



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Implementación de problemas NP en computadores cuánticos basados en átomos neutros
Title:	Implementation of NP problems in quantum computers based on neutral atoms
Tutor/es:	Alberto A. del Barrio y Guillermo Botella
E-mail tutor/es:	abarriog@ucm.es, gbotella@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo de este TFG es la implementación de problemas NP que puedan modelarse mediante Hamiltonianos de Ising [1], usando para ello computadores cuánticos basados en átomos neutros. Dichos modelos han aumentado su repercusión en los últimos años gracias al gran desarrollo de los computadores cuánticos. Por medio de este tipo de computación, es posible resolver problemas de optimización basados en Hamiltonianos de Ising de forma eficiente. Por ejemplo, problemas de particionado de grafos, el problema de las N-reinas o problemas cuya formulación se basa en ILP (Integer Linear Programming), pueden modelarse como Hamiltonianos de Ising. En el presente proyecto se implementarían algunos de estos problemas en computadores cuánticos basados en átomos neutros y se probarían al menos en simulación local y/o en la nube.

Metodología:

1. Estudio de problemas NP que se modelan con Hamiltonianos de Ising.
2. Estudio de entornos de programación de computadores cuánticos basados en átomos neutros.
3. Programación de algoritmos y simulación local con pocos qubits.
4. Simulación en la nube con mayor número de qubits.

Bibliografía:

- [1] Lucas A (2014) Ising formulations of many NP problems. Front. Physics 2:5. doi: 10.3389/fphy.2014.00005
[2] <https://github.com/pasqal-io>
[3] <https://github.com/QuEraComputing/>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Coordinación distribuida en sistemas multi-robot
Title:	Distributed Coordination in multi-robot systems
Tutor/es:	Lía García Pérez, Juan Jiménez Castellanos
E-mail tutor/es:	liagar05@ucm.es, juan.jimenez@fis.ucm.es
Número de plazas:	4
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los sistemas multi-robots tienen un enorme potencial para aplicaciones prácticas tales como redes de sensores, supervisión de espacios, mapeado de entornos, búsqueda y rescate, etc. Este potencial se ha visto incrementado recientemente por la mejora de los sistemas de sensorización y posicionamiento, así como por su general abaratamiento, que hace posible construir y mantener equipos de robots a un coste bajo.

En muchas de estas aplicaciones, la coordinación entre los robots juega un papel central. Esta coordinación se lleva a cabo frecuentemente mediante sistemas centralizados de decisión y control, que son en principio, más fáciles de diseñar y mantener, pero que presentan limitaciones obvias tales como la dificultad para escalarlos a un número grande de robots, debido entre otros factores al aumento de la carga de cómputo y las limitaciones de los canales de comunicación. Además, son sistemas frágiles en los que un fallo en sistema central causa la pérdida de control de todo el equipo.

Una alternativa atractiva a los sistemas centralizados es el uso de coordinación cooperativa, en la que cada agente colabora en la coordinación, actuando de modo autónomo en función del objetivo común y del análisis de su estado y del de otros robots con los que guarda una relación de vecindad.

El objetivo de este TFG es introducirse en el estudio de algunos de los paradigmas de coordinación cooperativa entre robots móviles --tales como el consenso, las formaciones, la cobertura o la persecución--- mediante la simulación, el análisis y la validación de algoritmos básicos.

Este trabajo desarrolla conceptos explicados en la asignatura de Sistemas dinámicos y realimentación de 4º curso del Grado en Física y del doble Grado en Física y Matemáticas. Pero no es requisito haberla cursado, ya que la bibliografía suministrada y los conocimientos adquiridos durante los estudios de grado, son suficientes para llevarlo a cabo.

Metodología:

1. Estudio de los pilares matemáticos en que se fundamentan los algoritmos de coordinación cooperativa. Básicamente son tres. Teoría de Grupos, Teoría de Grafos y Ecuaciones diferenciales ordinarias para el análisis de sistemas dinámicos.
2. Modelado y simulación mediante Python o Matlab de un sistema multi-robot que resuelva alguno de los paradigmas básicos de cooperación cooperativa, estudiados en la bibliografía.
3. Análisis de resultados y validación de garantías matemáticas en la solución proporcionada por el algoritmo.

Bibliografía:

- [1] Kazunori Sakurama et al. Generalized Coordination of Multi-robots systems. Foundations and Trends in Systems and Control. Vol 9 Issue 1.
<https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/server/api/core/bitstreams/ddcbb3e5-c22e-4b4c-ae5e-4095a4c189ab/content>
- [2] HG de Marina. Maneuvering and robustness issues in undirected displacement-consensus-based formation control. IEEE Transactions on Automatic Control, 2021. <https://arxiv.org/abs/2008.03544>
- [3] HG de Marina, J Jiménez, W Yao. Leaderless collective motions in affine formation control. Conference on Decision and Control (CDC) 2021.
<https://arxiv.org/abs/2104.03412>
- [4] NAGAHARA, Masaaki; AZUMA, S.; AHN, H. Control of Multi-agent Systems. Springer Cham, 2024.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Modelos de difusión para detección de anomalías en turbinas eólicas
Title:	Diffusion models for anomaly detection in wind turbines
Tutor/es:	Matilde Santos Peñas
E-mail tutor/es:	msantos@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo principal de este trabajo es investigar el uso de modelos generativos basados en difusión para la detección de anomalías en datos operativos de turbinas eólicas. En particular, se pretende analizar la capacidad de estos modelos para aprender la distribución subyacente de datos correspondientes a condiciones de funcionamiento normal y, a partir de ella, identificar desviaciones significativas asociadas a fallos o comportamientos anómalos. Asimismo, se busca comparar el rendimiento de los modelos de difusión con otros enfoques clásicos y modernos de detección de anomalías, evaluando métricas como la precisión, la sensibilidad y la robustez frente a ruido en los datos.

De forma complementaria, el trabajo explorará la interpretabilidad de los resultados obtenidos, así como la viabilidad de aplicar estos modelos en entornos reales de monitorización predictiva. Se prestará especial atención a la naturaleza física de las variables involucradas (vibraciones, temperatura, velocidad del viento, etc.), con el fin de conectar los resultados del modelo con fenómenos físicos relevantes en el funcionamiento de turbinas eólicas.

Metodología:

La metodología contempla una fase inicial de tratamiento de datos pero dos líneas de desarrollo diferenciadas: (i) un enfoque centrado en el diseño e implementación de modelos de difusión para la detección de anomalías en series temporales multivariantes, incluyendo la adaptación de arquitecturas y la evaluación cuantitativa frente a métodos de referencia; y (ii) un enfoque orientado al análisis físico e interpretabilidad de los resultados que, partiendo de modelos generativos predefinidos, estudiará las reconstrucciones y residuos para identificar anomalías y relacionarlas con fenómenos físicos relevantes apoyándose en técnicas de visualización.

Bibliografía:

Liu, J., Ma, Z., Wang, Z., Zou, C., Ren, J., Wang, Z., ... & Leung, V. (2025). A survey on diffusion models for anomaly detection. arXiv preprint arXiv:2501.11430. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.11430>
Liu, Y., Liu, J., Li, C., Xi, R., Li, W., Cao, L., ... & Zhou, W. (2025). Anomaly detection and generation with diffusion models: A survey. arXiv preprint arXiv:2506.09368.



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Control Individual de Paso mediante Transformada de Ejes Multi-pala
Title:	Individual Pitch Control of Wind Turbines based on Multi-Blade Coordinate (Coleman) Transformation
Tutor/es:	Lía García Pérez y Matilde Santos Peñas
E-mail tutor/es:	liagar05@ucm.es, msantos@ucm.es
Número de plazas:	1
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

En los grandes aerogeneradores modernos, el gradiente vertical del viento y las turbulencias provocan cargas asimétricas sobre el rotor que reducen la vida útil de los componentes mecánicos. Mientras que el control convencional varía el ángulo de todas las palas por igual (Collective Pitch Control), el Individual Pitch Control (IPC) permite ajustar cada pala de forma independiente según su posición azimutal. Este proyecto se centra en el estudio matemático y la simulación de la Transformada de Coleman para desacoplar las dinámicas del rotor y reducir los esfuerzos estructurales.

Los objetivos del trabajo son:

1. Estudio teórico de la Transformada de Ejes Multi-pala (MBC o Transformada de Coleman) para convertir un sistema de referencia rotatorio (palas) en un sistema de referencia fijo (buje).
2. Modelado físico-matemático simplificado en MATLAB de un rotor de tres palas sujeto a un perfil de viento variable (wind shear).
3. Diseño e implementación de controladores (tipo PID o espacio de estados) en coordenadas no rotatorias para mitigar los momentos de flexión de frecuencia $1p$ (una vez por revolución).
4. Evaluación de resultados mediante la comparación de la fatiga estructural y la estabilidad del sistema frente al control colectivo tradicional.

Metodología:

El trabajo será eminentemente teórico-numérico y se desarrollará íntegramente en el entorno MATLAB:

Fase 1: Revisión bibliográfica sobre la aerodinámica básica del rotor y la cinemática de las palas.

Fase 2: Derivación analítica de las ecuaciones de transformación de Coleman y su inversa.

Fase 3: Programación de un simulador dinámico de baja fidelidad que represente las fuerzas de sustentación variables según el ángulo azimutal.

Fase 4: Diseño del bucle de control en el dominio de la frecuencia y realización de simulaciones temporales para verificar la atenuación de cargas.

Bibliografía:

[1] Burton, T., et al. (2011). Wind Energy Handbook. Wiley.

[2] Bossanyi, E. A. (2003). Individual Pitch Control. Wind Energy, 6(2), 119-128.

[3] Johnson, K. E. (2004). Adaptive Torque Control of Variable Speed Wind Turbines. NREL Technical Report.

[4] Schmitz, S. (2019). Aerodynamics of wind turbines : a physical basis for analysis and design. Wiley, 2019



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Diseño y simulación de circuitos neuromórficos para IA con memristores
Title:	Design and simulation of neuromorphic circuits for AI with memristors
Tutor/es:	Guillermo Botella Juan
E-mail tutor/es:	gbotella@ucm.es
Número de plazas:	1 <input type="text" value="1"/>
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El memristor es un dispositivo electrónico no lineal cuya resistencia instantánea depende de la historia de la corriente o carga eléctrica que ha atravesado el sistema, así como de su polaridad. Esta dependencia histórica confiere al dispositivo una capacidad de memoria intrínseca, conocida como no volatilidad, ya que el estado resistivo se conserva incluso en ausencia de alimentación externa. Desde el punto de vista físico, esta propiedad lo convierte en un candidato idóneo para la implementación de sistemas de computación analógica y arquitecturas inspiradas en el funcionamiento neuronal.

En el ámbito de la inteligencia artificial, y en particular en el desarrollo de redes neuronales convolucionales (CNNs), el uso de memristores como elementos de computación y almacenamiento permite superar algunas de las limitaciones de la computación digital tradicional basada en la arquitectura de von Neumann. Entre sus principales ventajas destacan la reducción del consumo energético (debido a la co-localización de memoria y procesamiento), una mayor densidad de integración, la posibilidad de realizar operaciones en paralelo de forma eficiente, y la capacidad de implementar aprendizaje en hardware (in-memory computing). Además, el comportamiento dinámico del memristor presenta analogías con las sinapsis biológicas, lo que facilita el desarrollo de sistemas neuromórficos más realistas y escalables.

En este Trabajo de Fin de Grado se explorarán estas propiedades mediante la implementación de pruebas de concepto orientadas a la computación analógica aplicada a redes neuronales, con especial énfasis en CNNs. El objetivo es evaluar el potencial de este tipo de dispositivos en tareas de procesamiento y aprendizaje, utilizando para ello distintas aproximaciones experimentales, que podrán incluir el uso de plataformas hardware, simuladores de circuitos analógicos y herramientas de programación como Python.

Metodología:

- 1- Se realizará una revisión bibliográfica de modelos de memristores y de redes neuronales.
- 2- Se caracterizarán memristores reales comerciales.
- 3- Diseño y simulación de una red neuronal basada en memristores y de la circuitería auxiliar.
- 4- Estudio de la influencia de la variabilidad de los dispositivos sobre las prestaciones finales del circuito.
- 5- Prueba de conceptos de la implementación de varias CNNs con estímulos y datasets validados por la comunidad científica.

Nota: dependiendo del interés del alumno/a se podrá estudiar también memristores cuánticos para IA.

Bibliografía:

H. Jin et al., "ReHy: A ReRAM-Based Digital/Analog Hybrid PIM Architecture for Accelerating CNN Training," in IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 33, no. 11, pp. 2872-2884, 1 Nov. 2022, doi: 10.1109/TPDS.2021.3138087.

Anteneh Gebregiorgis et al. 2022. A Survey on Memory-centric Computer Architectures. J. Emerg. Technol. Comput. Syst. 18, 4, Article 79 (October 2022), 50 pages. <https://doi.org/10.1145/3544974>

Hu, X. et al. (2022). Quantized and adaptive memristor based CNN (QA-mCNN) for image processing. Science China Information Sciences, 65(1), 119104.

<https://knowm.org/memristors/> .

arXiv:2306.11678 "Design and simulation of memristor based Neural Networks" UCM-UGR 2023



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2026-27



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Análisis de misión y control de constelaciones satelitales
Title:	Mission analysis and control of satellite constellations
Tutor/es:	Segundo Esteban San Román
E-mail tutor/es:	sesteban@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Los satélites meteorológicos geoestacionarios, situados aproximadamente a 36 000 km de altura, permiten una monitorización continua pero presentan limitaciones en resolución espacial y precisión. Otra alternativa consiste en utilizar satélites en órbitas bajas (LEO), entre 300 y 1000 km de altitud, que permiten obtener medidas con mayor resolución. Sin embargo, estos satélites no permanecen estacionarios respecto a una región concreta de la Tierra, sino que la sobrevuelan periódicamente, lo que introduce limitaciones en el tiempo de revisita de las zonas de interés y dificultan mucho el apuntamiento hacia los cuerpos atmosféricos a estudiar.

Un objetivo principal es estudiar el diseño y mantenimiento de una constelación de satélites en órbita baja para monitorizar fenómenos convectivos en España, garantizando cobertura y tiempos de revisita adecuados.

Otro objetivo principal es determinar los requisitos del sistema de control actitud, para que sea capaz de realizar apuntamiento ágiles que permitan monitorizar estructuras atmosféricas dinámicas.

Metodología:

El trabajo se desarrollará mediante una combinación de revisión bibliográfica, modelado físico y simulación computacional. En una primera fase se realizará una revisión del estado del arte, analizando misiones espaciales. Posteriormente se desarrollarán modelos físicos y matemáticos que describan la dinámica orbital y de actitud de los satélites. A continuación, estos modelos se simularán utilizando Python o Matlab. Finalmente se realizará un análisis comparativo de los resultados obtenidos, evaluando diferentes configuraciones de constelaciones y estrategias de apuntamiento. El tutor orientará al alumno hacia una de las problemáticas, dinámica orbital o control de apuntamiento, en función del perfil e interés académico del estudiante.

Bibliografía:

Wertz, J. R., Everett, D., & Puschell, J. (2011). *Space Mission Engineering: The New SMAD*. Microcosm Press.

Vallado, D. A. (2013). *Fundamentals of Astrodynamics and Applications*. Microcosm Press.

Curtis, H. (2020). *Orbital Mechanics for Engineering Students*. Butterworth-Heinemann.

Herramientas de programación como Matlab y Python y librerías que modelan la dinámica orbital.