



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Estudio del fenómeno de sincronización a través del modelo de Kuramoto

**Descripción general** (resumen y metodología):

### Resumen:

La sincronización en grandes poblaciones con individuos que interacciones entre sí es uno de los fenómenos más importantes y estudiados en física. Ejemplos de sincronización abundan en la naturaleza y se pueden encontrar en una gran variedad de sistemas como luciérnagas, neuronas, ritmos circadianos, algunos ciclos hormonales, metrónomos o incluso en los aplausos tras un buen espectáculo. Se trata por tanto de un fenómeno colectivo de un equipo de individuos que se comunican de alguna manera entre sí. ¿Pero cuáles son los requisitos mínimos para que se dé un fenómeno de sincronización entre diferentes entes individuales? En este trabajo se abordará esta pregunta y otras muchas partir del estudio de un modelo matemático conocido como el modelo de Kuramoto, propuesto por el físico japonés Yoshiki Kuramoto en 1984, en el que cada miembro de la población se trata como un oscilador acoplado a los demás.

### Metodología:

Para abordar el estudio que aquí se propone, se hará uso principalmente de simulaciones por ordenador. Estas se realizarán a partir de los métodos Monte Carlo aplicados al modelo de Kuramoto. A nivel analítico, se comenzará suponiendo que la constante de acoplamiento es igual para todos los osciladores (acoplamiento de campo medio). A su vez se hará uso de ecuaciones en derivadas parciales para estudiar la evolución temporal de la densidad de osciladores. También se aplicarán ecuaciones diferenciales estocásticas para abordar el problema al introducir fuerzas de ruido blanco.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

### Objetivos planteados:

- Estudio de la sincronización para acoplamiento de campo medio. Estabilidad de las soluciones, límite de tamaño infinito y efectos de tamaño finito
- Modelo de campo medio incluyendo fuerzas de ruido blanco. Diagrama de fases.
- Variaciones del modelo de Kuramoto: Modelos de corto alcance, introducción de desorden y de campos externos.
- Simulación numérica del modelo de Kuramoto.

### Bibliografía básica:

- 1) Y. Kuramoto, Chemical Oscillations, Waves and Turbulence Springer, New York (1984).
- 2) S. H. Strogatz, and R. E. Mirollo, Stability of incoherence in a population of coupled oscillators, J. Stat. Phys. 63, 613 (1991).
- 3) M. E. J. Newman and G. T. Barkema, Monte Carlo Methods in Statistical Physics, Clarendon Press, (1999).
- 4) L. L. Bonilla, J. C. Neu, and R. Spigler, Nonlinear stability of incoherence and collective synchronization in a population of coupled oscillators, J. Stat. Phys. 67, 313 (1992).

5) J. A. Acebrón, and R. Spigler, Adaptive frequency model for phase-frequency synchronization in large populations of globally coupled nonlinear oscillators, Phys. Rev. Lett. 81, 2229 (1998).

6) J. A. Acebrón, L. L. Bonilla, C. J. P. Vicente, F. Ritort and R. Spigler, The Kuramoto model: A simple paradigm for synchronization phenomena, Rev. Mod. Phys. 77, 1 (2005)

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** CARLOS PÉREZ ESPIGARES

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

**Correo electrónico:** carlosperez@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Ámbito de conocimiento/Departamento:**

**Correo electrónico:**

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** PABLO ANTONIO LOPEZ VILCHEZ

**Correo electrónico:** pablolovi@correo.ugr.es