

Modelos predictivos de transporte en plasmas de stellarators calentados mediante microondas

El confinamiento de plasmas de deuterio y tritio por campos magnéticos constituye una estrategia prometedora para la generación de energía mediante reacciones de fusión nuclear. El concepto más avanzado para futuros reactores basados en fusión por confinamiento magnético es el tokamak, pero el stellarator es una alternativa con una ventaja fundamental: mientras que una parte importante del campo magnético del tokamak se produce mediante una corriente eléctrica en el plasma, el campo magnético del stellarator se crea únicamente mediante bobinas externas, lo que hace que su operación estacionaria sea más fácil y evita ciertas inestabilidades. Sin embargo, generar el campo magnético mediante bobinas externas hace que la configuración magnética sea tridimensional (no como el tokamak, que tiene simetría axial). Esto hace que sean necesarias dos teorías complementarias para describir el transporte de partículas, energía y momento en stellarators: la teoría neoclásica y la teoría girocinética. La primera describe el transporte causado por las inhomogeneidades del campo magnético y las colisiones; la segunda da cuenta del flujo causado por las fluctuaciones turbulentas en el plasma.

El objetivo de este proyecto es avanzar en la comprensión del transporte neoclásico y turbulento en plasmas de stellarators. Para ello, en la Unidad de Teoría del Laboratorio Nacional de Fusión se trabaja en el desarrollo de la teoría necesaria y su implementación en códigos numéricos. En particular, el código KNOSOS [1] (Kinetic Orbit-averaging SOLver for Stellarators) permite calcular de forma rápida y precisa el transporte neoclásico de stellarators optimizados en plasmas de baja colisionalidad. Nuestros planes futuros incluyen:

- Desarrollar el código KNOSOS para incrementar su rango de aplicabilidad.
- Para una selección de experimentos [2], calcular la contribución de los procesos neoclásicos al transporte de energía. La diferencia entre el flujo neoclásico de energía y el total del experimento provendrá de fenómenos turbulentos, y se podrá estudiar su relevancia.
- A largo plazo, crear un código de transporte predictivo basado en KNOSOS, que permita determinar el perfil de temperatura del plasma en función de la configuración magnética y los detalles del calentamiento mediante interacción onda-partícula.

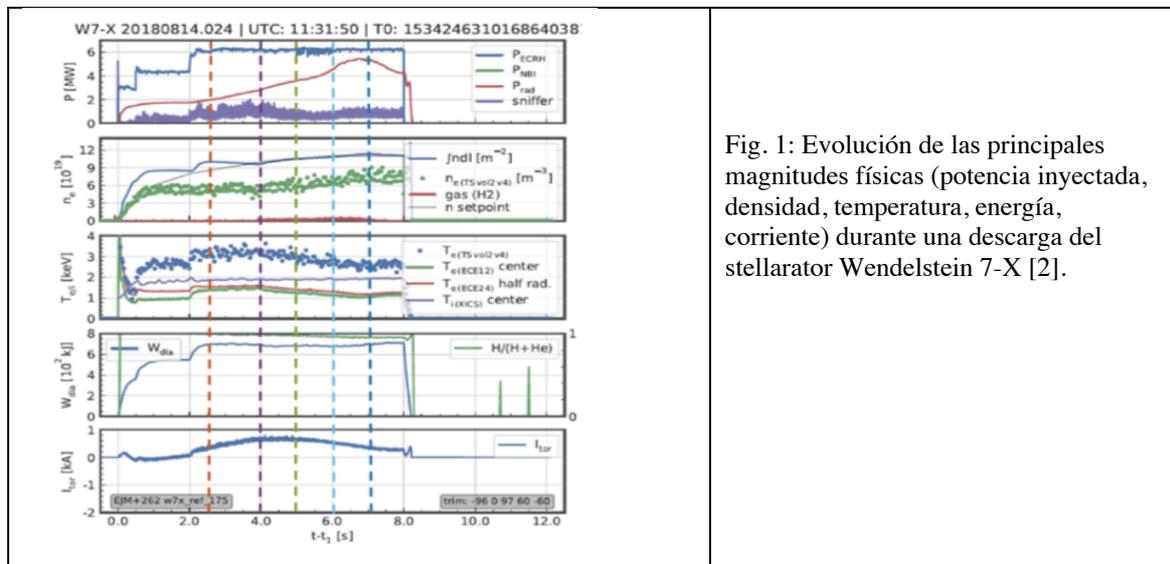


Fig. 1: Evolución de las principales magnitudes físicas (potencia inyectada, densidad, temperatura, energía, corriente) durante una descarga del stellarator Wendelstein 7-X [2].

[1] J. L. Velasco, I. Calvo, F.I. Parra, J. M. García-Regaña. KNOSOS: a fast orbit-averaging neoclassical code for stellarator geometry, aceptado para su publicación en Journal of Computational Physics. <https://arxiv.org/abs/1908.11615>

[2] D. Carralero, T. Estrada, T. Windisch, J. L. Velasco, J. A. Alonso, M. Beurskens, S. Bozhenkov, H. Damm, G. Fuchert, Y. Gao, M. Jakubowski, H. Nieman, N. Pablant, E. Pasch, G. Weir, and the Wendelstein 7-X team. Characterization of the radial electric field and edge velocity shear in Wendelstein 7-X, Nucl. Fusion (2020) en prensa <https://arxiv.org/abs/2005.07226>