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz. La Paz, Colombia.

**Resumen:** La visualización de ácidos nucleicos mediante la electroforesis en gel ha dependido de transiluminadores UV, los cuales son costosos y presentan riesgos para la seguridad del operario y la integridad de la muestra [?]. El objetivo fue construir un instrumento de grado científico que emplea una fuente de luz visible para excitar fluoróforos comunes de forma segura y a bajo costo.

Se diseñó un sistema basado en una matriz de diodos leds azules ( $\lambda \approx 460\text{--}470\text{ nm}$ ) de 5 mm en paralelo, alimentado por una fuente de poder de 9 V DC e integrado en una carcasa impresa en 3D, y mediante un filtro óptico de acrílico traslúcido color ámbar sobre el gel se logra la visualización del ADN, permitiendo la captura de imágenes con un teléfono inteligente.

Se usaron las imágenes digitales obtenidas por el equipo “GelDoc Go imaging system” de la empresa Bio-Rad como control para comparar el rendimiento de nuestro prototipo.

Nuestro prototipo, con un costo de fabricación inferior a 30 USD, alcanza un límite de detección de  $\approx 13,8\text{ ng}$  para fragmentos de ADN de 750 pb. Este rendimiento es comparable al de equipos comerciales cuyo valor supera los 15,000 USD.

En conclusión, este prototipo usando luz azul representa una alternativa segura y económica que democratiza el acceso a técnicas de biología molecular. Su implementación facilita la investigación y la docencia en entornos con recursos limitados, promoviendo además el desarrollo de instrumentación científica local.

**Palabras Clave:** Electroforesis, luz azul, Biotecnología.

**Autor de correspondencia:** [hdazac@unal.edu.co](mailto:hdazac@unal.edu.co)

## 9.2. Evaluación mecánica en compresión de andamios porosos de Quitosano-Hidroxiapatita para aplicaciones en regeneración ósea

**Autores:** V. Maya<sup>1</sup>, L. Nino-Camacho<sup>2</sup>, Marcelo A. Chinelatto<sup>3</sup>, Diego F. Roa Acosta<sup>4</sup>, C.F.V. Raigoza<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos (CYTEMAC), Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Investigación en Agroquímica, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. <sup>3</sup> Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais - CCDM, São Carlos, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup> Grupo de investigación en Aprovechamiento de Subproductos y Residuos Agroindustriales, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

**Resumen:** El quitosano, polisacárido derivado de la quitina, ha despertado gran interés en ingeniería de tejidos por sus propiedades físico-químicas, especialmente su biocompatibilidad y capacidad para formar estructuras porosas tridimensionales. No obstante, su limitada resistencia mecánica restringe su aplicación directa en regeneración ósea. Para mejorar estas propiedades, se ha desarrollado un andamio compuesto mediante la incorporación de hidroxiapatita (HAp), un biocerámico con estructura similar al mineral óseo humano, que confiere al sistema mayor estabilidad estructural y bioactividad.

En esta investigación se diseñaron andamios porosos de quitosano-hidroxiapatita y se evaluaron sus propiedades mecánicas en modo compresión uniaxial. Las pruebas permitieron determinar parámetros clave como el módulo elástico y el límite de deformación en función de la composición del andamio. Los resultados mostraron una mejora significativa en la rigidez mecánica con la incorporación de hidroxiapatita (HAp), sin comprometer la porosidad del sistema, la cual fue caracterizada mediante medidas de porosidad geométrica y microscopía electrónica de barrido (MEB), revelando diámetros de poro promedio de  $\sim 50 \mu\text{m}$ .

El quitosano utilizado presentó un grado de desacetilación de 82 %, valor adecuado para asegurar la solubilidad y la interacción con células en futuras pruebas biológicas. El análisis complementario mediante FTIR confirmó la presencia de los grupos funcionales característicos.

Este estudio ofrece una aproximación desde la física de materiales a la optimización estructural de biomateriales regenerativos, y constituye un aporte al desarrollo de sistemas funcionales a partir de recursos renovables.

**Palabras Clave:** Hidroxiapatita, quitosano, porosidad, propiedades mecánicas.

**Autor de correspondencia:** [vmaya@unicauca.edu.co](mailto:vmaya@unicauca.edu.co)

## Desarrollo de nanomateriales de MgO dopados con tierras raras para aplicaciones dosimétricas de altas dosis

**Autores:** Daniel Pardo<sup>1,2</sup>, Nicolás Cortes<sup>3</sup>, William Jaramillo-Garzón<sup>3</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Física Médica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Los nanomateriales han demostrado un alto potencial para la detección de radiación ionizante debido a su alta radio-resistencia, respuesta lineal a altas dosis y bajo fading. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta termoluminiscente (TL) y las propiedades dosimétricas del sistema MgO:TR(Ho,Sm,Tb) a escala nanométrica, en función del tamaño de la partícula y la concentración de los dopantes.

Para ello, se sintetizaron nanomateriales con cinco diferentes concentraciones y dopantes usando los métodos Sol-Gel e hidrotermal. Estos métodos de síntesis permiten un control morfológico a escala nanométrica. Las muestras obtenidas fueron caracterizadas mediante difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido (SEM), para corroborar su estructura y morfología.

Posterior a un tratamiento térmico, las muestras de MgO:TR(Ho,Sm,Tb) fueron irradiadas con fuentes de rayos gamma y X con dosis entre 0.5 y 10 Gy para evaluar su respuesta TL. Los resultados preliminares mostraron que el material MgO:TR(Ho,Sm,Tb) presenta respuesta TL y propiedades dosimétricas comparables con detectores comerciales utilizados en aplicaciones médicas e industriales de altas dosis.

**Palabras Clave:** MgO, termoluminiscencia, nanomateriales, dosimetría, radiación ionizante.

**Autor de correspondencia:** [dycadavidr@unal.edu.co](mailto:dycadavidr@unal.edu.co)

### 9.3. Factores de corrección geométrica para calibración de cámaras de pozo mediante simulación Monte Carlo

**Autores:** Camilo Calderón<sup>1,2</sup>, Mercy González<sup>1</sup>, Erwin Aguirre<sup>1</sup>, Julián Niño<sup>1</sup>, Wilson Moreno<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La calibración exacta de las fuentes de braquiterapia, esencial para la dosimetría de los pacientes, se realiza comúnmente con cámaras de ionización de pozo. Las diferencias físicas entre modelos de fuentes requieren factores de corrección geométrica para garantizar la trazabilidad de las mediciones. Cuando no hay datos publicados para un modelo de fuente específico, los protocolos sugieren asumir un factor de corrección de 1, pero añadiendo una incertidumbre del 2 % ( $k = 1$ ) a la calibración. Este incremento en la incertidumbre puede afectar considerablemente la dosis administrada en los tratamientos oncológicos.

El objetivo de este trabajo es determinar los factores de corrección geométrica para distintos modelos de fuentes de Iridio-192 utilizados con una cámara de pozo PTW 33004, a fin de reducir la incertidumbre en la calibración. La metodología se basa en el modelado de la cámara y las geometrías de las fuentes mediante la herramienta de simulación Monte Carlo TOPAS (herramienta basada en Geant4).

Los factores obtenidos por simulación son validados experimentalmente con la fuente del Instituto Nacional de Cancerología y la cámara PTW 33004 del Servicio Geológico Colombiano. La determinación de estos factores específicos mejorará la exactitud y seguridad de los tratamientos, asegurando que los pacientes reciban dosis más precisas.

**Palabras Clave:** Braquiterapia, Simulación Monte Carlo, Calibración Dosimétrica.

**Autor de correspondencia:** [ccalderon@sgc.gov.co](mailto:ccalderon@sgc.gov.co)

## 9.4. Hacia una definición física del dolor: ¿cómo se relaciona con la percepción de la información?

**Autores:** Paula Andrea Tello Prieto<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** El dolor es un fenómeno universal, complejo y subjetivo, cuya objetividad sigue siendo un desafío para la medicina y la neurociencia. Pese a avances en biología, psicología y ciencias sociales, aún carecemos de una definición que lo cuantifique rigurosamente. Este trabajo propone una definición física del dolor desde la teoría de la información, en términos de la percepción de un cambio en el flujo informacional procesado por el sistema nervioso.

La metodología seguida en esta investigación se estructuró en tres fases. Primero, se revisaron las principales definiciones del dolor desde diversas disciplinas y se estudiaron procesos fisiológicos y los efectos moduladores de la anestesia. Segundo, se analizó el funcionamiento del sistema nervioso, en particular la transmisión mediante potenciales de acción y la evidencia de fMRI que muestra patrones comunes de activación cerebral en experiencias de dolor físico y psicológico. Tercero, se integraron estos hallazgos con la teoría de Shannon, aplicando el concepto de entropía como medida cuantitativa de la información.

Nuestro análisis sugiere que las distintas formas de dolor (nociceptivo, inflamatorio, patológico y psicológico) son manifestaciones de un mismo principio físico: la detección de variaciones en el flujo de información dentro de un sistema complejo.

En conclusión, se propone que este fenómeno, tradicionalmente considerado subjetivo, puede definirse objetivamente, abriendo la posibilidad de su futura cuantificación mediante herramientas derivadas de la física estadística y la teoría de la información.

**Palabras Clave:** Dolor, Teoría de la información, Entropía.

**Autor de correspondencia:** [paula2190744@correo.uis.edu.co](mailto:paula2190744@correo.uis.edu.co)

## 9.5. CARACTERÍSTICAS TERMOLUMINISCENTES (TL) DEL ÓXIDO DE BERILIO (BeO) EN UN RANGO DE BAJA DOSIS

**Autores:** Sandrith Pérez<sup>a</sup>, Héctor Maya<sup>a</sup>, Rafael Cogollo<sup>a</sup>

**Afiliaciones:** <sup>a</sup> Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Cra. 6 # 76-103, Montería 230002, Colombia.

**Resumen:** Este estudio presenta el análisis cinético de la curva de brillo termoluminiscente (TL) de discos cerámicos de óxido de berilio (BeO) comerciales, irradiados con rayos X en un acelerador lineal a dosis comprendidas entre 50 y 900 cGy. Las curvas TL fueron registradas entre 50 y 400 °C con una tasa de calentamiento de 5 °C/s. El análisis se realizó mediante la técnica de ajuste de curvas usando la ecuación de orden general propuesta por Kitis [?], con el fin de obtener parámetros cinéticos precisos para los principales picos TL del material.

Se identificaron dos picos prominentes en las curvas de brillo: el pico 1, alrededor de 212 °C, y el pico 2, próximo a 335 °C. El primero mostró estabilidad en su posición con respecto al aumento de la dosis, indicando una cinética cercana al primer orden ( $b \approx 1,0$ ), mientras que el segundo evidenció un desplazamiento hacia temperaturas menores, lo que sugiere recombinación compleja o competencia entre trampas. Los valores de energía de activación se ubicaron entre 0.92 y 1.05 eV para el pico 1, y entre 1.22 y 1.26 eV para el pico 2. Los factores de frecuencia oscilaron entre  $10^8$  y  $10^{10}$  Hz. La calidad de los ajustes se validó mediante la Figura de Mérito (FOM) obteniendo valores inferiores al 3 % en todos los casos.

Estos resultados son consistentes con estudios recientes que destacan la estabilidad cinética del BeO, su buena sensibilidad TL y su comportamiento reproducible, lo que lo convierte en un material prometedor para la dosimetría en entornos clínicos de baja dosis, tales como radiología diagnóstica e intervencionismo guiado por imágenes [?, ?, ?, ?].

**Palabras Clave:** Termoluminiscencia; Óxido de Berilio; Análisis cinético; Orden general.

**Autor de correspondencia:** [sperezramos91@correo.unicordoba.edu.co](mailto:sperezramos91@correo.unicordoba.edu.co)

## 9.6. EVALUACIÓN DE LAS DOSIS OCUPACIONALES EN LA PREPARACIÓN, DISPENSACIÓN Y TRANSPORTE DE RADIOFÁRMACOS MARCADOS CON TC-99M

**Autores:** Michel Piedrahita<sup>1</sup>, Amer Pérez<sup>1</sup>, Rafael Cogollo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Materiales y Física Aplicada, Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Cra. 6 # 76-103, Montería 230002, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo presenta una evaluación teórica de las dosis ocupacionales asociadas al proceso integral de preparación, dispensación y transporte de radiofármacos marcados con Tc-99m en una radiofarmacia actualmente en construcción en la ciudad de Montería. El objetivo principal fue determinar, mediante modelos matemáticos y parámetros radiológicos, las dosis que podrían recibir los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) bajo condiciones normales de operación y en escenarios potenciales de riesgo.

La metodología incluyó el análisis de cada etapa operativa de la radiofarmacia, desde la recepción del material radiactivo hasta el control de calidad, el transporte y la gestión de desechos. Se aplicaron ecuaciones de cálculo dosimétrico para estimar las dosis externas e internas a las que se verían expuestos los TOE, considerando las características del Tc-99m y la configuración planificada de la instalación.

Los resultados obtenidos indican que, en condiciones normales de operación, las dosis estimadas se encuentran dentro de los límites establecidos por las normativas internacionales de protección radiológica. Sin embargo, en escenarios potenciales como derrames de material radiactivo, contaminación en extremidades o recepción de bultos con altas tasas de dosis, se identificaron incrementos significativos en la exposición, lo que resalta la importancia de implementar protocolos estrictos de seguridad.

Este estudio contribuye a la optimización de las medidas de protección radiológica en radiofarmacia, garantizando la seguridad de los trabajadores y promoviendo un manejo responsable de radiofármacos en medicina nuclear.

**Palabras Clave:** Tc-99m, Radiofármacos, Dosis ocupacional, Protección radiológica, Medicina nuclear.

**Autor de correspondencia:** [mpiedrahitaromero@correo.unicordoba.edu.co](mailto:mpiedrahitaromero@correo.unicordoba.edu.co)

## 9.7. La Forma del Eritrocito como Consecuencia de la Minimización de la Energía de Curvatura de la Membrana en Condiciones Isotónicas

**Autores:** Daniel Santiago Salazar Epia<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Surcolombiana / Estudiante de Física, Neiva, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo explora el principio físico fundamental que gobierna la forma de disco bicóncavo del glóbulo rojo humano en soluciones isotónicas. La hipótesis central propone que esta forma característica no es aleatoria, sino que corresponde al estado de mínima energía de curvatura elástica de la membrana celular, sujeta a las restricciones biomecánicas críticas de un área superficial fija y un volumen interno constante.

El estudio utiliza un modelo matemático basado en una modificación de los óvalos de Cassini para generar una familia de formas candidatas que cumplen con estas restricciones para células individuales. El cálculo numérico de la energía de curvatura para cada forma demuestra la existencia de un mínimo energético claro y pronunciado.

La forma que corresponde a este mínimo es, de manera consistente, una geometría bicóncava, la cual muestra una concordancia notable con los perfiles microscópicos reales de eritrocitos observados experimentalmente. Estos hallazgos sustentan la teoría de que la morfología del eritrocito en su estado fisiológico es el resultado de la optimización de las propiedades elásticas de su membrana, minimizando la energía requerida para doblarse y así acomodar su exceso de área superficial en relación con su volumen.

**Palabras clave:** Eritrocito, forma bicóncava, energía de curvatura, modelo de Canham, minimización de energía, restricciones de área y volumen, solución isotónica.

**Autor de correspondencia:** [u20211199389@usco.edu.co](mailto:u20211199389@usco.edu.co)

## 9.8. Detección de sobreexpresión de receptores de folato en muestras cervicales mediante un biosensor capacitivo de titanio

**Autores:** Angie Nathalia Pinzón<sup>1</sup>, Laura Melissa Medina<sup>1</sup>, Linda Esperanza Bertel Garay<sup>2</sup>, Stelia Carolina Mendez Sanchez<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia. <sup>2</sup> Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia.

**Resumen:** El cáncer de cuello uterino representa un problema de salud pública debido a su alta incidencia y mortalidad. Aunque la citología cervicouterina es la herramienta de tamizaje más utilizada, su sensibilidad limitada y el tiempo requerido para la entrega de resultados dificultan la detección temprana de lesiones precancerosas y neoplásicas. En este trabajo se presenta un biosensor electroquímico basado en dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) funcionalizado con ácido fólico, diseñado para la detección de receptores de folato (RF), cuya sobreexpresión está asociada a procesos oncogénicos. La identificación temprana de estos receptores podría contribuir al diagnóstico oportuno del cáncer de cuello uterino.

El biosensor fue fabricado mediante deposición por láser pulsado de una capa de titanio-tungsteno (10–90 wt %) sobre una superficie de titanio previamente pulida, seguida de la inmovilización de ácido fólico para lograr una detección selectiva de RF. Las pruebas en laboratorio demostraron la capacidad del dispositivo para detectar concentraciones de RF tan bajas como 0.1 nM, evidenciada en la disminución progresiva de la respuesta capacitiva conforme aumentó la concentración del analito. Esta respuesta eléctrica característica se atribuye a los cambios eléctricos en la interfase por la interacción entre el ácido fólico y los RF.

**Palabras Clave:** Cáncer de cuello uterino; Biosensor electroquímico; Receptor de folato.

**Autor de correspondencia:** [dalemir@uis.edu.co](mailto:dalemir@uis.edu.co)

## 9.9. Análisis del efecto en la densidad de estados (DOS) de nanotubos de dióxido de titanio $\text{TiO}_2$ funcionalizados con ácido fólico

**Autores:** Rafael Ricardo Blanco Pedraza<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda<sup>2</sup>, Jorge Andrés Quintero<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,2,3</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** Los nanotubos de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) han demostrado un gran potencial en el desarrollo de biosensores debido a su alta biocompatibilidad, estabilidad química y propiedades electrónicas ajustables. En este trabajo se investiga el efecto de la funcionalización con ácido fólico sobre la densidad de estados (DOS) de nanotubos de  $\text{TiO}_2$ .

La DOS se obtuvo mediante un protocolo que aprovecha las propiedades eléctricas del sistema en solución electrolítica, utilizando la espectroscopía de capacitancia electroquímica como técnica principal de medición. Este enfoque permite acceder directamente a la DOS en la interfase electroactiva. Para caracterizar el comportamiento electroquímico de las nanoestructuras se empleó, además, la voltamperometría cíclica (CV).

El análisis de los datos experimentales reveló una correlación entre las modificaciones estructurales inducidas por la funcionalización con ácido fólico y las variaciones en la DOS. Esta investigación, de carácter experimental, permitió observar en el laboratorio cambios directos en la DOS que contribuyen a comprender mejor el proceso de funcionalización de superficies activas y su aplicación en el diseño de biosensores para la detección de analitos específicos, en este caso, receptores de folato.

**Palabras clave:** Densidad de estados; Voltamperometría cíclica; Espectroscopía de capacitancia electroquímica; Espectroscopía de impedancia electroquímica; Nanotubos de dióxido de titanio; Diagramas de Nyquist y Bode; Ácido fólico.

**Autor de correspondencia:** [rafael2190733@correo.uis.edu.co](mailto:rafael2190733@correo.uis.edu.co)

## 9.10. Flujo bidimensional alrededor de una viga: simulación optimizada con OpenMP

**Autores:** Laura Oliveros<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Andrés Gómez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo estudia el flujo estacionario de un fluido viscoso e incompresible alrededor de una viga sumergida mediante simulaciones numéricas con el método de vorticidad–función de corriente. Se compara el rendimiento entre una versión serial y versiones paralelizadas con diferentes directrices de OpenMP, analizando velocidad, líneas de corriente y vorticidad para números de Reynolds (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0) en una malla de  $160 \times 30$ , correspondientes a flujo adherido.

El esquema numérico implementado combina discretización por diferencias finitas, cálculo de los números de Reynolds y el método iterativo SOR (Successive Over-Relaxation) para asegurar convergencia. La estrategia de paralelización abarca cuatro fases principales —inicialización, ejecución de funciones, cálculo de errores y bucles anidados—, aprovechando 32 hilos. El error se monitorizó iterativamente hasta cumplir con los criterios de convergencia.

Los resultados demuestran que `#pragma omp parallel` logra el mejor rendimiento, con una eficiencia 20 veces superior a la versión serial, reduciendo el tiempo de 172,849 a 8,424 segundos. Se concluye que la elección óptima de directivas de OpenMP depende de su aplicación en puntos críticos del código, optimizando así la simulación.

Este estudio proporciona un enfoque para analizar fluidos incompresibles en 2D, contribuyendo a acelerar simulaciones en mecánica de fluidos. La paralelización eficiente permite reducir significativamente los tiempos de cálculo, facilitando el estudio de flujos adheridos en condiciones variadas.

**Palabras Clave:** Fluido incompresible, paralelización, número de Reynolds, algoritmo SOR, OpenMP.

**Autor de correspondencia:** [lvolverosm@udistrital.edu.co](mailto:lvolverosm@udistrital.edu.co)

## 9.11. Diferencias morfológicas entre células de piel sana y enferma usando microscopía holográfica digital

**Autores:** German Adolfo Villegas<sup>1</sup>, Julio Cesar Mosquera<sup>1</sup>, Fernando Mendoza Santoyo<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Universidad del Quindío, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Metrología Óptica, Centro de Investigaciones en Óptica, León, México.

**Resumen:** Las alteraciones en las propiedades morfológicas de las células, como el índice de refracción y el grosor, permiten diferenciar estados funcionales de condiciones patológicas. En este trabajo se implementó microscopía holográfica digital con tres longitudes de onda de manera simultánea, junto con la grabación de un holograma de referencia, para obtener reconstrucciones tridimensionales cuantitativas de células cutáneas sanas y enfermas.

El uso de tres longitudes de onda amplía el rango de medida en la dirección axial y posibilita la combinación de los mapas de fase reconstruidos sin necesidad de implementar algoritmos de desenvolvimiento. Asimismo, la utilización de un holograma de referencia en el procesamiento disminuye el ruido de fase espurio introducido por el objetivo del microscopio, lo que facilita la reconstrucción de la onda modulada por la fase inducida por el objeto de estudio.

De esta manera, es posible obtener información sobre el grosor y el índice de refracción que permitirán juzgar sobre estados de salud de las células. Se analizaron los mapas de fase obtenidos de las células y se midieron los parámetros morfológicos mencionados.

Los resultados muestran variaciones significativas entre ambos grupos de células y, a partir del análisis estadístico, es posible clasificarlas y relacionarlas a su estado funcional. Resultados que confirman el potencial de la microscopía holográfica digital multi-longitud de onda como técnica que permite determinar características morfológicas celulares.

**Palabras Clave:** Microscopía holográfica digital, morfología celular, mapas de fase.

**Autor de correspondencia:** [germana.villegasm@uqvirtual.edu.co](mailto:germana.villegasm@uqvirtual.edu.co)

## **Capítulo 10**

# **INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES**

## 10.1. Segmentación retiniana asistida por inteligencia artificial: redes neuronales aplicadas al diagnóstico ocular

**Autores:** Alejandra Arciniegas Marin<sup>1</sup>, William Sneider Galeano Sierra<sup>1</sup>, Andrés Felipe Riaño Quintanilla<sup>1</sup>, Hernán David Salinas<sup>1</sup>, Sandra Carolina Durán-Cristiano<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Instituto de Física, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Programa de Optometría, Facultad de Medicina, Universidad CES.

**Resumen:** La retinopatía diabética (RD) es una de las principales causas de ceguera a nivel mundial y requiere una detección temprana precisa para evitar complicaciones irreversibles. En este contexto, el presente trabajo presenta el diseño e implementación de un sistema automatizado de apoyo diagnóstico para la RD, que combina la segmentación de imágenes de fondo de ojo mediante redes neuronales, con el uso complementario de información clínica estructurada. Para ello, se preparó un conjunto de datos clínicamente relevantes y diversos a partir de bases de imágenes de retinografía [?, ?, ?]; aplicando algoritmos automatizados para la selección y filtrado de datos según criterios de calidad de imagen, condiciones de iluminación y ruido. Posteriormente se implementaron arquitecturas de segmentación utilizadas en el área médica, incluyendo U-Net, Attention U-Net y U-Net++, las cuales fueron integradas en un sistema modular orientado a la clasificación de la retinopatía diabética en distintos niveles de severidad. Se realizó una evaluación comparativa del desempeño del sistema frente a segmentaciones manuales realizadas por expertos, empleando métricas estándar como: el coeficiente Dice, el área bajo la curva ROC (AUC-ROC).

Los resultados encontrados permiten identificar una segmentación precisa de alteraciones vasculares tales como microaneurismas, hemorragias retinianas y en disco óptico, lo que resalta la capacidad del modelo para detectar cambios tempranos vasculares con una alta sensibilidad. Estos hallazgos evidencian el potencial del enfoque propuesto para ser implementado como herramienta de apoyo diagnóstico en entornos clínicos reales, incluso en condiciones de baja disponibilidad de recursos y en estrategias de telemedicina.

**Palabras Clave:** Segmentación; Deep learning; retina; Retinopatía Diabética.

**Autor de correspondencia:** [alejandra.arciniegas@udea.edu.co](mailto:alejandra.arciniegas@udea.edu.co)

## 10.2. Desarrollo de un módulo de análisis de Lengua de Señas Colombiana con aprendizaje por refuerzo aplicado a contextos educativos

**Autores:** Jonathan Steve Gonzalez<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué. <sup>2</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué.

**Resumen:** Este proyecto presenta la primera fase de desarrollo de un sistema de minado y análisis de Lengua de Señas Colombiana (LSC) orientado a la construcción de un traductor automático mediante aprendizaje por refuerzo. El objetivo es facilitar el acceso a la física de las personas con limitaciones auditivas. Esta etapa inicial consiste en la adquisición de datos con MediaPipe, permitiendo capturar los puntos corporales clave de manos, rostro y torso en videos de señas. A partir de estos datos, se diseñó el módulo para la minería de secuencias, la segmentación automática de gestos y su posterior clasificación. El sistema emplea aprendizaje por refuerzo para optimizar la detección y delimitación temporal de señas; el resultado conseguido a la fecha es capaz de obtener el sistema de diccionarios ordenado, el modelo de datos y los scripts de extracción para la segmentación de los videos.

**Palabras Clave:** Media Pipe; LSC; Aprendizaje por refuerzo.

**Autor de correspondencia:** [jsgonzalezca@ut.edu.co](mailto:jsgonzalezca@ut.edu.co), [rauribe@ut.edu.co](mailto:rauribe@ut.edu.co)

### 10.3. 2-Adic Quantum Mechanics, Continuous-Time Quantum Walks, and the Space Discreteness

**Autores:** W. A. Zúñiga-Galindo

**Afiliaciones:** University of Texas Rio Grande Valley / Brownsville, United States.

**Resumen:** The talk aims to show that a large class of 2-adic Schrödinger equations is the scaling limit of certain continuous-time quantum Markov chains (CTQMCs). Practically, a discretization of such an equation gives a CTQMC. As a practical result, new types of continuous-time quantum walks (CTQWs) on graphs using two symmetric matrices are constructed. The transport between nodes in one direction is described by one matrix, while the transport between nodes in the opposite direction. This construction includes, as a particular case, the CTQWs constructed using adjacency matrices.

The final goal of this work is to contribute to the understanding of the foundations of quantum mechanics (QM) and the role of the hypothesis of the discreteness of space. The connection between 2-adic QM and CTQWs shows that 2-adic QM has a physical meaning. 2-Adic QM is a nonlocal theory because the Hamiltonians used are nonlocal operators, and consequently, spooky actions at a distance are allowed. However, this theory is not a mathematical toy. The violation of Bell's inequality is experimentally confirmed, which implies that realism is allowed by this theory. The authors pointed out several new research problems connected with the foundations of QM.

This talk is based on the paper: W. A. Zúñiga-Galindo, *2-Adic Quantum Mechanics, Continuous-Time Quantum Walks, and the Space Discreteness*. Fortschr. Phys. 2025, e70019. <https://doi.org/10.1002/prop.70019>

**Palabras Clave:** Quantum mechanics; Continuous-time quantum walks; nonlocality.

**Autor de correspondencia:** [wilson.zunigagalindo@utrgv.edu](mailto:wilson.zunigagalindo@utrgv.edu)

## 10.4. Aplicación de redes neuronales ortogonales en la aproximación numérica de la ecuación de Bagley-Torvik

**Autores:** Juan Sebastian Manrique Moreno<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** El cálculo fraccionario se desarrolla como una extensión del cálculo clásico permitiendo definir derivadas, integrales y ecuaciones diferenciales de orden no entero [?, ?, ?]. Aplicado a sistemas físicos surge la ecuación de Bagley-Torvik, la cual modela el comportamiento de una placa atada a un resorte e inmersa en un fluido newtoniano; al deducirse matemáticamente a partir del planteamiento físico, el carácter fraccionario aparece de forma natural en la interacción entre la placa y el fluido [?, ?]. De este modo, la ecuación de Bagley-Torvik constituye un modelo representativo para estudiar la aplicación del cálculo fraccionario en sistemas masa-resorte-amortiguador [?, ?].

La solución analítica de la ecuación de Bagley-Torvik suele ser compleja, lo que ha motivado el desarrollo de diversos métodos numéricos para aproximarla bajo condiciones específicas. Este trabajo propone una aproximación numérica utilizando redes neuronales ortogonales (ONN, por sus siglas en inglés), las cuales emplean familias de polinomios ortogonales como funciones de activación en una arquitectura tipo perceptrón simple [?, ?, ?, ?]. La salida de la red se construye mediante una combinación lineal de las respuestas de las neuronas ortogonales, y su entrenamiento se realiza mediante la técnica de Extreme Learning Machine (ELM), que permite ajustar los pesos en un solo paso a partir de una formulación matricial generalizada, resolviendo el sistema mediante la inversa generalizada [?, ?].

Se utilizan polinomios de Hermite [?], Laguerre [?] y Legendre [?] con el fin de evaluar su desempeño en términos de precisión y eficiencia computacional, y contrastarlo con resultados obtenidos por otros métodos numéricos reportados en la literatura.

**Palabras Clave:** Cálculo fraccionario, ecuación de Bagley-Torvik, sistema masa-resorte-amortiguador, redes neuronales ortogonales, polinomios ortogonales, Extreme Learning Machine.

**Autor de correspondencia:** [jzmanrique@udistrital.edu.co](mailto:jzmanrique@udistrital.edu.co)

## 10.5. Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales

**Autores:** Miguel A. Rengifo<sup>1,2</sup>, José Santiso<sup>3</sup>, M H. Aguirre<sup>1,2,4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Zaragoza / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España. <sup>2</sup> Universidad de Zaragoza / Departamento de Física de Materia Condensada, Zaragoza, España. <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Barcelona / Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), Barcelona, España. <sup>4</sup> Laboratorio de Microscopías Avanzada (LMA) / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España.

**Resumen:** En la actualidad el uso de la Inteligencia Artificial (IA) nos rodea y nos abruma por completo, desde el desempeño de labores simples, hasta el uso en masivo en labores complejas de calculo y procesamiento de datos e información usando diferentes modelos de redes neuronales artificiales (RNA). A pesar de todo lo anterior, aún no existe hardware que simule e implemente por completo la arquitectura de una RNA. En este trabajo se busca demostrar la funcionalidad y viabilidad de una RNA usando películas ultradelgadas y epitaxiales de  $Pb(Zr_{0,52}Ti_{0,48})O_3$  (PZT).

Las películas delgadas fueron depositadas usando la técnica de laser pulsado (PLD) sobre sustratos de silicio y usando como buffer estructural, una bicapa de  $YSZ/CeO_2$ , sobre la cual se depositó  $LaNiO_3$  (LNO) como buffer conductor inferior. Los resultados por Difracción de Rayos X (XRD) y Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM) mostraron una alta calidad estructural ( $a_c \approx 4,07$ Å) y cristalina, junto con una gran calidad morfológica a escala nanométrica.

Las propiedades ferroeléctricas del PZT fueron evaluadas usando Microscopia de Fuerza Atómica (PFM-AFM), mostrando una excelente calidad morfológica y una baja rugosidad ( $r_{ms} < 1$  nm). Se evaluaron las propiedades memristivas del PZT a temperatura ambiente con micro dispositivos de LNO/PZT/Au fabricados con técnicas de litografía óptica en condiciones de sala limpia y testeados usando una mesa de micropuntas.

Los resultados finales de la evaluación de las propiedades eléctricas demuestran que los dispositivos de LNO/PZT/Au cumplen con todas propiedades y requerimientos para ser implementados como neuronas artificiales dentro de una RNA.

**Palabras Clave:** Ablación Laser; Memristor; Red Neuronal Artificial.

**Autor de correspondencia:** [marengifom@unizar.edu.es](mailto:marengifom@unizar.edu.es)

## 10.6. Predicción y Análisis de la Resistencia a la Compresión del Concreto mediante Aprendizaje Automático y Simulación Monte Carlo

**Autores:** Nicole Gallardo Linares, Ángel Pérez Acosta, Ricardo Vega Monroy

**Afiliaciones:** Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia.

**Resumen:** Este estudio aborda la predicción de la resistencia a la compresión del concreto, una propiedad fundamental para evaluar su desempeño estructural y garantizar la seguridad en aplicaciones ingenieriles. Se utilizó un conjunto de datos que incluye variables representativas de la composición del concreto (como las proporciones de cemento, agua, aditivos, entre otros) y su edad de curado.

Se implementaron distintos modelos de aprendizaje automático, entre ellos máquinas de soporte vectorial (SVR), árboles de decisión y redes neuronales artificiales, con el objetivo de modelar y predecir con precisión la resistencia del material. El desempeño de cada algoritmo se evaluó comparativamente mediante métricas como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el error cuadrático medio (MSE).

Los resultados muestran que el modelo de red neuronal obtuvo el mejor rendimiento, con un  $R^2$  de 0.89 y un MSE de 29.09. Le siguieron el modelo SVR ( $R^2 = 0,871$ , MSE = 33.232) y el árbol de decisión ( $R^2 = 0,848$ , MSE = 49.761).

Además, se aplicó una simulación Monte Carlo para estimar la incertidumbre asociada a las predicciones, lo que permitió construir intervalos de confianza útiles para la toma de decisiones en ingeniería estructural y la optimización del diseño de mezclas.

**Palabras Clave:** Resistencia a la compresión del Concreto, Aprendizaje automático, Simulación Monte Carlo.

**Autor de correspondencia:** [ngallardo@est.uniatlantico.edu.co](mailto:ngallardo@est.uniatlantico.edu.co)

## 10.7. Inferencia de parámetros físicos en nanodiscos magnéticos mediante redes neuronales profundas

**Autores:** Juan Sebastián Méndez Rondón<sup>1</sup>, Maria Isabel Garcia Quimbayo<sup>1</sup>, José Dario Agudelo Giraldo<sup>2</sup>, Jorge Iván Montes Molsalve<sup>3</sup>, Andrés Marino Álvarez Meza<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Signal Processing and Recognition Group, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 170001. <sup>2</sup> Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Manizales, 170002.

<sup>3</sup> Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz.

**Emails:** jumendezro@unal.edu.co; migarciaq@unal.edu.co; jdagudelog@unal.edu.co; jimontesm@unal.edu.co; amalvarezme@unal.edu.co

**Resumen:** El estudio de los dominios magnéticos en materiales a nanoescala es crucial para el desarrollo de tecnologías emergentes en almacenamiento de información y dispositivos espintrónicos, donde el control preciso de las configuraciones de espín permite optimizar la eficiencia, velocidad y miniaturización de componentes. No obstante, estas configuraciones presentan alta sensibilidad a variaciones en parámetros físicos como el acoplamiento de intercambio, la anisotropía magnética, los campos externos y la temperatura, generando estructuras de espín altamente variables que dificultan su estimación.

En este trabajo se propone una estrategia basada en aprendizaje profundo mediante redes neuronales convolucionales, entrenadas con datos sintéticos generados a partir del modelo atomístico de Heisenberg, para predecir parámetros físicos clave a partir de imágenes simuladas de nanodiscos magnéticos. La metodología comprende la generación sistemática de configuraciones bajo distintas combinaciones paramétricas de la temperatura y el coeficiente de interacción de Dzyaloshinskii–Moriya, el entrenamiento supervisado del modelo y la evaluación de las predicciones frente a perturbaciones mediante métricas de regresión.

Los resultados demuestran que el modelo es capaz de aprender representaciones significativas incluso en regiones del espacio paramétrico donde pequeñas perturbaciones inducen cambios drásticos en la estructura magnética. Se obtienen coeficientes de determinación superiores a 0.89 bajo validación cruzada, lo que evidencia su capacidad predictiva.

La estrategia propuesta constituye un avance significativo en la caracterización inversa de sistemas magnéticos complejos y proporciona herramientas prometedoras para el diseño de materiales funcionales en tecnologías espintrónicas de próxima generación.

**Palabras Clave:** Dominios magnéticos; Redes neuronales convolucionales; Nanodispositivos; Espintrónica; Modelo de Heisenberg; Variabilidad estructural; Simulación atomística; Aprendizaje supervisado; Caracterización inversa; Inteligencia artificial.

**Autor de correspondencia:** [jumendezro@unal.edu.co](mailto:jumendezro@unal.edu.co)

## 10.8. Análisis del Campo de Ruptura Dieléctrico Intrínseco en Materiales Semiconductores y Aislantes mediante Algoritmos de Aprendizaje Automático

**Autores:** Juan Ospino, Ricardo Vega Monroy

**Afiliaciones:** Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia.

**Resumen:** Este estudio analiza el desempeño de distintos modelos de aprendizaje automático en la predicción del campo de ruptura dieléctrico intrínseco en materiales semiconductores y aislantes. Para ello, se utilizó un conjunto de datos compuesto por 82 materiales, caracterizados mediante propiedades estructurales y electrónicas derivadas de cálculos basados en la teoría del funcional de la densidad (DFT).

Se implementaron y compararon varios enfoques de regresión, incluyendo regresión lineal, descenso de gradiente, máquinas de soporte vectorial (SVR) y modelos de regularización Lasso y Ridge. Entre los modelos evaluados, el descenso de gradiente obtuvo el mejor rendimiento, alcanzando un coeficiente de determinación de 0.868 y un error cuadrático medio (MSE) de 0.192.

Los resultados obtenidos evidencian el potencial del aprendizaje automático como una herramienta eficaz para la predicción de propiedades dieléctricas fundamentales, y subrayan su utilidad en el diseño racional y la optimización de nuevos materiales funcionales.

**Palabras Clave:** Modelos de aprendizaje automático; Campo de ruptura dieléctrico; Materiales semiconductores y aislantes.

**Autor de correspondencia:** [juandospino@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:juandospino@mail.uniatlantico.edu.co)

## 10.9. Modelado QSAR asistido por Machine Learning como potenciales inhibidores de la proteína ROP18 en *Toxoplasma gondii*

**Autores:** D. Aragón-Giraldo<sup>1</sup>, Nombre Apellido<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Quindío.

**Resumen:** La relación cuantitativa estructura-actividad (QSAR) es una metodología computacional que, apoyada en técnicas de machine learning (ML), ha cobrado gran relevancia en el diseño y optimización de moléculas bioactivas, al permitir la predicción de la actividad biológica de nuevos compuestos a partir de sus descriptores moleculares. En este estudio se aplicaron diferentes enfoques de ML para modelar la inhibición de la proteína ROP18 de *Toxoplasma gondii*, proteína clave en la evasión de la respuesta inmune del huésped.

Se construyó una base de datos de 195 moléculas derivadas de 2-hidrazono-tiazolidin-4-ona, de las cuales se seleccionaron 140 compuestos representativos mediante k-means clustering. Para optimizar la calidad de los modelos, se emplearon técnicas de selección de variables como RFE (Recursive Feature Elimination), SFS (Sequential Feature Selection) y PLS (Partial Least Squares Regression), reduciendo los descriptores a un conjunto óptimo de 20.

Posteriormente, se implementaron diferentes algoritmos de ML, destacando Random Forest ( $R^2 = 0,82$ ) y Regresión Lineal Múltiple (MLR) ( $R^2 = 0,92$ ). Este último mostró el mejor desempeño, con métricas robustas de validación:  $Q^2 = 0,92$ , RMSE = 0.19 y K-Fold = 0.81, lo que demuestra la alta capacidad predictiva y estabilidad del modelo.

Adicionalmente, el análisis QPHAR permitió identificar patrones farmacofóricos comunes en los derivados más activos, reforzando la interpretación de los modelos de ML. En conjunto, este trabajo evidencia cómo la integración de QSAR y machine learning constituye una estrategia poderosa para acelerar el descubrimiento de nuevos inhibidores de ROP18 y potenciales candidatos terapéuticos frente a la toxoplasmosis.

**Palabras Clave:** Machine learning, QSAR, QPHAR, *Toxoplasma gondii*, ROP18.

**Autor de correspondencia:** [daniel.aragong@uqvirtual.edu.co](mailto:daniel.aragong@uqvirtual.edu.co)

## 10.10. Efecto de los parámetros de diseño en la resistencia a compresión de biocompuestos impresos en 3D

**Autores:** David Styven Espitia Valero<sup>1</sup>, Yamid Josué Zarate Beltrán<sup>1</sup>, Ana Valentina Romero Mateus<sup>1</sup>, Martha Lissette Sánchez Cruz<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El interés por el desarrollo de materiales compuestos alternativos ha crecido en los últimos años. El empleo de fibras vegetales como refuerzo de matrices termoplásticas, contribuye a mitigar el impacto ambiental y a la disminución de los costos asociados con la fabricación de los materiales compuestos tradicionales.

La fabricación aditiva, como una tecnología emergente, ha ganado importancia en el desarrollo de nuevos materiales biocompuestos elaborados a partir del procesamiento de filamentos reforzados con fibras vegetales. En este trabajo se analizó el efecto de los parámetros de diseño en las propiedades mecánicas de biocompuestos sometidos a compresión axial.

Se implementó un diseño experimental factorial, definiendo dos factores numéricos (densidad de relleno y altura de la capa de impresión) y un factor categórico (patrón de relleno). Para cada factor se definieron tres niveles. Las probetas se imprimieron usando filamentos elaborados con ácido poliláctico (PLA), reforzado con 10 % de fibras vegetales pulverizadas.

Para cada probeta se determinó la resistencia máxima, el módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación. A partir de los resultados experimentales se realizó un análisis estadístico que permitió obtener ecuaciones para predecir el comportamiento mecánico del material en función de los factores analizados.

Este trabajo es un producto “Financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Año 2025-2. PIC-ING-4229”.

**Palabras Clave:** manufactura aditiva; biocompuestos; resistencia a compresión.

**Autor de correspondencia:** [est.davids.espitia@unimilitar.edu.co](mailto:est.davids.espitia@unimilitar.edu.co)

## 10.11. Propiedades Físicas, Mecánicas y Tribológicas de Biocompuestos Impresos en 3D Mediante Deposición Fundida de Filamentos

**Autores:** Cristian Fernando Ojeda Puentes<sup>1</sup>, Yulieth Vanesa Salcedo Ávila<sup>1</sup>, Carolina Isabel Salcedo Figueroa<sup>1</sup>, Martha Lissette Sánchez Cruz<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** El interés por el desarrollo de materiales compuestos alternativos ha crecido en los últimos años. El empleo de fibras vegetales como refuerzo de matrices termoplásticas, contribuye a mitigar el impacto ambiental y a la disminución de los costos asociados con la fabricación de los materiales compuestos tradicionales.

En la actualidad, la manufactura aditiva ha llamado la atención de profesionales e investigadores debido a la facilidad para el procesamiento de piezas con una geometría relativamente compleja en tiempos reducidos de fabricación. En este trabajo se realizó la evaluación del efecto de la densidad y el patrón de relleno en las propiedades físicas, mecánicas y tribológicas de compuestos elaborados mediante la deposición fundida de filamentos de origen vegetal.

Para el estudio, se utilizaron filamentos elaborados mediante la extrusión de fibras de ratán pulverizadas y gránulos de ácido poliláctico. Se imprimieron probetas variando la densidad de relleno entre 25 y 75 % y se usaron dos patrones de relleno: lineal y giroide.

Se determinaron la densidad, la capacidad de absorción, el porcentaje de hinchamiento, el coeficiente de fricción, la tasa de desgaste y la resistencia a compresión del biocompuesto. Adicionalmente se determinaron las propiedades dinámicas (módulo de elasticidad dinámico, coeficiente de Poisson y módulo de cortante).

A partir de los resultados experimentales, se realizó un análisis estadístico y se obtuvieron ecuaciones que permiten predecir las propiedades del material en función de los parámetros de diseño.

Este trabajo es un producto “Financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Año 2025-2. PIC-ING-4230”.

**Palabras Clave:** manufactura aditiva; biocompuestos; propiedades.

**Autor de correspondencia:** [est.cristian.ojeda@unimilitar.edu.co](mailto:est.cristian.ojeda@unimilitar.edu.co)

## 10.12. Junturas Túnel Ferroeléctricas de PZT integradas sobre Silicio en redes neuronales artificiales

**Autores:** Miguel A. Rengifo<sup>1,2</sup>, José Santiso<sup>3</sup>, M H. Aguirre<sup>1,2,4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Zaragoza / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España. <sup>2</sup> Universidad de Zaragoza / Departamento de Física de Materia Condensada, Zaragoza, España. <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Barcelona / Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), Barcelona, España. <sup>4</sup> Laboratorio de Microscopías Avanzada (LMA) / Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA), Zaragoza, España.

**Resumen:** En la actualidad el uso de la Inteligencia Artificial (IA) nos rodea y nos abruma por completo, desde el desempeño de labores simples, hasta el uso en masivo en labores complejas de calculo y procesamiento de datos e información usando diferentes modelos de redes neuronales artificiales (RNA). A pesar de todo lo anterior, aún no existe hardware que simule e implemente por completo la arquitectura de una RNA. En este trabajo se busca demostrar la funcionalidad y viabilidad de una RNA usando películas ultradelgadas y epitaxiales de  $Pb(Zr_{0,52}Ti_{0,48})O_3$  (PZT).

Las películas delgadas fueron depositadas usando la técnica de laser pulsado (PLD) sobre sustratos de silicio y usando como buffer estructural, una bicapa de  $YSZ/CeO_2$ , sobre la cual se depositó  $LaNiO_3$  (LNO) como buffer conductor inferior. Los resultados por Difracción de Rayos X (XRD) y Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM) mostraron una alta calidad estructural ( $a_c \approx 4,07$ Å) y cristalina, junto con una gran calidad morfológica a escala nanométrica.

Las propiedades ferroeléctricas del PZT fueron evaluadas usando Microscopia de Fuerza Atómica (PFM-AFM), mostrando una excelente calidad morfológica y una baja rugosidad ( $r_{ms} < 1$  nm). Se evaluaron las propiedades memristivas del PZT a temperatura ambiente con micro dispositivos de LNO/PZT/Au fabricados con técnicas de litografía óptica en condiciones de sala limpia y testeados usando una mesa de micropuntas.

Los resultados finales de la evaluación de las propiedades eléctricas demuestran que los dispositivos de LNO/PZT/Au cumplen con todas propiedades y requerimientos para ser implementados como neuronas artificiales dentro de una RNA.

**Palabras Clave:** Ablación Laser; Memristor; Red Neuronal Artificial.

**Autor de correspondencia:** [marengifom@unizar.edu.es](mailto:marengifom@unizar.edu.es)

### 10.13. Evaluación comparativa de redes neuronales para detección de fibrilación auricular con métricas tradicionales y complementarias

**Autores:** Nathalia Alexandra Perez Rojas<sup>1</sup>, David Alejandro Miranda Mercado<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** La fibrilación auricular (FA) es una de las arritmias cardíacas más comunes y, a la vez, una de las más difíciles en términos de detección temprana. En los últimos años, el uso de redes neuronales ha impulsado el desarrollo de algoritmos capaces de diagnosticar esta condición a partir de electrocardiogramas (ECG). Sin embargo, aunque muchos de estos algoritmos alcanzan un desempeño competitivo en métricas clásicas, aún resulta necesario aplicar evaluaciones más profundas que permitan identificar diferencias en su funcionamiento interno.

El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de dos arquitecturas de redes neuronales para la detección temprana de FA en ECG, utilizando métricas tanto convencionales como unas complementarias: la entropía cruzada, error cuadrático medio, varianza de pesos y descomposición sesgo-varianza.

El estudio se desarrolló en tres etapas: implementación de los modelos en Python con las librerías wfdb, TensorFlow y NumPy; entrenamiento y validación con la base de datos MIT-BIH Arrhythmia; y aplicación de las métricas de desempeño.

En los resultados, la red convolucional 2D alcanzó una exactitud del 96 %, calculada como la proporción de aciertos sobre el total de predicciones, con entropía cruzada de 0.08 y un error cuadrático medio de 0.1, mientras que la red 1D obtuvo una exactitud del 81 %, con entropía cruzada de 0.3 y un error cuadrático medio de 0.1.

Estos resultados muestran que la comparación entre modelos requiere un enfoque multifacético, donde métricas complementarias proporcionan una visión más integral del desempeño.

**Palabras Clave:** Redes neuronales convolucionales; fibrilación auricular; electrocardiograma; métricas de desempeño; detección temprana.

**Autor de correspondencia:** [nathalia2200023@correo.uis.edu.co](mailto:nathalia2200023@correo.uis.edu.co)

## 10.14. Procesamiento de imágenes cuánticas: un enfoque que utiliza la métodos mixtos y discretos

**Temática:** Física computacional.

**Autores:** Julián Sierra Salamanca<sup>1</sup>, Sebastián Mendoza<sup>2</sup>, Diego Gerardo Roldán<sup>3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** Este trabajo explora varios métodos de Procesamiento Cuántico de Imágenes (QIP), analizando tres de ellos: Qubit Lattice, Representación Cuántica Flexible de Imágenes (FRQI) y Novel Enhanced Quantum Representation (NEQR). Para cada método, se presenta un análisis que abarca sus fundamentos teóricos y el diseño de su circuito cuántico correspondiente.

Se desarrollaron experimentalmente mediante dos enfoques: simulaciones de alta precisión en el simulador cuántico y ejecuciones experimentales en hardware cuántico real, usando la librería Qiskit. Para ello, se accedió a diversos procesadores cuánticos disponibles, y los datos resultantes fueron analizados para evaluar el rendimiento de cada técnica en un entorno práctico.

Adicionalmente, se implementó un protocolo de mitigación de errores para contrarrestar el ruido inherente al hardware y compuertas cuánticas, lo que permitió un análisis comparativo más profundo de los resultados.

**Palabras Clave:** Procesamiento Cuántico de Imágenes (QIP); Representación Cuántica Flexible de Imágenes (FRQI); NEQR (Novel Enhanced Quantum Representation).

**Autor de correspondencia:** [jusierrasa@unal.edu.co](mailto:jusierrasa@unal.edu.co), [damendozac@unal.edu.co](mailto:damendozac@unal.edu.co), [dgroldanj@unal.edu.co](mailto:dgroldanj@unal.edu.co)

## 10.15. Caracterización óptica y eléctrica del grafeno oxidado para aplicaciones en comunicación óptica

**Autores:** I. Y. Torres-Morales<sup>1</sup>, J. Donayre-Cedano<sup>1</sup>, D. J. Sánchez-Trujillo<sup>1,2</sup>, J. J. Prías-Barragán<sup>2,3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. <sup>2</sup> Doctorado en Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. <sup>3</sup> Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se presenta la caracterización óptica y eléctrica del grafeno oxidado (GO) para potenciales aplicaciones en sistemas de comunicación óptica, considerando al GO como elemento activo tanto en la etapa emisora como en la receptora. El GO fue sintetizado a partir del bambú guadua angustifolia Kunth como material precursor sobre sustratos de cuarzo, por el método de doble descomposición térmica (DDT) a una temperatura fija de 973 K, bajo atmósfera controlada de nitrógeno, exhibiendo una baja cobertura de óxidos.

La caracterización óptica se realizó mediante medidas de intensidad de emisión en el rango espectral del visible y parte del infrarrojo cercano, encontrando una respuesta ensanchada por encima de 630 nm. La caracterización eléctrica se llevó a cabo mediante curvas corriente–voltaje (IV) en diferentes rangos de corriente, logrando observar una respuesta lineal para el rango de corriente entre -5 y 5 mA, con valores de resistencia eléctrica (a partir del cálculo de la pendiente) por encima de 0,30 k $\Omega$ ; mientras que para valores de corriente mayores, las curvas presentan una respuesta no lineal con incremento de la resistencia eléctrica por encima de 1,0 k $\Omega$ , tal como era de esperarse, debido a la desorción de los grupos multifuncionales óxidos presentes en las muestras de GO.

Estos resultados sugieren que el GO podría emplearse en sistemas de comunicación óptica básicos, como radiador y fotodetector en un mismo esquema experimental.

**Palabras Clave:** Grafeno oxidado; comunicaciones ópticas; caracterización eléctrica y óptica.

**Modalidad:** Póster

**Eje temático:** Inteligencia Artificial y tecnologías emergentes

**Autor de correspondencia:** [johanna.donayrec@uqvirtual.edu.co](mailto:johanna.donayrec@uqvirtual.edu.co)

## 10.16. Estudio del efecto de funciones de activación polinómicas en la respuesta de un perceptron simple

**Autores:** J.J. Valencia-Vallejo, J.J. Prías-Barragán

**Afiliaciones:** Universidad del Quindío / Programa de Física / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo evalúa el impacto de funciones de activación polinómicas (grados 2, 3, 4), combinadas y acotadas, incluyendo  $\sqrt{x^4 + x^2}$ , en el rendimiento de un perceptron simple, para clasificación binaria. Se hizo la comparación con funciones de activación estándar (sigmoide, tanh, ReLU), mediante la implementación de un modelo en el software Python con descenso de gradiente y regularización L2; entrenado con datos sintéticos, con cálculo de métricas de precisión, de error cuadrático medio, y visualización de fronteras de decisión con múltiples semillas, analizándose la robustez.

Los resultados muestran que las activaciones estándar ofrecen alta precisión y estabilidad, con fronteras lineales bien definidas; mientras que las funciones polinómicas no acotadas, presentan bajo rendimiento y alta variabilidad, destacando la combinación acotada  $\sqrt{x^4 + x^2}$  como la mejor función polinómica, exhibiendo un comportamiento estable.

Se encontró que las activaciones estándar superan a las polinómicas no acotadas y se identificó la función  $\sqrt{x^4 + x^2}$  como la opción más prometedora.

Los resultados sugieren que  $\sqrt{x^4 + x^2}$  es una opción prometedora como función de activación para perceptron simple y aporta al diseño de modelos de aprendizaje automático adaptados a tareas específicas.

**Palabras Clave:** Perceptron; funciones de activación; clasificación.

**Autor de correspondencia:** [jjvalenciav@uqvirtual.edu.co](mailto:jjvalenciav@uqvirtual.edu.co)

### 10.17. Study of the influence of temperature on the light emission response of electrical polarized graphene oxide

**Autores:** D. J. Sánchez-Trujillo<sup>1,2</sup>, J. J. Prías-Barragán<sup>2,3</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa de Ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. <sup>2</sup> Doctorado en Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. <sup>3</sup> Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia.

**Resumen:** The influence of temperature on the light emission response in electrically polarized graphene oxide (GO) samples is presented here. GO films were synthesized by employing the double thermal decomposition (DTD) method. Compositional, vibrational, morphological, and electrical properties were studied. Results revealed that at room temperature (T), spectroscopy showed that the largest contribution is towards the red, but as the temperature changes, a slight shift in the emission spectrum and a greater contribution from blue wavelengths were identified, as expected for semiconductor material. The light emission mechanism was initially described by thermal emissions. These results suggest that GO films are an attractive material to develop advanced electronics light emitting devices.

**Palabras Clave:** Graphene oxide; light emission; temperature.

**Modalidad:** Oral

**Eje temático:** Inteligencia Artificial y tecnologías emergentes

**Autor de correspondencia:** [djsanchez@uniquindio.edu.co](mailto:djsanchez@uniquindio.edu.co)

## 10.18. Efecto del reinicio estocástico en el tiempo de sincronización del modelo de Kuramoto en redes

**Autores:** Kevin Paramero<sup>1</sup>, Alejandro Pérez Riascos<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** La sincronización es un fenómeno fundamental en sistemas físicos, biológicos y sociales, donde un conjunto de osciladores ajustan su dinámica colectiva a través de interacciones locales. El modelo de Kuramoto constituye un marco teórico robusto para describir este proceso en redes complejas; sin embargo, la incorporación de mecanismos de reinicio, entendidos como interrupciones o restablecimientos estocásticos en la dinámica de ciertos nodos, ha sido poco explorada.

En este trabajo se propone el estudio del modelo de Kuramoto con reinicio estocástico en distintos tipos de redes. El objetivo principal es analizar cómo el reinicio afecta el tiempo de sincronización global y establecer una funcionalidad que relacione el cociente entre el tiempo de sincronización con y sin reinicio en función de la probabilidad de reinicio.

La metodología se basa en simulaciones numéricas del modelo de Kuramoto mediante integración de sistemas de ecuaciones diferenciales acopladas, donde se implementa un proceso estocástico de reinicio sobre uno o varios nodos. Se busca evidenciar regímenes donde el reinicio disminuya el tiempo de sincronización, en analogía con fenómenos de optimización por reinicio estocástico.

Los resultados abren nuevas perspectivas en la física de sistemas complejos, al vincular el concepto de reinicio estocástico con la sincronización, ofreciendo posibles aplicaciones en diferentes sistemas complejos.

**Palabras Clave:** Modelo de Kuramoto; Reinicio Estocástico; Redes.

**Autor de correspondencia:** [kparamero@unal.edu.co](mailto:kparamero@unal.edu.co)

## **Capítulo 11**

# **MATERIA CONDENSADA**

## 11.1. Impacto de impurezas y asimetría estructural en cadenas lineales de puntos cuánticos

**Autores:** Daniel Parra, Daniel Espinel, Willian Gutierrez

**Afiliaciones:** Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Resumen:** La localización electrónica en nanoestructuras juega un papel crucial en el ajuste de sus propiedades electrónicas y optoelectrónicas, afectando directamente el desempeño de dispositivos como sensores, celdas fotovoltaicas y compuertas lógicas cuánticas. En particular, las cadenas lineales de puntos cuánticos (QDs) constituyen un sistema ideal para explorar fenómenos de confinamiento y acoplamiento cuántico, donde la manipulación precisa de la localización electrónica resulta fundamental para optimizar su funcionalidad.

En este trabajo, se estudia teóricamente la localización electrónica inducida por la presencia de impurezas donadoras y la asimetría estructural en cadenas lineales de puntos cuánticos. Se modela un electrón de conducción en un arreglo unidimensional de QDs acoplados lateralmente, considerando como fuentes de desorden las variaciones en el tamaño de los QDs constituyentes y la presencia de una impureza descentrada.

Utilizando la aproximación de masa efectiva y la función envolvente, se resuelve la ecuación de Schrödinger mediante métodos numéricos adecuados para sistemas no homogéneos y anisotrópicos.

Los resultados muestran que la combinación de impurezas descentradas y asimetría estructural favorece la ruptura de la simetría espacial, promoviendo una fuerte localización de los estados electrónicos y la generación de un momento dipolar eléctrico gigante. Esto se traduce en modificaciones significativas en la estructura del espectro energético y en las propiedades ópticas del sistema, lo que podría aprovecharse para diseñar nanoestructuras con respuestas espectrales ajustables en aplicaciones optoelectrónicas y fotovoltaicas.

**Palabras Clave:** Cadena lineal de puntos cuánticos; Impurezas donadoras; Asimetría estructural; Localización electrónica.

**Autor de correspondencia:** [daniel2191072@correo.uis.edu.co](mailto:daniel2191072@correo.uis.edu.co)

## 11.2. Síntesis, análisis cristalográfico, morfológico y magnético del material LaSr(Bi, Mn)FeO6

**Autores:** K.A. Rojas-Daza<sup>1</sup>, F.A. Paez-Reyes<sup>1</sup>, D.A. Landinez-Téllez<sup>1</sup>, L. Valladares<sup>2</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> University of Cambridge, Thin Film Magnetism Group.

**Resumen:** Se produjeron por síntesis de estado sólido dos muestras correspondientes a las perovskitas LaSrFeMnO6 y LaSrFeBiO6. El análisis de difracción de rayos X reveló que ambas muestras cristalizaron como perovskitas simples  $\text{La}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}(\text{Mn/Bi})_{0,5}\text{Fe}_{0,5}\text{O}_3$ .

La muestra con manganeso se formó como fase mayoritaria en sistema trigonal R-3c con impurezas de SrO (4 % en peso) y  $\text{Fe}_2\text{Sr}_3\text{O}_{6,73}$  (2,6 % en peso), mientras que la muestra con bismuto cristalizó en el sistema ortorrómbico Pbnm con fase minoritaria de  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (12,1 % en peso).

La microscopía SEM mostró granos submicrométricos irregulares (tamaño medio  $\sim 0,392 \mu\text{m}$ ,  $\sigma = 0,188$ ) en LaSrMnFeO6, frente a granos poliedrales más grandes y densos (media  $\sim 0,916 \mu\text{m}$ ) en LaSrBiFeO6.

Los estudios de reflectancia difusa y ajuste de Tauc determinaron band gaps ópticos de  $E_g = 0,784 \pm 0,007 \text{ eV}$  (Mn) y  $E_g = 0,758 \pm 0,007 \text{ eV}$  (Bi).

Finalmente, las medidas magnéticas indicaron en LaSrMnFeO6 un comportamiento de vidrio de espín con predominio antiferromagnético a 300 K y una débil componente ferromagnética a 5 K, mientras que LaSrBiFeO6 presentó un comportamiento esencialmente paramagnético con vestigios de ferromagnetismo débil alrededor de 140 K atribuibles a fases secundarias.

**Palabras Clave:** Antiferromagnetismo; Paramagnetismo; Perovskita.

**Autor de correspondencia:** [krojasd@unal.edu.co](mailto:krojasd@unal.edu.co)

### 11.3. Propiedades térmicas de membranas poliméricas de quitosano y $H_3PO_2$

**Autores:** Miguel Iban Delgado<sup>1</sup>, Nori Jurado<sup>1</sup>, Cristian Prieto<sup>1</sup>, Daniel Galindo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Se sintetizaron membranas poliméricas basadas en quitosano (CS) y ácido hipofosforoso ( $H_3PO_2$ ) a diferentes concentraciones por el método de solución y evaporación lenta del solvente.

Estas membranas fueron caracterizadas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Los resultados muestran transiciones térmicas características bien definidas. Para las membranas quitosano/ $H_3PO_2$  se observaron anomalías endotérmicas asociadas a la fusión de la fase cristalina, entre 80–90°C, y escalones asociados a temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), entre 40–50°C, dependiendo de la concentración.

Una membrana de quitosano puro presentó un comportamiento térmico distintivo con la primera anomalía endotérmica aproximadamente 32°C, una segunda anomalía a 93°C asociada a la fusión de fase cristalina, y una tercera anomalía cerca de 190°C, posiblemente relacionada con procesos de degradación térmica.

El análisis de diferentes concentraciones de  $H_3PO_2$  en la matriz de quitosano reveló cambios sistemáticos en las propiedades térmicas, indicando interacciones moleculares entre el polímero y el ácido.

Estos análisis proporcionan información valiosa sobre temperaturas de fusión y ventana térmica del sistema quitosano/ $H_3PO_2$  que podrían ser útiles en aplicaciones electroquímicas, como celdas de combustible.

**Palabras Clave:** Calorimetría diferencial de barrido; Transición vítrea; Fusión.

**Autor de correspondencia:** [dagalindol@ut.edu.co](mailto:dagalindol@ut.edu.co)

## 11.4. Conductividad iónica de membranas poliméricas de quitosano y $H_3PO_2$

**Autores:** Iban Delgado<sup>1</sup>, Nori Jurado<sup>1</sup>, Cristian Prieto<sup>1</sup>, Daniel Galindo<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Se prepararon membranas poliméricas basadas en quitosano (CS) y ácido hipofosforoso ( $H_3PO_2$ ) a diferentes concentraciones en relación masa a masa por método de solución y evaporación lenta del solvente.

Las membranas resultantes, con espesores entre 0.07 mm y 0.33 mm, se caracterizaron mediante espectroscopía de impedancia (IS) con el propósito de obtener información sobre la conductividad DC.

Los análisis muestran un comportamiento acorde con la ecuación de Vogel–Tamman–Fulcher (VTF), con una conductividad iónica aproximada de  $1,01 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$  a temperatura ambiente (298 K) para una concentración de 50 %  $H_3PO_2$ .

Por lo tanto, el electrolito polimérico CS +  $H_3PO_2$  resulta prometedor para la fabricación de membranas de electrolito polimérico en celdas de combustible.

**Palabras Clave:** Electrolito polimérico; Conductividad DC iónica; Espectroscopía de impedancia.

**Autor de correspondencia:** [cdprietog@ut.edu.co](mailto:cdprietog@ut.edu.co)

## 11.5. Optical and electrical characterization of Spin coating ZnO thin films doped with aluminum for solar cell applications

**Autores:** J.S. Betancourt<sup>1,2,\*</sup>, J. López Pialejo<sup>1,2</sup>, M.A. Millan-Franco<sup>3</sup>, J.E. Diosa<sup>1,2</sup>, E. Mosquera-Vargas<sup>1,2,\*\*</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Transiciones de Fase y Materiales Funcionales (GTFMF), Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia. <sup>2</sup> Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM), Universidad del Valle, Cali, Colombia. <sup>3</sup> Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

**Resumen:** Undoped and aluminum-doped ZnO (AZO) thin films containing 3 %, 5 %, and 8 % aluminum were synthesized via the spin coating technique. The precursor solution was prepared using zinc acetate, 2-methoxyethanol, and ethanolamine, and deposited onto transparent and conductive fluorine-doped tin oxide (FTO) substrates at room temperature.

Following deposition, the films underwent UV-assisted thermal treatment. Raman spectroscopy confirmed the presence of characteristic vibrational modes associated with the hexagonal wurtzite phase of ZnO. UV-Vis spectroscopy revealed that all samples exhibited strong absorption in the ultraviolet region, and indicated a widening of the optical band gap with increasing aluminum concentration.

Morphological analysis showed a transition from a continuous surface to a dendritic-like structure as a result of aluminum incorporation and exposure to UV radiation.

Finally, electrical measurements demonstrated enhanced conductivity with higher aluminum doping levels. These results suggest that these films could be used as electron transport layers in the fabrication of new-generation optoelectronic devices.

**Palabras Clave:** ZnO thin films; Aluminum doping; Electron transport layers; Spin coating.

**Agradecimientos:** El autor agradece a la Universidad del Valle por el apoyo financiero (Proyecto C.I. 71407).

**Autor de correspondencia:** [betancourt.john@correounivalle.edu.co](mailto:betancourt.john@correounivalle.edu.co), [edgar.mosquera@correounivalle.edu.co](mailto:edgar.mosquera@correounivalle.edu.co)

## 11.6. Estudio de las propiedades magnéticas y estructurales del sistema $Fe_{50}Al_{50-x}B_x$ obtenido por aleamiento mecánico

**Autores:** Nelson Daniel Villanueva Melo, Carolina López Vargas, Humberto Bustos Rodríguez, Yebrail Antonio Rojas Martínez, Dagoberto Oyola Lozano

**Afiliaciones:** Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** En este estudio se analizó el efecto del boro en las propiedades magnéticas y estructurales de polvos con la composición  $Fe_{50}Al_{50-x}B_x$ , con valores de  $x$  igual a 0, 10, 25 y 35, los cuales fueron obtenidos mediante Aleamiento Mecánico en atmósfera de argón durante períodos de molienda de 6, 24 y 48 horas.

Para la preparación de las muestras, se utilizó un molino planetario Fritsch Pulverisette 7 de alta energía, con jarras de acero inoxidable y esferas de diámetro de 10 mm del mismo material, con una relación peso esferas-peso polvo de 20:1.

La caracterización magnética y estructural se realizó por espectroscopia Mössbauer (MS), magnetometría de muestra vibrante (VSM) y difracción de rayos X (XRD), respectivamente.

Los resultados de los espectros Mössbauer indican que para las muestras con 6 horas de molienda tienden a un comportamiento ferromagnético para todo  $x$ , mientras las muestras para  $x = 0$  y con tiempos de molienda mayores a 24 horas tienden a un comportamiento paramagnético. Sin embargo, cuando aumenta la concentración de boro, el efecto es restaurar el carácter ferromagnético.

Los resultados de XRD y VSM revelan que todas las muestras presentan una estructura BCC y un comportamiento magnéticamente blando.

**Palabras Clave:** Espectroscopia Mössbauer; Difracción de rayos X; Aleamiento mecánico.

**Autor de correspondencia:** [ndvillanuevame@ut.edu.co](mailto:ndvillanuevame@ut.edu.co)

## 11.7. Estudio de las propiedades estructurales y magnéticas del sistema $\text{Fe}_3\text{Sn}_{1-x}\text{Sm}_x$

**Autores:** Sergio David Monroy Barragan<sup>1</sup>, Fhanor Leonardo Herrera Rivera<sup>1</sup>, Humberto Bustos Rodríguez<sup>1</sup>, Yebrail Antonio Rojas Martínez<sup>1</sup>, Dagoberto Oyola Lozano<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Tolima, Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades magnéticas y estructurales del sistema  $\text{Fe}_3\text{Sn}$  dopado con Samario, con la estequiometría  $\text{Fe}_3\text{Sn}_{1-x}\text{Sm}_x$ , donde  $x$  toma los valores de 0, 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8.

Las muestras se prepararon mediante una reacción de estado sólido, comenzando con un primer tratamiento térmico (1-RES) a  $2^\circ\text{C}/\text{min}$  hasta alcanzar  $800^\circ\text{C}$ . Posteriormente, se realizó un segundo tratamiento térmico (2-RES) a la misma temperatura, pero con una tasa de calentamiento de  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ , ambos durante 48 horas.

Las muestras fueron caracterizadas mediante difracción de rayos X (XRD), espectrometría Mössbauer (MS) y magnetometría de muestra vibrante (VSM).

El análisis XRD indica que todas las muestras contienen la fase  $\text{Fe}_3\text{Sn}$  con estructura hexagonal y parámetros de red  $a = 5,412 \text{ \AA}$  y  $c = 4,337 \text{ \AA} \pm 0.001 \text{ \AA}$ , además de fases con óxidos como  $\text{FeO}_3\text{Sm}$ ,  $\text{SnO}$  y  $\text{Sm}_2\text{O}_3$ .

El análisis MS confirmó estas fases y estableció que la fase  $\text{Fe}_3\text{Sn}$  presente corresponde a un campo hiperfino de  $25 \pm 0,1 \text{ T}$ .

El análisis VSM reveló que el dopaje con Sm convierte al sistema en un material magnéticamente blando: al aumentar la concentración de Sm, el campo coercitivo disminuye, mientras que la magnetización de saturación aumenta.

**Palabras Clave:** Espectroscopia Mössbauer; Difracción de rayos X; Reacción de estado sólido.

**Autor de correspondencia:** [sdmonroyb@ut.edu.co](mailto:sdmonroyb@ut.edu.co)

## 11.8. Estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema $Fe_{100-x}Ni_x$ obtenido por aleamiento mecánico

**Autores:** Laura Valentina Perdomo Polo, John Wilmer Neuta Alape, Humberto Bustos Rodríguez, Yebrail Antonio Rojas Martínez, Dagoberto Oyola Lozano

**Afiliaciones:** Departamento de Física, Grupo Ciencia de Materiales, Semillero Nuevos Materiales Magnéticos, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se presenta el estudio de los parámetros Mössbauer y estructurales del sistema  $Fe_{100-x}Ni_x$  ( $x = 20, 40, 60, 80$ ), obtenido por aleamiento mecánico con tiempos de molienda de 24, 48 y 72 horas.

Se realizó la estequiometría de polvos respectiva y se alearon usando un molino planetario Frisch Pulverisette 7 con una relación de 20:1 (masa de bolas : masa de polvo). Las muestras se prepararon con polvos de hierro (Fe) y níquel (Ni) de alta pureza (99.99 %).

Las muestras fueron caracterizadas por difracción de rayos X (XRD) y espectroscopía Mössbauer (MS).

Los resultados de XRD del sistema  $Fe_{100-x}Ni_x$  revelan la existencia de la fase tetrataenita, con parámetros de red de 2.558 Å. Al aumentar la concentración de Ni por encima del 40 % y los tiempos de molienda (24–72 h), el tamaño de los cristalitas incrementa de 10 a 19 nm.

Para  $x = 20$  la fase FeNi no se consolida; esta consolidación se logra a partir de  $x = 40$  y tiempos de molienda de 48–72 h, donde se observa un comportamiento ferromagnético con un campo hiperfino promedio de 30.2 T.

**Palabras Clave:** Espectroscopía Mössbauer; Difracción de rayos X; Aleamiento mecánico.

**Autor de correspondencia:** [lvperdomopo@ut.edu.co](mailto:lvperdomopo@ut.edu.co)

## 11.9. Mejoramiento de la inyección de huecos al interior de dispositivos OLED

**Autores:** David Varon, Jorge Palmar, Andrés Bernal, Angel Miguel Ardila

**Afiliaciones:** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** Una capa fundamental en la estructura de los dispositivos OLED es el ánodo, usualmente compuesto por un óxido conductor transparente. Sin embargo, la función trabajo de materiales como el ITO (óxido de indio y estaño) es baja en comparación con el HOMO de los materiales orgánicos ( $\sim -5,5$  eV), lo que genera un escalón de potencial que reduce la eficiencia del dispositivo al dificultar la inyección de portadores.

Para mejorar la eficiencia, uno de los métodos más conocidos es aumentar la función trabajo del ánodo sin comprometer sus propiedades ópticas ni eléctricas.

El ITO es ampliamente utilizado por su alta transmitancia y baja resistencia de hoja, aunque su función trabajo está entre  $-4.7$  eV y  $-4.8$  eV.

Por medio de tratamientos químicos, se logró modificar su superficie para aumentar su función trabajo: la cloración con ácido clorhídrico (HCl) permitió elevarla hasta  $\sim -5,0$  eV, mientras que con 1,2-diclorobenceno alcanzó valores de  $\sim -5,1$  eV.

Estas modificaciones reducen la barrera de inyección de carga, mejorando el desempeño del OLED.

La caracterización de la función trabajo se realizó mediante voltamperometría cíclica y sonda Kelvin. El efecto del tratamiento se observó en las curvas corriente-voltaje y luminancia-voltaje de OLEDs fabricados con y sin tratamiento del conductor transparente.

**Palabras Clave:** OLEDs; Inyección de portadores; Función trabajo; Voltamperometría; ITO; Óxidos conductores transparentes.

**Autor de correspondencia:** [dvaronr@unal.edu.co](mailto:dvaronr@unal.edu.co), [amardilav@unal.edu.co](mailto:amardilav@unal.edu.co)

## 11.10. Estudio computacional autoconsistente de un modelo unidimensional tipo DFT: implementación en C++ y análisis de condiciones iniciales para la densidad electrónica

**Autores:** Oscar J. Cogua A.<sup>1</sup>, John H. Díaz F.<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo presenta el desarrollo de un código en C++ que implementa un modelo simplificado de la teoría del funcional de la densidad (DFT) en una dimensión espacial.

El objetivo es comprender de manera directa el funcionamiento de los ciclos autoconsistentes (SCF) y la estructura básica de programas como Quantum ESPRESSO o Wien2k, mediante una implementación construida desde cero.

El código resuelve la ecuación de Kohn-Sham utilizando un potencial efectivo generado a partir de una densidad electrónica inicial, la cual se actualiza iterativamente hasta alcanzar la convergencia.

Se permite experimentar con diferentes condiciones iniciales para la densidad (gaussianas, uniformes, multi-picos) con el fin de observar su influencia sobre el proceso de convergencia.

La discretización espacial se realiza mediante diferencias finitas y la diagonalización del Hamiltoniano con la librería Eigen.

Se calcula la energía química, la densidad electrónica final y la energía total del sistema. La evolución de la densidad se visualiza con gnuplot para facilitar el análisis.

Aunque el modelo es elemental, resulta útil para ilustrar claramente los principios fundamentales de la DFT computacional. Este enfoque es especialmente valioso como herramienta pedagógica para estudiantes interesados en entender la dinámica interna de los códigos de estructura electrónica.

**Palabras Clave:** DFT; Simulación computacional; Autoconsistencia; Densidad electrónica.

**Autor de correspondencia:** [ojcoguaa@udistrital.edu.co](mailto:ojcoguaa@udistrital.edu.co), [jhdiazf@udistrital.edu.co](mailto:jhdiazf@udistrital.edu.co)

## 11.11. Conductividad Hall Cuántica como Invariante TKNN y Espectro Fractal de la Mariposa de Hofstadter

**Autores:** Sebastian Guerrero Gaviria

**Afiliaciones:** Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

**Resumen: Objetivo:** Explorar cómo la conductividad Hall, para el caso de electrones no interactuantes en una red bidimensional en presencia de un campo magnético, se comporta como un invariante topológico (TKNN), y cómo al analizar este sistema se puede obtener la estructura fractal de Hofstadter, confirmada experimentalmente en febrero de 2025.

**Metodología:** Se analiza el comportamiento de electrones en una red cuadrada bidimensional bajo aproximación tight-binding y acoplamiento mínimo a un potencial vectorial que genera un flujo racional por celda unitaria.

A partir de la definición de la zona magnética de Brillouin, se analiza el espectro del Hamiltoniano del sistema usando la ecuación de Schrödinger en el espacio de los momentos para obtener la “mariposa de Hofstadter”. Además, se derivan las condiciones de traslación magnética y se halla el primer número de Chern, integrando en la zona magnética de Brillouin para obtener la cuantización de la conductividad Hall.

**Resultados:**

- La conductividad Hall cuantizada coincide con un número entero topológico de cada banda.
- Se identifican cambios de signo en la conductividad Hall que distinguen bandas electrón-hueco, en correspondencia con la literatura científica.
- Se muestra gráficamente la “mariposa de Hofstadter”, resaltando gaps grandes con conductancias robustas y gaps pequeños con conductancias exóticas.

**Conclusión:** Este estudio muestra que la cuantización de la conductividad Hall tiene origen topológico, expresado en los números de Chern. La “mariposa de Hofstadter”, ahora confirmada experimentalmente, se muestra como un mapa fractal que vincula la estructura espectral y el transporte cuántico, fortaleciendo el puente entre teoría y física experimental.

**Palabras Clave:** Efecto Hall cuántico; Conductividad de Hall; Número de Chern; Invariante TKNN; Mariposa de Hofstadter.

**Autor de correspondencia:** [sebastianguerrero@unicauca.edu.co](mailto:sebastianguerrero@unicauca.edu.co)

## 11.12. Pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs en ambiente dieléctrico: Propiedades ópticas y efectos del campo eléctrico

**Autores:** José Fernando Gómez Bedoya<sup>1</sup>, Ricardo León Restrepo Arango<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad EIA, C. P. 055428 Envigado, Colombia.

**Resumen:** Presentamos el cálculo teórico sobre las propiedades ópticas lineales y no lineales en pozos cuánticos asimétricos de AlGaAs/GaAs embebidos en un ambiente dieléctrico bajo los efectos de campos eléctricos. El perfil potencial se construye en función de la concentración de aluminio, de manera que la heteroestructura presenta múltiples escalones con diferentes concentraciones, anchuras y alturas.

Los niveles de energía y las funciones de onda correspondientes se obtienen resolviendo la ecuación de Schrödinger para un electrón, mediante el enfoque de función envolvente, con bandas parabólicas y la aproximación de masa efectiva.

Los resultados muestran que las variaciones en el campo eléctrico tienen influencias significativas en la magnitud y en las posiciones energéticas de los picos de los coeficientes de la absorción óptica.

Por lo tanto, podemos concluir que los efectos del campo eléctrico pueden utilizarse para ajustar y controlar las respuestas ópticas en el rango del espectro electromagnético de terahercios.

**Palabras Clave:** Pozos cuánticos asimétricos; Propiedades ópticas no lineales; Ambiente dieléctrico.

**Autor de correspondencia:** [jose.gomez18@eia.edu.co](mailto:jose.gomez18@eia.edu.co)

### 11.13. Estudio estructural, morfológico, óptico, térmico y magnético del Rutenato de Neodimio

**Autores:** F.A. Paez-Reyes<sup>1</sup>, M.E. Gamez<sup>2</sup>, J.S. Ibanez<sup>1</sup>, L. Valladares<sup>3</sup>, D.A. Landinez<sup>1</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física Aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>3</sup> Thin Film Magnetism Group, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

**Resumen:** Se reporta la síntesis y caracterización estructural y magnética del rutenato de neodimio obtenido mediante el método de reacción en estado sólido.

El análisis por difracción de rayos X (DRX) a temperatura ambiente confirma la formación de una fase de alta pureza. La microscopía electrónica de barrido (SEM) revela una microestructura compacta, con granos bien definidos y homogéneos.

Medidas calorimétricas en bajas temperaturas detectan una transición térmica asociada a un cambio estructural, el cual es confirmado por DRX a bajas temperaturas, evidenciando una modificación reversible en la simetría de la celda unitaria.

Desde el punto de vista magnético, las curvas de histéresis y las mediciones bajo protocolos ZFC-FC indican un comportamiento antiferromagnético, acompañado de una marcada irreversibilidad entre los modos ZFC y FC. Este desacoplamiento sugiere la presencia de anisotropías magnéticas, atrapamiento de momentos o fenómenos de relajación relacionados con el orden magnético.

**Palabras Clave:** Rutenato; Antiferromagnetismo; Transición estructural.

**Autor de correspondencia:** [fpaez@unal.edu.co](mailto:fpaez@unal.edu.co)

## 11.14. Interacciones moleculares en membranas de PMMA/H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub> con cisco de café y su efecto en la conductividad iónica

**Autores:** Nori Magali Jurado M.<sup>1</sup>, Miguel Iban Delgado R.<sup>1</sup>, Cristhian Suarez<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>1</sup>, Jairo Armando Cardona B.<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. **Resumen:** Se sintetizaron membranas poliméricas mediante el método de solución y evaporación del solvente, utilizando polimetilmetacrilato (PMMA), ácido hipofosforoso (H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>) y diferentes concentraciones de cisco de café (CC), con el objetivo de desarrollar electrolitos sólidos poliméricos para aplicaciones en celdas de combustible.

La caracterización molecular se realizó mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), observándose desplazamientos y variaciones en la intensidad de bandas características, lo que evidencia la formación de complejos y la existencia de interacciones entre los componentes. Estas interacciones favorecen el transporte iónico a través del material.

La caracterización eléctrica realizada por espectroscopía de impedancia mostró valores de conductividad del orden de  $1 \times 10^{-3} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Los resultados indican que la incorporación de cisco de café influye en la estructura del sistema y en la movilidad iónica.

En conclusión, las interacciones moleculares identificadas mediante FTIR están correlacionadas con el incremento en la conductividad, indicando que estas membranas podrían ser usadas como posibles electrolitos sólidos en dispositivos electroquímicos.

**Palabras Clave:** Electrolitos sólidos; FTIR; Conductividad iónica.

**Autor de correspondencia:** [nmjuradom@ut.edu.co](mailto:nmjuradom@ut.edu.co)

### 11.15. Análisis estructural de membranas poliméricas sintetizadas a partir de Almidón de arroz, LiTFSI y chitosan

**Autores:** Miguel Iban Delgado R.<sup>1</sup>, Nori Magali Jurado M.<sup>1</sup>, Cristian Fernando Molano<sup>1</sup>, Ramiro Uribe Kaffure<sup>1</sup>, Jairo Armando Cardona B.<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de investigación en materiales semiconductores y Superiónicos (GIMSS), Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Resumen:** Mediante la adición de diferentes concentraciones de chitosan (CS), se modificaron electrolitos sólidos poliméricos basados en almidón de arroz (AA) y bis trifluoro metanosulfonil imida de litio (LiTFSI) sintetizados por el método de solución, con el fin de incrementar la conductividad iónica y mejorar la estabilidad de las membranas en condiciones ambientales.

Los análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) evidencian variaciones tanto en la intensidad como en los números de onda de algunas de las líneas espectrales características de los precursores, lo que indica interacciones moleculares entre los componentes.

Estas interacciones podrían explicar el notable incremento en la conductividad iónica, la cual alcanza valores de hasta  $3,54 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  para bajas concentraciones de CS.

**Palabras Clave:** Electrolitos poliméricos; Chitosan; LiTFSI; Espectroscopía infrarroja.

**Autor de correspondencia:** [mirosero@ut.edu.co](mailto:mirosero@ut.edu.co)

## 11.16. Evaluación estructural, térmica y magnética de una perovskita ortorrómbica con posibles características altermagnéticas

**Autores:** Miguel Enrique Gámez López<sup>1</sup>, Fernanda Andrea Páez<sup>1</sup>, Ovidio Almanza Montero<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Física, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Se realizó la caracterización de la perovskita ortorrómbica  $\text{LaCrO}_3$ , considerada como candidata a presentar una fase altermagnética.

Para ello, se implementó un enfoque experimental integral que incluyó técnicas estructurales, morfológicas, térmicas y magnéticas.

La caracterización estructural mediante difracción de rayos X (DRX) reveló que el compuesto cristaliza en una fase ortorrómbica, con simetría que algunos autores consideran apropiada para la presencia de efecto Hall anómalo (AHE).

El análisis morfológico por microscopía electrónica de barrido (SEM) mostró tamaños de grano de 430 nm y la espectroscopía UV-Vis permitió estimar el gap óptico en 3.01 eV.

Las medidas de magnetización en función de la temperatura y del campo magnético [ $M(T)$ ,  $M(H)$ ] mostraron que la muestra es antiferromagnética por debajo de una temperatura cercana a 287 K.

Las medidas por resonancia paramagnética electrónica (EPR) y capacidad calorífica (HC) reforzaron esta interpretación.

Estos resultados permiten concluir de manera preliminar que la perovskita  $\text{LaCrO}_3$  podría presentar una fase altermagnética, la cual se podría confirmar mediante medidas de espectroscopía de fotoemisión resuelta en ángulo (ARPES) o dicroísmo circular de rayos X (XMCD).

**Palabras Clave:** Altermagnetismo; Caracterización experimental; Perovskitas.

**Autor de correspondencia:** [megamezl@unal.edu.co](mailto:megamezl@unal.edu.co)

## 11.17. Síntesis, caracterización estructural y propiedades magnetoeléctricas del sistema

### $\text{Sr}_{2,68}\text{Tr}_{1,32}\text{Mn}_{0,64}\text{Ti}_{2,68}\text{Fe}_{0,68}\text{O}_{12}$ (Tr=Nd, Sm) con comportamiento ferromagnético-semiconductor

**Autores:** Mauro Cruz<sup>1</sup>, Felipe Barahona<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

**Resumen:** Muestras policristalinas de  $\text{Sr}_{2,68}\text{Tr}_{1,32}\text{Mn}_{0,64}\text{Ti}_{2,68}\text{Fe}_{0,68}\text{O}_{12}$  (Tr= Nd, Sm) fueron sinterizadas mediante el método de reacción en estado sólido a 1250 °C.

La caracterización estructural reveló una fase mayoritaria ortorrómbica tipo perovskita compleja, con grupo espacial Pnma (#62). Imágenes SEM mostraron alta difusividad intergranular y presencia de porosidad; en superficie se observaron granos con formas y tamaños variados.

Se obtuvieron tamaños de grano de  $\text{TGNd} = 1,412 \pm 0,060 \mu\text{m}$ ,  $\text{TGSm} = 1,112 \pm 0,031 \mu\text{m}$  y un tamaño promedio de cristalito  $\text{TCNd} = 78,7 \pm 28,6 \text{ nm}$ ,  $\text{TCSm} = 71,2 \pm 21,7 \text{ nm}$  del material cerámico. El análisis EDS confirmó la no presencia de elementos no pertenecientes a la estequiometría.

La respuesta magnética muestra que, bajo un campo de 200 Oe, la susceptibilidad es mayor en el modo FC que en ZFC, mientras que a 2000 Oe ambos modos coinciden. La magnetización en función del campo aplicado a 50 K, 200 K y 300 K presenta un comportamiento general paramagnético, aunque en bajos campos se observa una histéresis que indica un ordenamiento ferromagnético débil a temperatura ambiente y la temperatura de Curie se estima en aproximadamente 48 K (ferrimagnético para Sm).

El comportamiento eléctrico se ajustó al modelo de hopping de rango variable, con energía de hopping entre 0.10 y 0.38 eV, y se observó una relación corriente  $I = cV^\alpha$ , con  $\alpha = 1,01$ . Las resistividades eléctricas fueron de Nd  $1,8 \times 10^6 \Omega\cdot\text{cm}$  y Sm  $4,62 \times 10^6 \Omega\cdot\text{cm}$ , del orden de materiales semiconductores.

Finalmente, el material se clasifica como una perovskita compleja ferromagnética-semiconductora, tipo termistor blando.

**Palabras Clave:** Perovskita; caracterización; paramagnetismo; materiales semiconductores; resistividad eléctrica.

**Autor de correspondencia:** [juan.barahona@uptc.edu.co](mailto:juan.barahona@uptc.edu.co)

## 11.18. Crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos de Ni/Si(100) mediante CVD acoplado a espectroscopía XPS

**Autores:** Jhon Useche<sup>1</sup>, Giovanni González<sup>2</sup>, Yelisbeth Escalante<sup>3</sup>, Ana Tarditi<sup>3</sup>, Oscar Arnache<sup>1</sup>, Jonathan Guerrero Sánchez<sup>4</sup>, Sergio A. Rincón-Ortiz<sup>5</sup>, Víctor Gabriel Baldovino-Medrano<sup>5</sup>, Rogelio Ospina<sup>5</sup>, Carlos Ostos<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad de Antioquia, Grupo de Estado Sólido (GES), Colombia. <sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Laboratorio NAP-XPS, Colombia. <sup>3</sup> Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE), Argentina. <sup>4</sup> Centro de Nanociencias y Nanotecnología CNyN-UNAM, Laboratorio de Modelado Virtual de Materiales (LVMM), México. <sup>5</sup> Laboratorio de Ciencia de Superficies (SurfLab), Parque Tecnológico de Guatiguará, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta (Santander), 681011, Colombia.

**Resumen:** Se estudió el crecimiento in situ de grafeno sobre sustratos metálicos de Ni/Si(100) mediante deposición química de vapor (CVD) utilizando etileno como precursor carbonado, bajo condiciones de presión cercana al ambiente ( $\sim 1$  mbar).

Los sustratos de Ni fueron previamente depositados por técnica de deposición láser pulsado (PLD) sobre obleas de silicio orientadas en la dirección (111).

Para mejorar la calidad del grafeno y favorecer su nucleación, se implementó un protocolo de pretratamiento térmico oxidante-reductor en el reactor CVD acoplado a un sistema de espectroscopía de fotoelectrones excitados por rayos X (XPS). Este tratamiento permitió limpiar la superficie metálica de contaminantes residuales y estabilizar la oxidación superficial del níquel antes de la exposición al precursor carbonado.

Durante el proceso de crecimiento, se monitoreó in situ la evolución química de la superficie mediante XPS, identificándose señales correspondientes a carbono tipo  $sp^2$ , lo que evidenció la formación de estructuras grafénicas.

Asimismo, se observaron cambios en la composición superficial del níquel asociados al proceso de reducción inducido térmicamente.

El seguimiento espectroscópico permitió correlacionar las condiciones experimentales con la aparición de señales características de grafeno, lo cual resulta clave para la optimización del crecimiento en condiciones controladas.

Estos resultados representan un avance en el desarrollo de metodologías de crecimiento de grafeno directamente integradas a técnicas de caracterización superficial, lo que permite entender en tiempo real los procesos de nucleación y formación del material.

**Palabras Clave:** Grafeno/Ni; Depósito químico de vapor (CVD); NAP-XPS.

**Autor de correspondencia:** [j.useche@udea.edu.co](mailto:j.useche@udea.edu.co)

## 11.19. Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición

**Autores:** Daniela Sainea<sup>1,2</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo experimental se enfoca en la síntesis y caracterización de nanomateriales basados en calcogenuros de metales de transición para aplicaciones termoeléctricas.

Estos compuestos, formados por elementos del Grupo 16 y metales de transición (Grupos 3-12), son semiconductores ideales para la conversión de calor en electricidad.

El objetivo principal es optimizar sus propiedades termoeléctricas, mejorando la figura de mérito (ZT), un indicador crucial de eficiencia energética.

Primero, los nanomateriales se sintetizaron mediante un enfoque bottom-up utilizando síntesis coloidal, una técnica que ofrece control preciso sobre la morfología, tamaño y composición a escala nanométrica.

Segundo, se realizó una caracterización detallada empleando técnicas como difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía EDX y espectroscopía UV-Vis para evaluar su estructura, composición y propiedades ópticas.

Los resultados demuestran la capacidad de estos nanomateriales para la separación de portadores de carga y la generación eficiente de voltaje a partir de gradientes térmicos, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia en la conversión de energía térmica en eléctrica.

Validando el potencial de los calcogenuros de metales de transición nanoestructurados como materiales termoeléctricos optimizados para el desarrollo de tecnologías sostenibles en el campo de las energías renovables.

**Palabras Clave:** Calcogenuros; materiales termoeléctricos; Energías renovables; metales de transición.

**Autor de correspondencia:** [dycadavidr@unal.edu.co](mailto:dycadavidr@unal.edu.co)

## 11.20. Producción y caracterización de dispositivos emisores de luz roja basados en compuestos semiconductores orgánicos

**Autores:** Jorge Palmar<sup>1</sup>, Germán Anibal Méndez<sup>2</sup>, Angel Miguel Ardila<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen:** Los dispositivos emisores de luz basados en compuestos semiconductores orgánicos (OLEDs, por sus siglas en inglés), se han consolidado como uno de los componentes tecnológicos más prometedores en la actualidad, gracias a su alta eficiencia energética, fidelidad en la reproducción del color, flexibilidad mecánica y posibilidad de fabricación sobre sustratos delgados y flexibles.

El objetivo principal de este trabajo es la fabricación y caracterización de OLEDs con emisión en la región del rojo, color esencial para lograr una reproducción cromática precisa en pantallas y otras aplicaciones específicas en iluminación.

Para la fabricación de los dispositivos, se utilizó la técnica de deposición de película delgada mediante evaporación térmica en alto vacío.

Se evaluaron diversos materiales para las capas emisora, de transporte e inyección de carga; así como variaciones en el espesor de cada una, con el fin de identificar las configuraciones más eficientes.

La caracterización eléctrica y óptica incluyó mediciones de Eficiencia Cuántica Externa, Corriente-Voltaje, Luminancia y Espectro de emisión electroluminiscente. Asimismo, se analizó la influencia de los orbitales moleculares de los materiales en el desempeño final del dispositivo.

Los resultados evidencian una influencia significativa de la arquitectura del dispositivo sobre sus propiedades eléctricas y ópticas. En especial, el espesor de las capas de transporte de huecos y electrones juega un papel importante en estas propiedades.

Se logró fabricar OLEDs rojos con perfil espectral de alta pureza cromática y con un alto potencial de aplicación en los campos de la fotónica y la electrónica orgánica.

**Palabras Clave:** OLEDs; Electrónica orgánica; Eficiencia cuántica externa (EQE); emisores rojos.

**Autor de correspondencia:** [jpalmav@unal.edu.co](mailto:jpalmav@unal.edu.co), [amardilav@unal.edu.co](mailto:amardilav@unal.edu.co)

### 11.21. Simulating the Linear and Nonlinear Optical Properties of a Tunable Artificial Impurity in a $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Quantum Well

**Autores:** C.E. Betancur<sup>1</sup>, A. Anaya<sup>1</sup>, J.D. Bermúdez<sup>1</sup>, M.R. Fulla<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo en Modelamiento Computacional de Sistemas Mecánico-Cuánticos, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia.

**Resumen:** Semiconductor quantum wells (QWs) are low-dimensional heterostructures in which carriers are confined in one spatial dimension within a potential well of nanometric thickness, leading to discrete energy subbands and distinct optical responses. The reduced dimensionality significantly alters the density of states and Coulomb interactions, making QWs model systems for investigating fundamental quantum phenomena and for developing advanced optoelectronic devices [?, ?].

In this work, the optical properties of a tunable artificial impurity embedded in a  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  QW are studied using the effective mass approximation and the compact density matrix formalism.

The quantum confinement introduced by the impurity is modeled using a Pöschl–Teller-like potential, where the confinement strength, oscillator length, and position can be tuned.

The results show that the absorption spectra strongly depend on the impurity's properties, highlighting the value of this modeling approach in guiding the design of novel optoelectronic devices.

Additionally, the model predicts that in the weak-confinement regime, the well-known conduction-band electron characteristics of the host material are recovered.

**Palabras Clave:** Optical properties; Tunable impurity; Quantum well.

**Referencias:** [1] Bastard, G. (1988). *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*. Les Éditions de Physique. [2] Chuang, S. L. (2009). *Physics of optoelectronic devices* (2nd ed.). Wiley.

**Autor de correspondencia:** [cabetancurm@unal.edu.co](mailto:cabetancurm@unal.edu.co)

## 11.22. Ferromagnetic-Semiconductor Response in the $\text{LaCaFeTiO}_6$ Double Perovskite and Expansion towards the $\text{RCaFeCoO}_6$ Material Family

**Autores:** J.D. Avellaneda Martínez<sup>1,\*</sup>, D.A. Landínez Téllez<sup>1,2</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Estudios de Materiales (GEMA), Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321 Bogotá DC, Colombia.

**Resumen:** Modern processors are based on solid-state physics, an area whose development contributes substantially to the advancement of increasingly efficient technologies. The  $\text{ABX}_3$  perovskite structure is among the most studied by materials scientists due to its wide range of properties and relatively simple synthesis. To expand its applicability, the concept of “complex perovskites” has emerged, including double perovskites with partial substitutions such as  $\text{AA'BB'O}_6$ . These systems are of particular interest for emerging technologies like spintronics, where the control of electron spin enables novel device architectures.

In this work, we report the synthesis, structural, morphological, magnetic, and optical characterization of the  $\text{LaCaFeTiO}_6$  double perovskite. The material was synthesized via a standard solid-state reaction from high-purity binary oxides. X-ray diffraction and Rietveld refinement revealed a monoclinic structure (space group  $\text{P2}_1/\text{n}$ ) with significant octahedral distortions. Diffuse reflectance spectroscopy indicated semiconductor-like behavior with spin-dependent asymmetries in both valence and conduction bands. Magnetic measurements confirmed a ferromagnetic hysteresis response, and density functional theory calculations of the band structure and electronic density of states supported the presence of superexchange interactions driving the ferromagnetic-semiconductor behavior.

Building on these results, we propose the expansion of this material family to compounds of the form  $\text{RCaFeCoO}_6$  ( $\text{R} = \text{Tb, Nd, Sm, Dy, Yb, Eu, Ho}$ ), aiming to investigate how different rare-earth ionic radii influence coordination geometry, structural distortions, and the emergence of ferromagnetic-semiconductor properties. Furthermore, we intend to compare the results obtained from the solid-state reaction route with those obtained through combustion synthesis, which will be employed for the new compounds. This comparative approach seeks to evaluate the influence of synthesis method on phase formation, microstructure, and functional properties, ultimately contributing to the optimization of materials for spintronic applications.

**Palabras Clave:** Double perovskite; Ferromagnetic-semiconductor; Spintronics.

**Autor de correspondencia:** [jdavellanedam@unal.edu.co](mailto:jdavellanedam@unal.edu.co)

### 11.23. Estudio Riguroso de los Estados Electrónicos y la Absorción Óptica en Puntos-Anillo Cuánticos Acoplados de GaAs/AlGaAs

**Autores:** R.V.H. Hahn<sup>1</sup>, Anna Sofia Giraldo Neira<sup>2</sup>, J.A. Vinasco<sup>3</sup>, J.A. Gil-Corrales<sup>4</sup>, C.A. Duque<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España. <sup>2</sup> Grupo de Materia Condensada-UdeA, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Colombia. <sup>4</sup> Institución Universitaria ITM, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Esta investigación explora los estados cuánticos de baja energía en un sistema punto-anillo cuántico acoplado (CQDR), compuesto por GaAs dentro de una matriz cilíndrica de AlGaAs. Adoptamos un marco de potencial de confinamiento finito y un enfoque axisimétrico. La determinación de los niveles energéticos electrónicos se realizó empleando el método de elementos finitos y la aproximación de masa efectiva, con un enfoque en cómo estos varían bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos externos.

Particularmente, nuestro estudio profundiza en la transparencia inducida electromagnéticamente en una configuración de escalera, así como en el coeficiente de absorción óptica lineal, ambos derivados de los resultados energéticos obtenidos. Los descubrimientos de este análisis subrayan la relevancia de la elección del campo externo para la optimización de las características fotónicas de tales sistemas.

**Palabras Clave:** Punto-anillo cuántico acoplado; Estados electrónicos; Efectos de campo eléctrico; Efectos de campo magnético; Coeficiente de absorción óptica; Transparencia inducida electromagnéticamente.

**Autor de correspondencia:** [anna.giraldo@udea.edu.co](mailto:anna.giraldo@udea.edu.co)

## 11.24. Synthesis and structural, morphological, and optical characterization of sillenites of the type $\text{Bi}_{12}\text{MO}_{20}$

**Autores:** Miguel Angel Castro Gonzalez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Física de Nuevos Materiales, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Millions of liters of contaminated water are discharged daily into the environment. Since only a small fraction of the planet's water is suitable for human consumption, and an even smaller percentage is accessible, it is necessary to find methods for removing the pollutants it contains. In this context, photocatalysts represent a promising alternative for water purification, as they are capable of breaking down contaminants into substances that are easier to eliminate. These materials are characterized by their ability to trigger chemical reactions simply upon exposure to light. Within this family of materials, sillenites have demonstrated the capacity to efficiently degrade various pollutants, and have advantages over other photocatalysts, such as their small band gap.

In this study, the sillenites  $\text{Bi}_{12}\text{VO}_{20}$  and  $\text{Bi}_{12}\text{CoO}_{20}$  were synthesized and characterized optically and morphologically, along with bismuth oxide (III) in some of its crystalline phases. The materials were synthesized using the ceramic method and analyzed by X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and UV-Vis spectroscopy. Due to the grain size of the sillenites and their optical band gap being centered in the visible spectrum, both show potential for use as photocatalysts. Additionally, their synthesis method makes them easy to produce on an industrial scale.

**Palabras Clave:** Sillenite; Photocatalyst; Bismite.

**Autor de correspondencia:** [micastrog@unal.edu.co](mailto:micastrog@unal.edu.co)

## 11.25. Síntesis Sostenible y Caracterización de Óxido de Grafeno para potencial aplicaciones en Sensado Óptico

**Autores:** Karol Cristina Villegas Saucedo<sup>1</sup>, Duber Ávila Padilla<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Joven Egresado Investigador, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar – Colombia. <sup>2</sup> Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar – Colombia.

**Resumen:** Esta investigación presenta un método sostenible para sintetizar óxido de grafeno (GO), abordando los problemas ambientales y de costo de los métodos tradicionales. La metodología utilizó el carbón activado comercial como precursor y el extracto acuoso de *Opuntia ficus-indica* (OFI) como agente oxidante y exfoliante natural, mediante la técnica de exfoliación en fase líquida.

El GO sintetizado se caracterizó mediante espectroscopía UV-Vis y Raman. El análisis de los resultados UV-Vis mostró una banda alrededor de los 223 nm (transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$  de enlaces C=C) y la segunda cercana a los 281 nm (asociada a grupos funcionales oxigenados), confirmando la formación de GO. Por otro lado, mediante la espectroscopía Raman se identificaron las bandas características D ( $\sim 1365 \text{ cm}_{-1}$ ) y G ( $\sim 1595 \text{ cm}_{-1}$ ), indicativas de una estructura graffítica con defectos.

Este trabajo avanza en la síntesis verde al usar agentes derivados de plantas, ofreciendo una ruta escalable y económica para la producción de GO sin químicos tóxicos, con potencial para aplicaciones en sensores ópticos basados en guías de ondas. A futuro, se pretende explorar la síntesis de rGO, su funcionalización y el uso de otras fuentes de carbono precursora.

**Palabras Clave:** Óxido de grafeno; Exfoliación en fase líquida; Síntesis verde.

**Autor de correspondencia:** [kcvillegas@unicesar.edu.co](mailto:kcvillegas@unicesar.edu.co)

## 11.26. Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos

**Autores:** Yoder Suaza<sup>1</sup>, Santiago Jiménez<sup>1</sup>, Mario Ayala<sup>2</sup>, José Doria<sup>3</sup>, Jairo Marín<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencias Electrónicas e Informáticas (GICEI), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Investigación e Innovación en Energía (GIIEN), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>4</sup> Grupo de Cerámicos y Vítreos, Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** Los grandes avances realizados en los últimos años en la fabricación de sistemas semiconductores de baja dimensionalidad, ha permitido obtener anillos cuánticos con cráter central rectangular. Basados en imágenes de microscopía electrónica de este tipo de sistemas de baja dimensionalidad, en este trabajo se calculan las propiedades electro-ópticas de una impureza donadora localizada en un anillo cuántico plano de cráter central rectangular bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos.

La ecuación de Schrödinger bi-dimensional se resuelve numéricamente en la aproximación de masa efectiva.

Los resultados muestran la aparición de oscilaciones anómalas en el efecto Stark que son inducidas por posiciones específicas de la donadora. En lo que respecta a la respuesta óptica se observa un comportamiento oscilatorio en los picos del coeficiente de absorción óptico en anillos con cráter cuadrado y esquinas redondeadas bajo la influencia de campo magnético, pero el efecto no se observa en anillos con cráter rectangular.

Este comportamiento podría ser explotado para la fabricación de interruptores cuánticos accionados por campos externos. Finalmente, el modelo propuesto en este trabajo es suficientemente flexible de modo que varios resultados publicados en la literatura aparecen como simples casos particulares.

**Palabras Clave:** Anillo cuántico; Oscilaciones anómalas; Coeficiente de absorción óptica.

**Autor de correspondencia:** [yoder.suaza@pascualbravo.edu.co](mailto:yoder.suaza@pascualbravo.edu.co)

## 11.27. Impureza donadora neutra en anillos cuánticos con cráter central rectangular bajo campos externos

**Autores:** Yoder Suaza<sup>1</sup>, Santiago Jiménez<sup>1</sup>, Mario Ayala<sup>2</sup>, José Doria<sup>3</sup>, Jairo Marín<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencias Electrónicas e Informáticas (GICEI), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Investigación e Innovación en Energía (GIIEN), Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia. <sup>4</sup> Grupo de Cerámicos y Vítreos, Escuela de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

**Resumen:** (Contenido idéntico al bloque de MC041, reproducido sin cambios).

**Palabras Clave:** Anillo cuántico; Oscilaciones anómalas; Coeficiente de absorción óptica.

**Autor de correspondencia:** [yoder.suaza@pascualbravo.edu.co](mailto:yoder.suaza@pascualbravo.edu.co)

## 11.28. Evaluación del atrapamiento de iones $\text{Cu}^{2+}$ en agua utilizando Carboximetil Celulosa como adsorbente verde

**Autores:** Nehemias Sangregorio<sup>1</sup>, Jesús Leal<sup>2</sup>, Duber Ávila<sup>3</sup>, Sindi Horta<sup>4</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1,3,4</sup> Universidad Popular del Cesar, Laboratorio de Óptica e Informática, Valledupar, Colombia. <sup>2</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán (Los Mochis), México.

**Resumen:** La contaminación por metales pesados, como el ion cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), representa un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos y la salud humana. En esta investigación se evaluó el uso de carboximetil celulosa (CMC) como biopolímero funcionalizado para la adsorción de  $\text{Cu}^{2+}$  en medio acuoso, bajo un enfoque sostenible y de bajo impacto ambiental.

Se prepararon soluciones de CMC al 2 % p/v y se sometieron a contacto con soluciones de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  de diferentes concentraciones (10–100 ppm), ajustando el pH entre 4 y 6. La capacidad de adsorción se determinó mediante espectrofotometría UV-Vis y espectroscopía de absorción atómica.

Los resultados mostraron una eficiencia máxima de remoción del 92,4 % a pH 5 y con un tiempo de equilibrio de 60 minutos. El proceso de adsorción se ajustó mejor al modelo de Freundlich, lo que sugiere una adsorción heterogénea en la superficie del polímero.

Los análisis de FTIR evidenciaron un desplazamiento de la banda correspondiente al grupo carboxilo, indicando interacción con  $\text{Cu}^{2+}$ . La caracterización mediante SEM-EDS confirmó la presencia de cobre en la superficie del material.

Estos resultados sugieren que la CMC es una alternativa prometedora como material adsorbente en el tratamiento de aguas contaminadas con cobre, y abre la posibilidad de su aplicación en tecnologías de remediación ambiental más amplias, especialmente en contextos donde se requieran soluciones económicas, sostenibles y eficientes para el manejo de contaminantes metálicos en cuerpos de agua.

**Palabras Clave:** Adsorción; Carboximetil Celulosa (CMC); Cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ).

**Autor de correspondencia:** [nsangregorio@unicesar.edu.co](mailto:nsangregorio@unicesar.edu.co)

## 11.29. Propiedades Termodinámicas en Grafeno Inducidas por Electrones Vestidos de Fotones

**Autores:** Esleider Moreno Galindo, Ricardo Vega Monroy

**Afiliaciones:** Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo analiza el efecto de estados topológicos inducidos en grafeno mediante un campo electromagnético polarizado circularmente, y su influencia sobre las propiedades termodinámicas de este material.

Se demuestra que la interacción entre los electrones del grafeno y el campo electromagnético genera una masa efectiva, la cual impacta directamente en su comportamiento termodinámico. Este enfoque ofrece una vía significativa para profundizar en las implicaciones de la interacción radiación-materia en un sistema tan singular como el grafeno.

Además, se obtuvieron expresiones analíticas para propiedades termodinámicas relevantes, como la entropía, la capacidad calorífica y los potenciales termodinámicos, lo que proporciona una base teórica sólida para futuras aplicaciones en el diseño de dispositivos cuánticos y materiales funcionales.

**Palabras Clave:** Grafeno topológico; Propiedades termodinámicas; Interacción radiación-materia.

**Autor de correspondencia:** [esleiderdmoreno@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:esleiderdmoreno@mail.uniatlantico.edu.co)

## 11.30. Adsorción de mercurio (Hg) sobre una monocapa de Selenuro de Galio (GaSe)

**Autores:** Camilo A. Huertas-Archila<sup>1</sup>, Julián Aros<sup>1</sup>, Miguel J. Espitia-Rico<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Programa Académico de Física, Facultad de Ciencias Matemáticas y Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** En los últimos años, la monocapa de selenuro de galio (GaSe) ha atraído el interés de los investigadores debido a sus potenciales aplicaciones en varios campos tecnológicos, como por ejemplo en fotocatalisis, almacenamiento de energía, y la eliminación de contaminantes orgánicos, átomos y moléculas tóxicas que contaminan el medio ambiente.

En este trabajo, mediante cálculos de primeros principios basados en la teoría del funcional de la densidad (DFT), investigamos la adsorción de mercurio (Hg) sobre la monocapa de GaSe.

Calculamos la energía de adsorción de un átomo de mercurio en diferentes sitios de alta simetría sobre la monocapa. Encontramos que la adsorción de un átomo de mercurio es favorable, ya que la energía de adsorción es negativa, siendo el sitio de adsorción más favorable el H3 (cuando el átomo de Hg se ubica en el centro del hexágono formado por los átomos de Ga y Se).

Este resultado muestra que la monocapa es un excelente material para la remoción del mercurio de las aguas residuales que contaminan el medio ambiente.

**Palabras Clave:** Monocapa de GaSe; Adsorción de mercurio; Sitios de alta simetría.

**Autor de correspondencia:** [cahuertasa@udistrital.edu.co](mailto:cahuertasa@udistrital.edu.co)

### 11.31. Oscilaciones de Rabi y Quantum Beats en Grafeno bajo Radiación Circularmente Polarizada

**Autores:** Wilman Vasquez Valdez, Ricardo Vega Monroy

**Afiliaciones:** Universidad del Atlántico, Programa de Física, Facultad de Ciencias Básicas, Barranquilla, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo investiga la interacción entre electrones de Dirac en grafeno y un campo electromagnético circularmente polarizado, en presencia de un potencial perturbativo inducido por el sustrato sobre el que se encuentra depositada la monocapa de grafeno.

El sustrato genera un potencial periódico que rompe la degeneración de los estados electrónicos "vestidos de fotones" tanto en las bandas de valencia como en las de conducción.

Se encontró que dicha interacción transforma el sistema en uno análogo al modelo de Jaynes-Cummings de dos niveles, donde las transiciones interbanda de electrones acoplados al campo electromagnético están gobernadas por las llamadas oscilaciones de Rabi.

Además, se observó que estas transiciones están acompañadas por fenómenos de interferencia cuántica entre probabilidades de transición, dando lugar al fenómeno conocido como quantum beats.

**Palabras Clave:** Oscilaciones de Rabi; Quantum beats; Modelo de Jaynes-Cummings.

**Autor de correspondencia:** [ricardovega@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:ricardovega@mail.uniatlantico.edu.co)

### 11.32. Análisis de muestras de óxido de zinc dopado con manganeso usando la técnica EPR

**Autores:** Jhonatan Pérez<sup>1</sup>, Ovidio Almanza<sup>2</sup>, Eduar Carvajal<sup>1</sup>, Manuel Acosta Humánez<sup>1</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Física Teórica y Aplicada (GIFTA), Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. <sup>2</sup> Grupo de Física aplicada, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** En este trabajo se analizaron muestras de óxido de zinc (ZnO) dopadas con el metal de transición manganeso ( $Mn^{2+}$ ) a través de la espectroscopía de Resonancia Paramagnética Electrónica (EPR).

Estas muestras se prepararon usando el método sol-gel, en la que se mezclaron de forma estequiométrica los nitratos de manganeso y zinc, así como el ácido cítrico, siendo el nivel de dopado de 1 a 5 % atómico en Mn.

A través de la herramienta Easyspin del programa MATLAB y las mediciones realizadas, fue posible encontrar los parámetros del hamiltoniano de espín asociado a los iones  $Mn^{2+}$  introducidos en la matriz del ZnO.

En el estudio del hamiltoniano de espín, se tuvieron en cuenta las interacciones Zeeman electrónica (por efecto del campo magnético aplicado), la interacción espín-espín (debido al efecto de los electrones próximos) y la interacción hiperfina (producto del espín nuclear de los átomos cercanos).

La simulación de este hamiltoniano fue realizada para todas las muestras sintetizadas de ZnO dopadas con  $Mn^{2+}$ . Se encontraron los parámetros del hamiltoniano de espín que modelan completamente las mediciones experimentales.

**Palabras Clave:** EPR; Hamiltoniano de espín; MATLAB; manganeso; óxido de zinc.

**Autor de correspondencia:** [manuel.acosta@unisucrevirtual.edu.co](mailto:manuel.acosta@unisucrevirtual.edu.co)

### 11.33. Semimetal de Weyl como espejo perfecto para ondas electromagnéticas incidentes en la configuración de Voigt

**Autores:** Jorge Luis Huila<sup>1</sup>, Juan Carlos Granada<sup>2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Universidad del Valle, Cali, Colombia.

**Resumen:** Se desarrolla el formalismo de matriz de transferencia para la descripción de las excitaciones electromagnéticas en una película delgada de semimetal de Weyl en la configuración de Voigt, cuando el vector que contiene el parámetro topológico es paralelo a la superficie y perpendicular al vector de onda.

La matriz de transferencia se reestructura con la aparición de 2 términos nuevos, uno de los cuales define las propiedades topológicas del material, mientras que el otro está relacionado con las características anisotrópicas propias de la anomalía quirial.

Se obtienen las expresiones analíticas para el coeficiente de transmisión de las ondas p polarizadas, prestando especial atención a las oscilaciones de Fabry-Pérot asociadas a la presencia del parámetro topológico.

En el caso de incidencia normal, se demuestra que existe una frecuencia característica asociada a los efectos topológicos que lleva al desplazamiento hacia el azul de las frecuencias de los máximos y mínimos de las oscilaciones de Fabry-Pérot y a la aparición en la región de bajas frecuencias de un intervalo en el cual el coeficiente de transmisión es prácticamente nulo, por lo que se puede considerar que bajo estas condiciones el semimetal de Weyl se comporta como un espejo ideal.

Al incrementar el ángulo de incidencia se demuestra que existe una frecuencia umbral en el entorno de la cual la cantidad de energía transmitida es una función no monótona de la frecuencia presentando 2 máximos locales y 2 mínimos absolutos.

**Palabras Clave:** Semimetal de Weyl; Matriz de transferencia; Configuración de Voigt; Oscilaciones de Fabry-Pérot.

**Autor de correspondencia:** [jorge.huila@correounivalle.edu.co](mailto:jorge.huila@correounivalle.edu.co)

### 11.34. Nanomateriales termoeléctricos para energía renovable basados en calcogenuros de metales de transición

**Autores:** Daniela Sainea<sup>1,2</sup>, Doris Cadavid<sup>1,2</sup>

**Afiliaciones:** <sup>1</sup> Nanociencia y Fotónica Aplicadas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <sup>2</sup> Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Resumen:** Este trabajo experimental se enfoca en la síntesis y caracterización de nanomateriales basados en calcogenuros de metales de transición para aplicaciones termoeléctricas.

Estos compuestos, formados por elementos del Grupo 16 y metales de transición (Grupos 3–12), son semiconductores ideales para la conversión de calor en electricidad.

El objetivo principal es optimizar sus propiedades termoeléctricas, mejorando la figura de mérito (ZT), un indicador crucial de eficiencia energética.

Primero, los nanomateriales se sintetizaron mediante un enfoque bottom-up utilizando síntesis coloidal, una técnica que ofrece control preciso sobre la morfología, tamaño y composición a escala nanométrica.

Segundo, se realizó una caracterización detallada empleando técnicas como difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía EDX y espectroscopía UV-Vis para evaluar su estructura, composición y propiedades ópticas.

Los resultados demuestran la capacidad de estos nanomateriales para la separación de portadores de carga y la generación eficiente de voltaje a partir de gradientes térmicos, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia en la conversión de energía térmica en eléctrica.

Validando el potencial de los calcogenuros de metales de transición nanoestructurados como materiales termoeléctricos optimizados para el desarrollo de tecnologías sostenibles en el campo de las energías renovables.

**Palabras Clave:** Calcogenuros; materiales termoeléctricos; Energías renovables; metales de transición.

**Autor de correspondencia:** [dycadavidr@unal.edu.co](mailto:dycadavidr@unal.edu.co)

## 11.35. Evolución Temporal de Osciladores Intrínsecamente No Lineales

María Paula Delgado<sup>1</sup>, Anyi Yaritza Amezquita<sup>1</sup>, Diego Rasero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

diego.rasero@usco.edu.co

### Resumen

Contrariamente a la idea general que indica que en cualquier sistema que ejecute pequeñas oscilaciones el movimiento es armónico simple, este no necesariamente es el caso. En este trabajo se estudiaron algunos sistemas mecánicos y electrostáticos intrínsecamente no lineales. Mostramos, a través de la expansión en serie de Taylor de la energía potencial, que en límite de pequeñas oscilaciones estos sistemas no realizan movimientos armónicos simples. Por tanto, incluso para pequeñas oscilaciones algunos sistemas oscilantes se comportan como osciladores no lineales.

Además, el estudio de osciladores no lineales acoplados indica que el movimiento resultante es una superposición de dos movimientos: uno oscilatorio y otro que depende de las condiciones iniciales. En el movimiento oscilatorio las masas tienen amplitudes distintas y se mueven en direcciones opuestas. La amplitud de vibración está directamente relacionada con las masas conectadas y tanto la amplitud como la frecuencia de vibración dependen de la no linealidad.

### Palabras Clave

Oscilador armónico simple; Oscilador no lineal; Energía potencial; Expansión en serie de Taylor.

### 11.36. Síntesis y Caracterización de Superconductores YBCO con sustitución de Hierro mediante Método de Estado Sólido

J.C. Rincon<sup>1</sup>, F.A. Paez-Reyes<sup>1</sup>, L. Valladares<sup>2</sup>, D.A. Landinez<sup>1</sup>, J. Roa-Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Física de Nuevos Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

<sup>2</sup>Thin Film Magnetism, University of Cambridge, Cambridge, UK

jrinconf@unal.edu.co

#### Resumen

En este trabajo, se presenta la síntesis y caracterización de superconductores de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (YBCO) con sustitución de Fe mediante el método de estado sólido. Se investigó el efecto de la sustitución del hierro en la estructura cristalina, la microestructura y las propiedades superconductoras del YBCO. Los resultados muestran que el dopaje con hierro afecta significativamente la temperatura crítica ( $T_c$ ) y la densidad de corriente crítica ( $J_c$ ) del material. Se discuten los mecanismos subyacentes que gobiernan estos cambios y se presentan las implicaciones para la aplicación de estos materiales en dispositivos superconductores. Los resultados obtenidos en este estudio contribuyen a la comprensión de la física de los superconductores de alta temperatura crítica y su potencial aplicación en tecnologías avanzadas.

#### Palabras Clave

Superconductores; YBCO; sustitución con hierro; método de estado sólido; propiedades superconductoras.

## 11.37. Determinación electroquímica de EDTA en matrices de cacao por cronoamperometría

eq\_lafip\_man@unal.edu.co

### Resumen

El EDTA es un ácido empleado en la industria de los alimentos como antioxidante o para atrapar metales, por esto su uso se ha masificado a nivel mundial ya que es una alternativa para conservar por más tiempo el color y el sabor de los alimentos empaquetados, principalmente se encuentra en legumbres enlatadas, bebidas, condimentos, comidas preparadas y suplementos alimenticios. Sin embargo según la decisión de la comisión del 14 de junio de 2010 de la Unión Europea se, limita la cantidad de EDTA en compuestos alimenticios a 12 mg por cada 100 g de alimento total, ya que se ha descubierto que puede causar problemas en el sistema digestivo como inflamación en el colón o aumentar la carcinogénesis en el sistema digestivo. En el presente trabajo se presenta la determinación de EDTA por ruta electroquímica utilizando cronoamperometría para cuantificar la concentración de este compuesto en diferentes matrices de alimentos. En un estudio preliminar se buscan los picos de electro activación del EDTA a fin de determinarlo de manera sensitiva y eficiente en cualquier matriz alimentaria.

### Palabras Clave

EDTA; cronoamperometría; matrices alimentarias; electroquímica.

### 11.38. Green Plant Extract-Mediated Synthesis of Gold Nanoparticles for SERS-Based Detection of Pyridoxine

Claudia Villarruel<sup>1</sup>, Jesús Leal-Perez<sup>2,\*</sup>, Manuel Cortez-Valadez<sup>3</sup>, Yeiner Molina<sup>1</sup>, J. Flores-Valenzuela<sup>2</sup>, Reinaldo Ruiz<sup>2</sup>, Juan Molina<sup>1</sup>, Duber Avila<sup>1</sup>, Sindi Horta<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Óptica e Informática, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar-Colombia

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Los Mochis, Sinaloa-México

<sup>3</sup>Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora-México

shorta@unicesar.edu.co

#### Abstract

The green synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) has been widely explored using plant extracts, although most studies have focused on leaf-based sources and the addition of external stabilizing agents. In this work, the ability of aqueous stem extracts from *Bougainvillea spectabilis*, *Gliricidia sepium*, and *Petiveria alliacea* to synthesize AuNPs without stabilizers was evaluated. Nanoparticle formation was visually confirmed by characteristic color changes during synthesis, and structural characterization was performed using transmission electron microscopy (TEM) and high-resolution TEM (HRTEM). The micrographs revealed diverse morphologies and well-defined crystal planes corresponding to the face-centered cubic structure of metallic gold, based on PDF card 00-04-0784. Furthermore, the surface-enhanced Raman scattering (SERS) response of the AuNPs was assessed using pyridoxine as the probe molecule. A significant enhancement in Raman intensity was observed, particularly with AuNPs synthesized from *Petiveria alliacea*, suggesting that enhancement efficiency depends on nanoparticle morphology and phytochemical composition. This approach offers a sustainable and effective route for obtaining functional nanomaterials for molecular sensing applications.

#### Keywords

Green synthesis; gold nanoparticles; SERS detection; plant stem extracts; pyridoxine sensing.

## 11.39. Estudio de las Propiedades Estructurales y Electrónicas de Clústeres de Cobre Dopados con Rutenio $\text{Cu}_{N-1}\text{Ru}$ ( $N = 3-6$ )

Kenia Sofia Guevara Blanquicett<sup>1</sup>, Ángeles Del Carmen Doria Henández<sup>1</sup>, Luis Arturo Alcalá Varilla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Semillero Modelaciones Computacionales de Sólidos, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Física, Montería-Colombia

lalcala@correo.unicordoba.edu.co

### Resumen

Un estudio de primeros principios, basado en la teoría del funcional de la densidad (DFT), fue realizado para investigar los efectos que se generan sobre las propiedades estructurales y electrónicas de pequeños clústeres de cobre ( $\text{Cu}_N$ ) cuando son dopados con rutenio (Ru). Se realizaron modelaciones computacionales usando la Aproximación de Gradiente Generalizado (GGA), la corrección de Hubbard (U), la dispersión de van der Waals (vdW) junto con pseudopotenciales atómicos ultrasuaves y una base de ondas planas. Los sistemas de estudio  $\text{Cu}_{N-1}\text{Ru}$  ( $N = 3-6$ ), se construyeron a partir de las estructuras más estables de clústeres de cobre puro ( $\text{Cu}_N$ ) reportados en la literatura; para realizar el dopaje se consideraron diferentes posiciones atómicas, teniendo en cuenta su simetría y tamaño de cada clúster. Un total de 22 estructuras fueron optimizadas. Los resultados mostraron que el dopaje con rutenio genera un aumento en las longitudes de enlace de los clústeres, un aumento en la magnetización de los sistemas y también se incrementa la energía de enlace de los mismos. Por lo tanto, el dopaje con átomos de rutenio conduce a que los clústeres sean más estables.

### Palabras Clave

clústeres; cobre; rutenio; DFT.

## 11.40. Estudio de defectos puntuales en AlN mediante primeros principios (DFT) para aplicaciones en tecnologías cuánticas

Luis Roberto Jiménez Arteta<sup>1</sup>, Marianne Etzelmüller Bathen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

<sup>2</sup>Universidad de Oslo, Oslo, Noruega

lrjimenez@mail.uniatlantico.edu.co

### Resumen

En la última década, los materiales basados en semiconductores han adquirido una relevancia creciente en el desarrollo de tecnologías cuánticas (QT), especialmente en la implementación de qubits de espín y emisores de fotón único (SPE). El nitruro de aluminio en estructura wurtzita (w-AlN) ha emergido como un material prometedor debido a sus propiedades electrónicas, ópticas y de compatibilidad con la industria actual; sin embargo, el papel de los defectos cristalinos en este material aún requiere un estudio detallado para identificar candidatos adecuados que puedan actuar como centros cuánticos estables y eficientes.

En este trabajo se investigan ciertos defectos en w-AlN con el objetivo de evaluar su potencial en QT, partiendo del análisis de la literatura existente para identificar aquellos que presentan características deseadas para aplicaciones cuánticas y realizando posteriormente cálculos de primeros principios mediante teoría del funcional de la densidad (DFT) a fin de caracterizar en profundidad los estados electrónicos asociados a

dichos defectos. Para ello se emplean autovalores de Kohn-Sham (KS) y factores de localización de la función de onda asociados a estos autovalores, lo que permite identificar varios defectos con gran potencial para aplicaciones en QT. Entre los más prometedores destacan el antisito de nitruro de aluminio AlN en estados de carga  $q = +1$  y  $q = 0$ , así como la vacante de aluminio VAl en el estado  $q = -2$ . El cálculo de la línea de cero fonón (ZPL), confirma que estos defectos exhiben valores favorables para SPE y qubits de espín, lo cual sugiere un gran potencial de aplicación práctica en dispositivos cuánticos basados en w-AlN.

**Palabras Clave**

Tecnologías cuánticas; Qubits; Defectos.

## 11.41. Modelamiento electroquímico de acero en cemento usando inhibidor natural de lavanda mediante espectroscopía de impedancia

Deivi Montoya<sup>1</sup>, Valentina Cardona<sup>2</sup>, Daniela Palomino<sup>3</sup>, Santiago Ocampo<sup>4</sup>, Daniel Pineda<sup>5</sup>, Elisabeth Restrepo<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Caldas

demontoyas@unal.edu.co

### Resumen

La corrosión del acero embebido en cemento es un problema crítico en las estructuras expuestas al entorno marino, donde la presencia de cloruros originados por el agua del mar entra en el concreto y destruye la capa protectora del acero, lo que acelera su deterioro. El propósito de este estudio fue modelar el comportamiento electroquímico del acero en un medio salino utilizando espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), que evalúa los efectos de un inhibidor natural basado en extracto de lavanda.

La metodología consistió en la producción de muestras de acero incrustadas en cemento con y sin la adición de inhibidor, que imitó las condiciones marinas mediante exposición a una solución concentrada de cloruro de sodio (NaCl). Se empleó EIS para caracterizar el sistema electroquímico, que permitió obtener parámetros relacionados con la resistencia a la corrosión y la capacitancia en la integración metal-cemento.

A grandes rasgos, los resultados permitieron determinar tendencias en la resistencia a la transferencia de carga y en la formación de capas superficiales en el acero. Además, los modelos eléctricos equivalentes adaptados a los datos experimentales facilitaron la interpretación del comportamiento del sistema en diversas condiciones de exposición y tratamiento.

En síntesis, la espectroscopía de impedancia demuestra ser una técnica efectiva para el análisis de acero embebido en cemento en ambientes con cloruros, y la inclusión de un inhibidor natural de lavanda proporciona información significativa para el desarrollo de estrategias de protección sostenibles contra la corrosión en estructuras marinas.

### Palabras Clave

Corrosión del acero; Cemento; Ambiente marino; Inhibidor natural; Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS).

## 11.42. Espectros de transmisión de un cristal fotónico 1D $(\text{BaTiO}_3/\text{Y}_2\text{O}_3)_N/\text{G}/\text{Y}_2\text{O}_3/\text{G}/(\text{BaTiO}_3/\text{Y}_2\text{O}_3)_N$ con defectos de grafeno y potencial aplicación en sensores multiespectrales

Juan Manuel Giraldo Millan<sup>1</sup>, John Jairo Prias<sup>2</sup>, John Edward Ordoñez<sup>1</sup>, Luz Esther Gonzalez<sup>3</sup>, Gustavo Adolfo Zambrano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Películas Delgadas, Universidad del Valle, Cali, Colombia

<sup>2</sup>Grupo Optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, PTIE, Programa de Doctorado en Ciencias, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Grupo de Materiales Semiconductores y Superiónicos, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

juan.giraldo.millan@correounivalle.edu.co

### Resumen

El desarrollo de filtros ópticos ajustables en el rango visible es de interés para aplicaciones en sensado espectral y fotónica integrada. En este trabajo se presenta un diseño de cristal fotónico unidimensional compuesto por óxido de itrio ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ , aislante), titanato de bario ( $\text{BaTiO}_3$ , ferroeléctrico) y grafeno (G), incorporado tanto en forma de capas atómicas como de película delgada a modo de defecto. La estructura se analizó mediante el método de la matriz de transferencia, considerando la periodicidad, el espesor de las capas, el ángulo de incidencia y las propiedades electrónicas de los materiales. En ausencia de defectos, el sistema muestra una cavidad reflectora en la región visible entre 500 y 600 nm, centrada en torno a 550 nm y consistente con el criterio de cuarto de onda. La inclusión de grafeno rompe la simetría periódica y origina modos resonantes en el interior de la cavidad, observados como picos de transmisión en torno a 510 nm, 550–560 nm y 600 nm. Estos modos, dependientes de los parámetros de diseño, ponen de manifiesto el papel del grafeno en la sintonización espectral del cristal. La combinación de materiales ferroeléctricos, aislantes y defectos de grafeno permite ajustar de manera precisa la respuesta óptica del sistema, lo que respalda su uso potencial en filtros ópticos dinámicos y sensores espectrales en el rango visible, aplicables al monitoreo ambiental, la detección espectral selectiva y la fotónica integrada.

### Palabras Clave

Cristal fotónico; Matriz de transferencia; Grafeno; Filtros ópticos; Sensores espectrales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Valle por el apoyo para la realización de este trabajo de investigación, a través del proyecto de Convocatoria Interna CI 71405.

## 11.43. Control estequiométrico de las propiedades ópticas no lineales en cables cuánticos helicoidales $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ : perspectivas sobre las dependencias composicionales, geométricas y del campo electromagnético

Santiago Fernando Machado Sánchez<sup>1</sup>, Ricardo León Restrepo Arango<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad EIA, Ingeniería Mecatrónica, Colombia

<sup>2</sup>Universidad EIA, EIA-Física Teórica y Aplicada, Colombia

santiago.machado@eia.edu.co

### Resumen

Se investigaron las propiedades ópticas no lineales de las transiciones electrónicas intrasubbanda en cables cuánticos helicoidales de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$  bajo un campo eléctrico externo, con especial atención al papel de la estequiometría en la modulación de estas propiedades. Mediante la variación sistemática del contenido de aluminio ( $x$ ) en la estructura de capas de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ , se analizó el impacto de los cambios composicionales en el comportamiento óptico. Este estudio también exploró la influencia de la geometría helicoidal del cable cuántico y la energía del fotón incidente en los coeficientes de las propiedades ópticas. La región confinada del cable cuántico está diseñada como un sistema núcleo-capa, con un cable cuántico helicoidal de GaAs en el núcleo y un cilindro cuántico de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  como capa. Utilizando la aproximación de la masa efectiva y un formalismo complejo de valores propios mediante métodos de elementos finitos, se calcularon numéricamente los niveles de energía y las funciones de onda electrónicas dentro de esta nanoestructura de potencial finito. Las propiedades ópticas se determinaron mediante el método de matriz de densidad compacta combinado con un método iterativo. Los resultados revelan una dependencia significativa de las propiedades ópticas con respecto a la estequiometría del material de la cubierta, así como a las dimensiones de la nanoestructura del hilo cuántico y a la intensidad del campo eléctrico aplicado. Cabe destacar que estas respuestas se producen en el rango de terahercios del espectro electromagnético, lo que subraya la importancia de un control estequiométrico preciso para adaptar el rendimiento optoelectrónico de dichas nanoestructuras a aplicaciones avanzadas.

### Palabras Clave

Punto cuántico helicoidal; Coeficientes de absorción óptica no lineal; Campos eléctricos y magnéticos.

### 11.44. Lavanda como inhibidor de corrosión: análisis Tafel-LPR en acero embebido en cemento

Laura Daniela Palomino Sanchez<sup>1</sup>, Deivi Camilo Montoya Sepulveda<sup>2</sup>, Valentina Cardona Velasquez<sup>3</sup>, Santiago Ocampo Palacios<sup>4</sup>, Daniel Alejandro Pineda Hernandez<sup>5</sup>, Elisabeth Restrepo Parra<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Caldas

lpalominos@unal.edu.co

#### Resumen

La corrosión del acero embebido en estructuras de concreto representa un desafío importante para la durabilidad de las construcciones. En este trabajo se propuso evaluar el extracto de lavanda (*Lavandula dentata*) como inhibidor natural de corrosión, aplicando técnicas electroquímicas de Polarización Tafel y Resistencia de Polarización Lineal (LPR).

La metodología incluyó la elaboración de probetas cilíndricas de concreto con varillas de acero al carbono embebidas en su interior. La mezcla se preparó en proporción cemento, arena y agua, de acuerdo con la norma ASTM C109. Las varillas fueron acondicionadas mediante lijado y limpieza, dejando expuesta la zona activa. Posteriormente, las probetas fueron curadas y sometidas a inmersión en solución de NaCl para simular ambientes agresivos. Los ensayos electroquímicos se llevaron a cabo en un sistema de tres electrodos (electrodo de trabajo, electrodo de referencia y el contraelectrodo), midiendo potencial de circuito abierto, LPR y curvas de Tafel.

De manera general, los resultados mostraron que la adición del extracto de lavanda contribuyó a reducir la velocidad de corrosión en comparación con las probetas sin inhibidor. Este comportamiento se reflejó en una estabilización de los parámetros electroquímicos del sistema.

En conclusión, el extracto de lavanda mostró un desempeño prometedor como inhibidor natural, ofreciendo una alternativa sostenible y de bajo costo frente a inhibidores sintéticos, con potencial para prolongar la vida útil de estructuras de concreto.

#### Palabras Clave

Resistencia a la Polarización Lineal (LPR); *Lavandula dentata*; Inhibidor natural; Corrosión del acero.

## 11.45. Análisis teórico de la dependencia con la temperatura de los espectros de heteroestructuras de puntos cuánticos autoensamblados de InAs/GaAs

Sergio Felipe Mejía Campos<sup>1</sup>, Carlos José Páez González<sup>1</sup>, Willian Gutiérrez Niño<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

sergio2248056@correo.uis.edu.co

### Resumen

Este trabajo estudia el efecto de la no parabolicidad en la banda de conducción y el acoplamiento entre bandas en los espectros de heteroestructuras de puntos cuánticos autoensamblados de InAs/GaAs bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos externos, utilizando el modelo de Kane. Este análisis incluye la variación de la brecha de banda en función de la temperatura en los materiales GaAs e InAs, aspectos críticos para dispositivos cuánticos de alta precisión. Se calculan el espectro de energía y la densidad de estados de electrones confinados en puntos cuánticos aislados y acoplados lateralmente mediante el método de elementos finitos, permitiendo una caracterización detallada en condiciones experimentales realistas.

### Palabras Clave

Heteroestructuras de puntos cuánticos; Física de semiconductores; Dispositivos cuánticos.

## 11.46. Estudio in vitro de recubrimientos electroquímicos de hidroxiapatita y plata en condiciones fisiológicas simuladas

Luis Miguel Ramírez Osorio<sup>1</sup>, Elisabeth Restrepo Parra<sup>2</sup>, Daniel Alejandro Pineda<sup>3</sup>, Lesly Dayana Cañas López<sup>4</sup>, Carlos Alberto Peña<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

### Resumen

Este estudio propone el desarrollo de un recubrimiento electroquímico compuesto por hidroxiapatita (HAp) y nanopartículas de plata (nAg) para implantes de titanio, con el objetivo de potenciar la bioactividad y promover una integración ósea más efectiva, superando así los problemas actuales de falta de osteointegración. Mediante un método innovador de electrodeposición, se busca integrar de manera homogénea y controlada las nAg en la matriz de HAp, garantizando una liberación sostenida y segura de iones de plata en concentraciones compatibles con la regeneración ósea.

La investigación contempla la evaluación de la respuesta del recubrimiento mediante pruebas in vitro, en las cuales se empleará material óseo, específicamente lámina de fémur de bovino, que serán expuestas a un medio acuoso de fluido biológico simulado con el fin de analizar la interacción del recubrimiento con un sustrato semejante al tejido óseo real. Estas pruebas permitirán observar la osteointegración y la funcionalidad del recubrimiento de HAp/nAg en condiciones controladas, así como verificar si la técnica de electrodeposición logra generar una capa estable y adherente.

Posteriormente, las muestras serán sometidas a diferentes técnicas de caracter

## 11.47. Recubrimientos de Hidroxiapatita (Natural y Comercial) Dopados con Nanopartículas de Plata para Implantes Médicos: Caracterización, Bioactividad y Propiedades Bactericidas

Carlos Alberto Peña Sanchez<sup>1</sup>, Elisabeth Restrepo Parra<sup>2</sup>, Daniel Alejandro Pineda<sup>3</sup>, Lesly Dayana Cañas López<sup>4</sup>, Luis Miguel Ramírez Osorio<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

### Resumen

Este proyecto tiene como finalidad optimizar el desempeño de recubrimientos de hidroxiapatita (HAp) dopados con nanopartículas de plata (AgNPs), orientados a aplicaciones en implantes biomédicos, con el objetivo de disminuir la incidencia de infecciones postquirúrgicas. La deposición electroquímica se llevará a cabo en dos fases: primero, la deposición de una capa de hidroxiapatita sobre un sustrato de titanio, seguida de un tratamiento hidrotermal diseñado para favorecer la cristalización y mejorar la adherencia del recubrimiento; en la segunda fase, el dopaje de la hidroxiapatita mediante la incorporación de nanopartículas de plata por electrodeposición pulsada, técnica que permite un control más preciso sobre la dispersión y concentración de las AgNPs.

Posteriormente, se realizarán ensayos de bioactividad en solución biológica simulada (SBF), con el fin de evaluar la formación de capas apatíticas secundarias y la respuesta del material en condiciones similares al entorno fisiológico. Estos estudios se complementarán con análisis de caracterización estructural y morfológica mediante SEM y XRD, tanto antes como después de los ensayos de bioactividad, lo que permitirá determinar cambios en la fase cristalina, la morfología superficial y la estabilidad del recubrimiento.

Se llevarán a cabo pruebas de actividad bactericida para evaluar el efecto de las nanopartículas de plata frente a microorganismos patógenos asociados a infecciones postquirúrgicas, estableciendo la correlación entre la concentración de AgNPs y la eficacia antimicrobiana del recubrimiento.

Finalmente, se realizará una comparación entre la hidroxiapatita obtenida de fuentes naturales, como la cáscara de huevo, y la hidroxiapatita sintética, para determinar cuál presenta un mejor desempeño en términos de bioactividad y propiedades antibacterianas. Este análisis permitirá evaluar la viabilidad técnica y científica del uso de fuentes naturales de hidroxiapatita como alternativa más sostenible y de menor costo en países en desarrollo como Colombia.

Este trabajo se desarrolla en el marco de un proyecto colaborativo con el estudiante de Ingeniería Física Luis Miguel Ramírez Osorio, integrando enfoques de ciencia de materiales, nanotecnología y bioingeniería.

## **11.48. Síntesis de Recubrimientos de Hidroxiapatita en Placas de Titanio por Electrodeposición: Influencia del Origen y Método en la Bioactividad**

Lesly Dayana Cañas López

Director: Elisabeth Restrepo Parra, Codirector: Daniel Alejandro Pineda

### **Resumen**

El presente trabajo de grado se centra en el estudio de recubrimientos de hidroxiapatita (HAp) aplicados en placas de titanio mediante la técnica de electrodeposición, con el propósito de evaluar su potencial para aplicaciones biomédicas, particularmente en implantes óseos. La investigación parte de la necesidad de mejorar la bioactividad y compatibilidad de los materiales metálicos utilizados en medicina, ya que el titanio, es utilizado por su resistencia mecánica, presenta una integración ósea limitada si no cuenta con recubrimientos bioactivos.

El objetivo principal del trabajo fue analizar cómo el origen de la hidroxiapatita (comercial vs. biológica) y la variación de los parámetros de electrodeposición, afectan las características morfológicas, químicas y bioactivas de los recubrimientos obtenidos. Para ello, se prepararon muestras de titanio recubiertas con HAp de diferente procedencia y concentración, ajustando los parámetros de corriente y potencial durante la electrodeposición. Posteriormente, se llevaron a cabo análisis de caracterización, incluyendo microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia de energía dispersiva (EDS) y pruebas de bioactividad mediante inmersión en fluido biológico simulado (SBF), para evaluar la formación de capas de apatita sobre las superficies tratadas.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los recubrimientos según el origen de la hidroxiapatita utilizada. Las muestras recubiertas con HAp de origen biológico presentaron una morfología menos homogénea y una cobertura superficial más granulada en comparación con las que se sintetizaron con HAp comercial. Además, las pruebas de bioactividad revelaron una mayor formación de capas de apatita en las muestras tratadas con HAp biológica, lo que sugiere un mejor desempeño en términos de integración ósea.

En conclusión, este trabajo de grado aporta evidencia de que tanto el origen de la hidroxiapatita como el control cuidadoso de los parámetros de electrodeposición son factores clave para optimizar los recubrimientos bioactivos sobre titanio. Los hallazgos de este trabajo ofrecen una base para futuras investigaciones orientadas a mejorar el diseño de implantes biomédicos, contribuyendo al avance de soluciones que favorezcan la regeneración ósea y la durabilidad de los dispositivos implantables.

### 11.49. Uso de Cáscara de Plátano como Agente de Mejora en la Adhesión de Inhibidores Naturales de Corrosión a Base de *Thunbergia alata* y Lavanda sobre Acero 1020

Santiago Castro Henao  
Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia  
scastrohe@unal.edu.co

#### Resumen

La corrosión metálica constituye uno de los principales problemas en la industria, ya que acelera la degradación de infraestructuras y equipos, generando pérdidas económicas y comprometiendo la seguridad operacional. Los inhibidores de corrosión sintéticos, aunque efectivos, presentan desventajas asociadas a su costo y toxicidad ambiental, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas naturales y sostenibles. En este contexto, la presente investigación evalúa el desempeño anticorrosivo de extractos de *Thunbergia alata* y lavanda (*Lavandula dentata*), incorporando cáscara de plátano verde como agente de mejora en la adhesión de los recubrimientos aplicados sobre acero 1020.

La *Thunbergia alata*, catalogada como especie invasora, se convierte en una fuente de compuestos polifenólicos (taninos, flavonoides y ésteres) con potencial inhibidor, mientras que la cáscara de plátano verde, tradicionalmente un residuo agroindustrial, aporta propiedades adherentes que refuerzan la estabilidad del recubrimiento. El proceso experimental incluyó la extracción de compuestos activos mediante Soxhlet, la preparación de recubrimientos con técnicas de aerografía y la posterior evaluación mediante FTIR, EIS, curvas de Tafel, SEM y pruebas de adherencia.

Los resultados demostraron que los extractos de *Thunbergia alata* y lavanda reducen significativamente la velocidad de corrosión respecto al acero sin tratamiento, destacando la *Lavandula dentata* como el inhibidor con mayor efectividad. La incorporación de cáscara de plátano favoreció la adherencia de la película protectora, aunque en ciertos casos afectó la homogeneidad y estabilidad del recubrimiento.

Estos hallazgos confirman la viabilidad de emplear extractos vegetales y subproductos agrícolas como recubrimientos ecológicos y funcionales, promoviendo estrategias sostenibles de protección metálica.

#### Palabras Clave

Corrosión metálica; Inhibidores de corrosión naturales; *Thunbergia alata*; *Lavandula dentata*; Cáscara de plátano verde.

### 11.50. Título del Resumen (máximo 15 palabras)

Santiago Ocampo Palacios<sup>1</sup>, Daniel Alejandro Pineda Hernandez<sup>2</sup>, Elisabeth Restrepo Parra<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia  
socampop@unal.edu.co

#### Resumen

En este trabajo investigativo se analizó el comportamiento entre un inhibidor natural de corrosión a base de lavanda y tres diferentes gases (aire, argón y nitrógeno) haciendo recubrimientos por spray sobre acero 1020. Se realizó la caracterización del extracto usando métodos como UV-Vis y FTIR, así se pudo confirmar la presencia de flavonoides, taninos y grupos carbonílicos, compuestos que tienen buena compatibilidad con

superficies metálicas y sirven como barrera protectora. Cuando se hizo la caracterización de la superficie de los recubrimientos, se encontró que los gases utilizados durante la aplicación sobre acero tuvieron un efecto directo en características como la textura, la adherencia y el comportamiento frente al medio corrosivo. Mediante técnicas electroquímicas como la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de resistencia a la polarización por extrapolación Tafel, se determinó que el recubrimiento usando aire fue el más efectivo, ya que mostró gran resistencia a la polarización y logró reducir la velocidad de corrosión en más de un 99 % en comparación con el acero sin recubrimiento del inhibidor natural de corrosión a base de lavanda. Los recubrimientos con argón y nitrógeno también presentaron efecto inhibidor, pero su desempeño fue inferior. Los resultados evidenciaron que el extracto de lavanda tiene un alto potencial como anticorrosivo con la característica de que es eco-amigable, y que el tipo de gas empleado en la aplicación influencia la calidad de estos recubrimientos naturales.

**Palabras Clave**

Electroquímica; Corrosión; Recubrimientos.

## 11.51. Síntesis Electroquímica vs Síntesis Verde: Análisis de Eficiencia y Sostenibilidad en la Producción de Nanopartículas de Plata (AgNPs) y su Aplicación en Detección Electroquímica

Mariana Ceballos Yepes<sup>1</sup>, Farid David Cortes Muñoz<sup>2</sup>, Jacobo Ramírez Betancourth<sup>3</sup>, Daniel Alejandro Pineda Hernández<sup>4</sup>, Elisabeth Restrepo Parra<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

mceballosy@unal.edu.co

### Resumen

Este proyecto presenta una comparación entre dos métodos de síntesis de nanopartículas de plata (AgNPs): la síntesis electroquímica y la síntesis verde, con el objetivo de evaluar su eficiencia y sostenibilidad en aplicaciones de detección electroquímica. Las AgNPs se han consolidado como materiales clave en el desarrollo de sensores, gracias a su alta conductividad eléctrica y actividad catalítica. La síntesis electroquímica destaca por su control preciso sobre el tamaño y la morfología de las nanopartículas, mientras que la síntesis verde utiliza extractos vegetales como agentes reductores, ofreciendo un enfoque ambientalmente amigable.

Las nanopartículas obtenidas por ambas rutas se caracterizaron mediante espectroscopía UV-Vis, microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía electrónica de transmisión (STEM) y espectroscopía de dispersión de energía (EDS), evaluando su estructura, morfología y estabilidad. Posteriormente, se analizó su desempeño en la detección de analitos mediante técnicas electroquímicas. Los resultados permiten identificar cuál método ofrece mejores propiedades analíticas y representa una alternativa más viable y sostenible para futuras aplicaciones en sensores electroquímicos.

### Palabras Clave

Nanopartículas de plata; Síntesis verde; Síntesis electroquímica; Voltametría cíclica.

## 11.52. Simulación de estructura de bandas del grafeno prístino afectado por perturbación

Juan Arana<sup>1</sup>, Gerardo Fonthal<sup>2</sup>, Jhon Prías<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Programa de Física, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Universidad del Quindío, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad del Quindío, Programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica, Armenia, Colombia

juane.aranav@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener una modificación del diagrama de bandas del grafeno prístino en presencia de una perturbación del tipo *strain*. Para ello, se implementó una simulación numérica en Python utilizando el modelo de *tight-binding*, en el cual se consideraron las distancias interatómicas características de los átomos de carbono en el grafeno. La perturbación se introdujo en el operador hamiltoniano como elementos de *strain* que modifican el plano del grafeno en su eje perpendicular.

Los resultados muestran que el grafeno pasa de ser un material con fermiones sin masa en el punto K, lo que le confiere una alta conductividad, a un material con fermiones con masa, que lo convierte en un semiconductor.

En conclusión, la simulación confirma que la aplicación de *strain* puede ser un mecanismo eficaz para modificar las propiedades electrónicas del grafeno, manteniendo al mismo tiempo su versatilidad estructural y propiedades únicas.

### Palabras Clave

Grafeno; Estructura de bandas; Tight-binding; Simulación.

### 11.53. Rapid Synthesis of Highly Crystalline ZnO Nanostructures: Comparative Evaluation of Two Alternative Routes

Emely V. Ruiz-Duarte<sup>1</sup>, Juan P. Molina-Jiménez<sup>2</sup>, Duber A. Avila<sup>3</sup>, Cesar O. Torres<sup>4</sup>, Sindi D. Horta-Piñeres<sup>5</sup>

Grupo de Óptica e Informática, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, 200001, Cesar, Colombia  
evanessarui@unicesar.edu.co

#### Resumen

Zinc oxide (ZnO) is a wide bandgap semiconductor of great scientific and technological interest due to its high exciton binding energy and outstanding structural and optical properties, making it an ideal material for applications in optoelectronics, sensors, and photocatalysis. This study presents the rapid synthesis of highly crystalline ZnO nanostructures using two alternative routes: (1) direct thermal decomposition of zinc acetate and (2) a physical-green route assisted by *Mangifera indica* extract. Both routes were subjected to identical calcination thermal conditions (400 °C for 2 h), allowing for an objective comparison of their effects on structural, vibrational, morphological, and optical characteristics.

X-ray diffraction analyses confirmed the formation of a pure hexagonal wurtzite phase in both samples, highlighting a higher crystallinity index (91.6 %) and a larger crystallite size (35 nm) in the sample synthesized using the physical-green route. Raman and FTIR spectra supported these findings, revealing greater structural order. Electron microscopy showed significant morphological differences, and UV-Vis analysis showed a red shift in the absorption peak, associated with a decrease in the optical bandgap (from 3.34 eV to 2.97 eV).

These results demonstrate that the physical-green route promotes significant improvements in the structural and functional properties of ZnO, without requiring changes in processing temperature or the use of additional chemicals.

#### Palabras Clave

ZnO; Nanostructures; Physical-green synthesis; Crystallinity; *Mangifera indica*.

## 11.54. Aplicaciones de metasuperficies plasmónicas autocomplementarias

Juan D. Baena

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

jdbaenad@unal.edu.co

### Resumen

Las metasuperficies auto-complementarias han mostrado un gran potencial en la manipulación de ondas electromagnéticas en las bandas de microondas y sub-THz, habilitando aplicaciones en filtrado, polarización, deflexión de la radiación, guiado de ondas superficiales y propagación de ondas de línea. La base de estas funcionalidades radica en el principio de Babinet, que asegura la invariancia de la impedancia y del comportamiento electromagnético frente a la transformación complementaria de la geometría. Sin embargo, la extensión de dichos dispositivos al rango infrarrojo constituye un reto significativo, debido a que la baja conductividad de los metales en estas frecuencias rompe la validez general de dicho principio.

Estudios recientes han demostrado, mediante análisis teórico y simulaciones numéricas, que la validez aproximada del principio de Babinet puede recuperarse utilizando metasuperficies híbridas de silicio y plata, siempre que el espesor metálico se mantenga cercano a 13 nm. Esta condición permite alcanzar un régimen de impedancia prácticamente constante e independiente de la frecuencia, similar al observado en microondas, lo que abre la posibilidad de trasladar al infrarrojo las funcionalidades ya exploradas en rangos de menor frecuencia.

El objetivo de este trabajo es demostrar experimental y numéricamente que las aplicaciones clásicas de metasuperficies auto-complementarias en microondas y sub-THz —incluyendo filtrado selectivo, polarización controlada, redirección de haces y guiado eficiente de modos superficiales y de línea— pueden ser efectivamente reproducidas en el rango infrarrojo. Se presentan resultados que evidencian la viabilidad de este enfoque, consolidando a las metasuperficies auto-complementarias ultradelgadas como una plataforma robusta para el diseño de dispositivos optoelectrónicos avanzados.

### Palabras Clave

Metasuperficie; Principio de Babinet; Infrarrojo; Optoelectrónica.

## 11.55. Estudio del efecto fotovoltaico en grafeno para la generación de energía

D. López-Arango, M.A. Arias-Arias, J.J. Prías-Barragán

Universidad del Quindío, Programa de Física, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

miguela.arias@uqvirtual.edu.co

### Resumen

Este trabajo evalúa la generación de energía en un material semiconductor como el grafeno, aprovechando el efecto fotovoltaico como mecanismo de conversión de energía. En este trabajo para la recolección de datos se diseñó y fabricó una placa de circuito impreso (PCB) sobre la cual se colocó una muestra de grafeno, la muestra fue contactada superficialmente mediante dos terminales de cobre, lo que permitió medir la diferencia de potencial generada al exponerla a fuentes de calor controladas, lo que confirma la presencia de un efecto asociado a la generación de energía.

El análisis de las mediciones indica además que la magnitud del voltaje depende de la intensidad del estímulo térmico aplicado, lo que sugiere un mecanismo sensible a la transferencia de energía. Estos hallazgos demuestran el potencial del grafeno para mejorar las celdas fotovoltaicas. Su excepcional conductividad eléctrica y térmica puede incrementar la eficiencia al disipar el calor y prolongar la vida útil de los dispositivos. Además, el grafeno es un material ecológico, lo que lo posiciona como un componente valioso en el desarrollo de energía renovable.

### Palabras Clave

Grafeno; Efecto fotovoltaico; Generación de energía; Energía renovable; Materiales bidimensionales.

## 11.56. Análisis de la Estructura Electrónica del Superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ Usando la Teoría del Funcional Densidad

Laura Sofía Arce Medina<sup>1</sup>, Diego Alejandro Rasero<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

lauarcemedina@gmail.com

### Resumen

La superconductividad es crucial para el avance tecnológico. En este estudio, analizamos las propiedades estructurales y electrónicas del superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  (YBCO) usando la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) implementada en el paquete Quantum Espresso. Nuestras simulaciones incluyeron la densidad de carga electrónica, la dispersión de energía electrónica, y la densidad total y parcial de estados. Observamos un solapamiento distintivo entre las bandas de valencia y de conducción, lo que confirma el comportamiento metálico del YBCO. Además, se evidenció la formación de planos de Y-Ba y Cu-O, siendo la hibridación de los orbitales d del Cobre y p del Oxígeno la responsable de la creación de este último plano. Estas características electrónicas y estructurales son fundamentales para comprender el comportamiento superconductor de este material.

### Palabras Clave

Superconductividad; DFT; Quantum Espresso.

### Keywords

Green synthesis; Gold nanoparticles; SERS detection; Plant stem extracts; Pyridoxine sensing.

## 11.57. Simulación de la Conductividad Electrónica en Grafeno con Patrón de Kekulé

L. Díaz-Granados<sup>1</sup>, J.J. Prías-Barragán<sup>2,3</sup>, G. Fonthal<sup>1,3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

luigi.diazg@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El grafeno con patrón de Kekulé representa una plataforma prometedora para la nanoelectrónica moderna, permitiendo el diseño de propiedades electrónicas mediante la modulación de la estructura cristalina. En este trabajo, realizamos un análisis computacional de las propiedades de transporte en grafeno Kekulé-Y, basando en los resultados experimentales de Y. Wang et al. (Nature Nanotechnology 19, 235, 2024), quienes reportaron conductividades de  $8.5 \times 10$  S/m a 4K y  $4.8 \times 10$  S/m a 300K.

La simulación estudiada aquí, mediante una adaptación del modelo de Drude para materiales 2D, reproduce estos valores experimentales con 92 % de concordancia, identificando parámetros óptimos ( $m^* = 0,05m_e$  y tiempo característico de 1.8 ps), los cuales maximizan la conductividad electrónica. Este trabajo proporciona un marco teórico en el diseño racional de dispositivos nanoelectrónicos basados en grafeno modulado, conectando parámetros fundamentales con propiedades de transporte medibles.

### Palabras Clave

Grafeno; Kekulé; Cálculos computacionales; Conductividad electrónica.

## 11.58. Control del gap en grafeno mediante campo eléctrico externo: una aproximación empleando el método de Kekulé

Jonathan Fraga<sup>1</sup>, Gerardo Fonthal<sup>1,3</sup>, Jhon Prías<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Programa de Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias y Doctorado en Ciencias Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

jonathand.fragan@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El grafeno, material bidimensional compuesto por átomos de carbono en red hexagonal, ha sido ampliamente estudiado debido a sus propiedades electrónicas excepcionales, entre ellas la alta movilidad de portadores y su estructura de bandas con conos de Dirac. Sin embargo, la ausencia de un gap de energía limita su aplicabilidad en dispositivos semiconductores.

Se introduce un modelo de Hamiltoniano propuesto por J. Prías y colaboradores, quienes han investigado mecanismos para abrir y controlar este gap, mediante modificaciones estructurales y perturbaciones externas. En este trabajo se presenta una aproximación basada en el método de Kekulé, considerando la influencia de un campo eléctrico externo sobre la estructura de bandas del grafeno.

A diferencia de otros enfoques, se mantiene constante la masa efectiva introducida en el modelo, lo cual permitió aislar y analizar de manera precisa el efecto directo del campo en la energía del gap. Se calcularon las relaciones de dispersión resultantes, mostrando cómo el campo externo modula la apertura del gap y la curvatura de las bandas cercanas al punto de Dirac.

Los resultados indican que la variación del campo eléctrico no altera la masa efectiva, pero sí modifica la energía del gap, generando transiciones desde conos de Dirac lineales hasta dispersiones cuasi-parabólicas. Estos hallazgos aportan a la comprensión de la sintonización controlada del gap en grafeno, ofreciendo una herramienta teórica útil para el diseño de dispositivos electrónicos basados en materiales bidimensionales.

### Palabras Clave

Grafeno; Gap de energía; Método de Kekulé; Campo eléctrico externo.

## 11.59. Análisis Teórico de Oscilaciones Cuánticas dHvA en los Teluros cuasi-1D TaTe<sub>4</sub> y NbTe<sub>4</sub>

José Raúl Martínez Afanador<sup>1</sup>, A. C. Garcia-Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 Calle 09, 680002, Bucaramanga, Colombia

jose2200797@correo.uis.edu.co, acgarcia@uis.edu.co

### Resumen

Las oscilaciones cuánticas del tipo Haas–van Alphen (dHvA) constituyen una herramienta de alta resolución para la caracterización electrónica de metales y semimetales, pues permiten acceder a la geometría de la superficie de Fermi (FS). En este trabajo presentamos un estudio teórico-computacional del efecto Haas–van Alphen (dHvA) en los compuestos cuasi-unidimensionales TaTe<sub>4</sub> y NbTe<sub>4</sub>, los cuales exhiben propiedades topológicas que los convierten en sistemas de particular interés. Para este fin se combinaron cálculos de primeros principios, implementado en el código VASP y el algoritmo Supercell K-space Extremal Area Finder (SKEAF). Se calcularon superficies de Fermi con y sin acoplamiento espín–órbita (SOC) y se obtuvo la dependencia angular de las frecuencias dHvA.

A partir de estos cálculos se identifican los pockets de la superficie de Fermi, es decir, las regiones cerradas que confinan estados electrónicos. Nuestros cálculos constituyen la primera predicción de los resultados esperados para NbTe<sub>4</sub> y, al mismo tiempo, representan el análisis teórico más detallado de las oscilaciones cuánticas realizado hasta la fecha para ambos compuestos. En conjunto, los resultados obtenidos no solo amplían la comprensión de las propiedades electrónicas de los teluros cuasi-1D, sino que también entregan datos de caracterización que servirán como punto de referencia común e indispensable en futuras investigaciones sobre estos compuestos topológicos.

### Agradecimientos

A. C. Garcia-Castro agradece el apoyo del proyecto No. 4211 titulado “Búsqueda y estudio de nuevos compuestos antiperovskitas laminares con respuesta termoeléctrica mejorada para su uso en nuevas energías limpias” financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones y Extensión, VIE–UIS.

### Palabras Clave

Teoría Funcional de la Densidad; Materiales Topológicos; Oscilaciones cuánticas; Superficies de Fermi.

## 11.60. Energía de enlace de excitones confinados en un punto cuántico esférico de GaAs-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As, bajo presión hidrostática

Alejandro Herrera Segura<sup>1</sup>, Roberto Emilio Franco Peñaloza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

aherrerase@unal.edu.co

### Resumen

En este trabajo se presentan resultados del cálculo de la energía de enlace de excitones en puntos cuánticos esféricos de GaAs confinados por barreras de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As. El excitón se modela como un sistema hidrogenoide bajo la aproximación de masa efectiva, considerando la interacción Coulombiana y el confinamiento de la heteroestructura. Se emplea la ecuación de Schrödinger para dos partículas, reducida a coordenadas de centro de masa y relativa mediante la masa reducida  $\mu$ . La energía de enlace se obtiene al comparar la energía total del estado fundamental con el umbral de ionización del par electrón-hueco.

La metodología combina técnicas variacionales, con funciones de prueba tipo hidrogenoide modificadas, y soluciones numéricas de la ecuación radial. Se analizan explícitamente los efectos de la presión hidrostática, la fracción de aluminio y la temperatura sobre parámetros clave del sistema (energía de banda prohibida, masas efectivas y constante dieléctrica), empleando dependencias experimentales actualizadas. Los resultados indican que la energía de enlace crece al reducir el radio del punto cuántico por debajo del radio de Bohr excitónico y se incrementa adicionalmente con mayor contenido de Al en la barrera. Bajo presión hidrostática, el aumento del gap y las variaciones de masa efectiva refuerzan la estabilidad excitónica. Estos hallazgos resaltan el papel combinado del confinamiento cuántico y de las condiciones externas en la ingeniería de propiedades ópticas de puntos cuánticos semiconductores.

### Palabras Clave

Excitación; Puntos cuánticos; Confinamiento cuántico.

### **11.61. Computational modeling of the optical properties of metallic nanoparticles for potential agricultural applications**

Dayanna Maestre Salcedo\*, Camilo Andrés Frías Viña\*, Fernando José Guerrero Almanza, José Sierra Ortega, Gene Elizabeth Escorcía Salas

Grupo de investigación en Teoría de la Materia Condensada, Departamento de Física, Universidad del Magdalena, Santa Marta-Colombia

ddmaestre@unimagdalena.edu.co

#### **Abstract**

Due to their significant optical properties and the various methods available for their synthesis, metallic nanoparticles are currently a major focus of both theoretical and experimental research by scientists worldwide. In this research, we conduct a theoretical characterization of Ag and Au nanoparticles through computational simulation. Specifically, we analyze the optical properties (absorbance, transmittance, and reflectance) of single and paired nanoparticles using the finite element method. Simulations are performed by varying the geometry (spherical and cylindrical), sizes, and materials of the nanoparticles to characterize their optical behavior. The results are compared with those reported in the literature, and finally, the potential of the nanoparticles for agricultural applications is evaluated.

#### **Keywords**

Metallic nanoparticles; Optical properties; Agricultural applications.

## 11.62. Efectos del álgebra con paridad deformada en las características topológicas y geométricas en el modelo de Jaynes-Cummings disipativo

Edgar A. Gómez<sup>1</sup>, Santiago Echeverri-Arteaga<sup>1</sup>, Juan P. Guevara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, 630004, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321, Bogotá, Colombia

eagomez@uniquindio.edu.co

### Resumen

En este trabajo investigamos la influencia del álgebra con paridad deformada sobre las características topológicas del modelo de Jaynes-Cummings disipativo. En particular, examinamos la robustez de las transiciones del número de enrollamiento del espín y analizamos la diferencia entre la acumulación de fase unitaria y no unitaria. Al combinar enfoques teóricos y computacionales, se identifica cómo la deformación, caracterizada por el parámetro de Wigner  $\lambda$ , modifica los invariantes topológicos. Adicionalmente, se encuentra que el parámetro de Wigner tiene gran impacto sobre la cantidad conocida como número de excitación del sistema y permite modelar de forma simplificada la dinámica de dicho sistema cuántico. Los resultados permiten establecer el papel que tiene la deformación en la preservación de la invariancia topológica en sistemas cuánticos abiertos.

### Palabras Clave

Álgebra deformada; Modelo de Jaynes-Cummings disipativo.

### 11.63. Formation of Point Defects Due to Aging under Natural Conditions of Doped GaAs

Gerardo Fonthal<sup>1,2</sup>, Samuel Zambrano-Rojas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío

<sup>2</sup>Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío

<sup>3</sup>Grupo de Investigación en Física del Estado Sólido, Universidad de La Guajira

gfonthal@uniquindio.edu.co

#### Abstract

The analysis of PL at various temperatures and PR at 300 K in Ge and Sn-doped and undoped GaAs epitaxial films over three periods since 1995 allowed us to observe the aging dynamics of samples stored in a dark and dry environment. We found that aging created defects mainly in vacancy type, which resulted in deep trap energy levels and concentrations of  $5 \times 10^{17}$  atoms  $\text{cm}^{-3}$ . The impurification through substitutional impurities decreases the deterioration of the sample as Ge and Sn replace Ga and As atoms, preventing the formation of deep traps as vacancies of these last two elements. We were able to estimate the defect trap energies and found that they corresponded to the energies assigned to the charge states (-2) and (-1) of the As vacancy for PR results in 2001 and 2021. There is a dynamic of slow changes in semiconductor materials that age the material over time and affect its photo-response. We recommend both manufacturers and materials researchers store semiconductor samples in an oxygen-free environment to delay the aging process.

#### Keywords

Aging; Photoresponse; Deep traps.

## 11.64. Optical properties of metallic nanoparticles embedded in a cellulose matrix

Fernando José Guerrero Almanza\*, Dayanna Maestre Salcedo, Camilo Andrés Frías Viña, José Sierra Ortega, Gene Elizabeth Escorcía Salas

Grupo de investigación en Teoría de la Materia Condensada, Departamento de Física, Universidad del Magdalena, Santa Marta-Colombia

fernandoguerreroja@unimagdalena.edu.co

### Abstract

This study focuses on the theoretical analysis of silver (Ag), gold (Au), and titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) nanoparticles embedded in cellulose matrices - an eco-friendly and renewable biopolymer. Through numerical simulations using the Finite Element Method (FEM), we systematically characterize their optical properties (absorbance, transmittance, and reflectance) as functions of various geometric and material parameters. The results enable evaluation of these nanostructures' potential as antifungal agents for crop protection, with computational data being validated against existing experimental evidence. These findings establish scientific foundations for developing sustainable agricultural applications, where such nanocomposites could optimize resource utilization and reduce dependence on conventional agrochemicals.

### Keywords

Metallic nanoparticles; Antifungal agents; Optical properties.

## 11.65. Impacto de la asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados

Santiago Echeverri-Arteaga<sup>1</sup>, Edgar A. Gómez<sup>1</sup>, Herbert Vinck-Posada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad del Quindío, 630004, Armenia, Colombia

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, 111321, Bogotá, Colombia

secheverri@uniquindio.edu.co

### Resumen

Este trabajo investiga el impacto de la decoherencia inducida por mecanismos de desfase puro y de asistencia fonónica a la interacción sobre las propiedades ópticas y cuánticas de dos puntos cuánticos acoplados. Se presta especial atención a la matriz de densidad en el régimen estacionario, realizando un análisis detallado de poblaciones, coherencias, transiciones ópticas y del espectro de emisión. Además, se estudia la influencia de ambos mecanismos de decoherencia por fonones en el entrelazamiento bipartito y en el grado de mezcla del sistema. En particular, nuestros resultados indican que el mecanismo de asistencia fonónica a la interacción afecta parcialmente las coherencias del sistema y sus propiedades cuánticas cuando existe un desequilibrio significativo entre las tasas fonónicas de absorción/emisión. Por el contrario, el mecanismo de desfase puro no altera las poblaciones, pero acopla fuertemente los puntos cuánticos con el reservorio, induciendo estados maximalmente mezclados y reduciendo de forma significativa la separación espectral en el espectro de emisión del sistema.

### Palabras Clave

Decoherencia; Desfase puro; Asistencia fonónica a la interacción; Entrelazamiento; Espectro de emisión.

## 11.66. Control Magnético de un sistema molecular de puntos cuánticos inmersos en una cavidad óptica

Milton Linares<sup>1</sup>, Edgar Gómez<sup>2</sup>, Herbert Vinck<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

<sup>3</sup>Universidad Nacional, Bogotá D.C., Colombia

mllinares@uniquindio.edu.co

### Resumen

Se exploró a nivel teórico y computacional los efectos de un campo magnético externo sobre las propiedades en estado estacionario de un sistema molecular de puntos cuánticos autoensamblados que interactúan mediante intercambio de energía de resonancia y dispuestos en una cavidad óptica bimodal. Teniendo como parámetros de control tanto la intensidad como el ángulo de aplicación del campo magnético, se planteó un modelo teórico efectivo que permitió estudiar las relaciones de dispersión, las composiciones fraccionales y las ocupaciones de los estados del sistema. En particular, se observó la presencia de anticruces en las relaciones de dispersión como señal de la formación de estados moleculares excitónicos y su sintonización a través del campo magnético aplicado. Además, se demostró que un sistema molecular de este tipo tiene la capacidad de cambiar la polarización de los fotones emitidos. Con lo cual finalmente se destaca que mediante la sintonización de los parámetros de aplicación de campo magnético se puede controlar la dinámica de un sistema molecular de puntos cuánticos para producir fotones con polarización deseada.

### Palabras Clave

Control magnético; Puntos cuánticos; Cavidad óptica.

## 11.67. Bloqueo de fotones bajo canales de disipación en un sistema de dos cavidades y un punto cuántico

Jhon Garcia Barrera<sup>1</sup>, Edgar A. Gómez González<sup>1</sup>, Santiago Echeverri Arteaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

jhons.garciab@uqvirtual.edu.co

### Resumen

El bloqueo de fotones es un mecanismo cuántico que permite generar luz antibunched mediante la supresión de estados multifotónicos. Tradicionalmente se estudia en modelos ideales, donde se alcanzan valores extremos de correlación, pero bajo supuestos difíciles de implementar experimentalmente. En este trabajo se analiza un sistema compuesto por dos cavidades acopladas y un punto cuántico embebido, incorporando canales de disipación que reflejan imperfecciones inevitables: pérdidas desbalanceadas entre cavidades, desintonía entre el emisor y la cavidad, y un desfase puro asociado a fonones. Mediante simulaciones numéricas con QuTiP se replica la fenomenología del bloqueo de fotones y se evalúa su robustez. Los resultados muestran que, aunque el antibunching se degrada, el mecanismo persiste, manteniendo la sub-Poissonianidad y evidenciando un escenario más cercano a la factibilidad experimental.

### Palabras Clave

Bloqueo de fotones; Antibunching; Puntos cuánticos.

## 11.68. Implementación numérica de las ecuaciones de campo de un sistema Bose-Hubbard de espín-1

Johan Sebastian Lamilla Mendez<sup>1</sup>, Karem Cecilia Rodriguez Ramirez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle, Cali, Colombia

johan.lamilla@correounivalle.edu.co

### Resumen

Desde la obtención experimental del condensado de Bose-Einstein, se han desarrollado técnicas que permiten estudiar sistemas fuertemente correlacionados y controlar sistemas de muchos cuerpos, impulsando avances teóricos en física atómica, óptica, la información y la computación cuántica. Este trabajo propone estudiar las fases magnéticas y cuadrupolares de un sistema bosónico de espín 1 en una red óptica unidimensional, dentro del contexto de los simuladores cuánticos, donde la posibilidad de controlar las interacciones ofrece varias fases novedosas. El sistema se modela con un Hamiltoniano de tipo Heisenberg generalizado, escrito como contribuciones bilineales de campos independientes en la representación de bosones de Schwinger, estudiado dentro del formalismo de integrales de camino en la base de estados coherentes y en la aproximación del punto de silla; donde se resuelven las ecuaciones de campo de manera numérica.

### Palabras Clave

Aislante de Mott; Formalismo de Matsubara; Propiedades magnéticas y nemáticas.

## 11.69. Elaboración de tintas basadas en grafeno oxidado (GO) obtenido de residuos de biomasa de bambú-guadua

G. A. Linares López, J. J. Prías Barragán PHD.

Universidad del Quindío / Programa de Química / Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Armenia, Colombia

galinaresl@uqvirtual.edu.co

### Resumen

Se desarrolló una tinta de grafeno oxidado reducido (rGO) a partir de la biomasa del bambú *Guadua angustifolia Kunth* tipo macana, mediante un proceso de Doble Descomposición Térmica (DDT). Los residuos de la biomasa del bambú-guadua fueron sometidos a una primera descomposición térmica mediante un proceso de pirólisis a 700°C en una atmósfera controlada de N<sub>2</sub>; el GO obtenido se expuso a una corriente eléctrica por un innovador método llamado Electro-Graphene para reducir los grupos oxigenados presentes en el GO (epóxidos, hidroxilos y carboxilos). El rGO adquirido se empleó en la formulación de tintas en diferentes vehículos orgánicos y con aglomerantes de interés en wt %. Las tintas de rGO resultantes presentan excelentes propiedades para su uso en aplicaciones de electrónica flexible como en la elaboración de sensores, pantallas, tintas conductoras y electrónica flexible mecánicamente; en el almacenamiento de energía como baterías, supercondensadores y paneles solares; en la elaboración de recubrimientos protectores y materiales compuestos; además pueden ser aplicadas en la purificación del agua y en biomateriales para la sostenibilidad del medio ambiente. El proceso fue respetuoso con el medio ambiente, debido a que se producen materiales sostenibles y de bajos costos, adecuados para mercados emergentes. Los desechos o residuos generados de las tintas de rGO fueron procesados mediante la segunda descomposición térmica para su reutilización en tintas de rGO; sin embargo, se pueden reutilizar en la elaboración de membranas y/o filtros para la remediación de suelos, agua y aire contaminados.

### Palabras Clave

DDT; Electro-Graphene; rGO.