



# ESTUDIO NUMÉRICO DEL ACOPLAMIENTO ENTRE UN SISTEMA SINGULAR Y UN SISTEMA CUASI-SINGULAR

Gabriel Arroyo Correa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. garroyo@umich.mx

El sistema de Dixon (SD) es un modelo bidimensional simplificado para describir la dinámica del campo magnético de una estrella de neutrones<sup>1</sup>. Este sistema presenta una singularidad en el origen, por lo que no cumple con las condiciones del teorema de Poincaré-Bendixon<sup>2</sup>. Como consecuencia el sistema presenta sensibilidad a las condiciones iniciales y exhibe trayectorias atrayentes hacia la singularidad, mostrando lo que Dixon llamó “Caos de Singularidad (CS)”. En un trabajo anterior, se analizó la dinámica de un modelo basado en una generalización del sistema de Dixon (SDX) para remover su singularidad<sup>3</sup>, por lo que el comportamiento CS no se presenta. En este trabajo se hace un estudio numérico del acoplamiento entre los sistemas SD y SDX, en configuración unidireccional. La metodología consiste en resolver numéricamente las ecuaciones que describen la dinámica del sistema acoplado SD-SDX. Se analizan dos casos: a) caso 1: SD (maestro)-SDX (esclavo), y b) caso 2: SDX (maestro)-SD (esclavo). La dinámica se analiza en los espacios fase de SD y de SDX. Sobre estos espacios de fase se calculan las entropías de Shannon, basada en el concepto de entropía introducida por Shannon en sus estudios de la teoría de la comunicación<sup>4</sup>, en función del parámetro de acoplamiento y de la configuración de conexión entre los sistemas. También se utiliza el método de descomposición empírica de modos (EMD, por sus siglas en inglés), introducido por Huang y colaboradores<sup>5</sup> para analizar señales temporales altamente irregulares en términos de una superposición de funciones de media cero, llamadas funciones de modo implícito (IMF, por sus siglas en inglés). La descomposición EMD se aplicó para analizar las señales IMF de los canales de acoplamiento del sistema en los casos 1 y 2. Los resultados numéricos de este trabajo presentan las variaciones entrópicas y las diferencias de las señales IMF en función del parámetro de acoplamiento y del estado de conexión entre los sistemas analizados. Los resultados obtenidos llevan a concluir lo siguiente: i) El estudio entrópico muestra que el caso 1 exhibe una mayor variación en la entropía comparada con el caso 2, al variar el parámetro de acoplamiento; ii) el análisis de descomposición EMD muestra que el caso 2 es acompañado por funciones IMF dominantes de periodos cortos en una proporción mayor que las que presenta el caso 1, en donde aparecen IMF de periodos largos. 1. J. C. Sprott. “Low-dimensional Systems”, in *Elegant chaos: Algebraically simple chaotic flows* (Singapore, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014), Chapter 5, pp. 109-111. 2. S. H. Strogatz, “Phase Plane”, in *Nonlinear Dynamics and Chaos* (Perseus Books Publishing, LLC, 2000), Chapter 6, pp. 148-150. 3. G. Arroyo Correa. 11<sup>o</sup> Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, Morelia, Mich. (Consejo Estatal de Ciencia Tecnología e Innovación, 2016). 4. C. E. Shannon, *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, 1948, pp. 379-423, 623-656. 5. N. E. Huang, et al., *Proc. R. Soc. A*, Vol. 454, 1998, pp. 903-995. Agradecimiento: CIC-UMSNH, Programa de Investigación 2023.