**PROGRAMA DE CURSO**

**INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA NO LINEAL**

**A. Antecedentes generales del curso:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Departamento | Mecánica (DIMEC) | | | | | | |
| Nombre del curso | Introducción a la dinámica no lineal | | Código | ME6020 | Créditos | 6 | |
| Nombre del curso en inglés | *Introduction to nonlinear dynamics* | | | | | | |
| Horas semanales | Docencia | 3 | Auxiliares | 0 | Trabajo personal | | 7 |
| Carácter del curso | Obligatorio |  | | Electivo | X | | |
| Requisitos | MA3701: Optimización/IN3701: Modelamiento y optimización/IN3171: Modelamiento y Optimización  Requisitos de contenido: Cálculo diferencial e integral de funciones de una y varias variables | | | | | | |

**B. Propósito del curso:**

|  |
| --- |
| El curso tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen fundamentos matemáticos, herramientas computacionales y de ciencia de datos para el análisis y modelamiento de sistemas dinámicos no lineales en aplicaciones de ciencia e ingeniería. Asimismo, propone soluciones a problemas de identificación de sistemas dinámicos a partir de datos implementando computacionalmente técnicas de reducción de dimensionalidad y regresión.  El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):  CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.  CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizada para ello.  CG1: Comunicación profesional y académica  Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.  CG2: Comunicación en inglés  Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.  CG4: Trabajo en equipo  Ejecutar con su equipo, de forma estratégica, diversas actividades formativas propuestas, considerando la autogestión de sí mismo y la relación con el otro, asumiendo diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos y objetivos, sin discriminar por género u otra razón.  CG6: Innovación  Concebir ideas viables y novedosas para resolver problemas o necesidades, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural, económico y los beneficios para el usuario. |

**C. Resultados de aprendizaje:**

|  |  |
| --- | --- |
| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje |
| CE1, CE2 | RA1: Utiliza fundamentos de la teoría de sistemas dinámicos, considerando conceptos de espacio de fase, atractores, y estabilidad lineal, para describir el comportamiento asintótico de sistemas en ciencia e ingeniería que involucran fenómenos de evolución temporal. |
| RA2: Aplica herramientas computacionales de código abierto para caracterizar sistemas dinámicos en ciencia e ingeniería, incluyendo integración de trayectorias, cálculo de atractores, y análisis de estabilidad lineal. |
| RA3: Relaciona un amplio rango de fenómenos de dinámica no lineal con comportamientos de sistemas en ciencia e ingeniería, para modelarlos considerando teoría de bifurcaciones y formas normales de campos vectoriales. |
| RA4: Soluciona problemas de identificación de sistemas dinámicos a partir de datos, para modelar sistemas en ciencia e ingeniería, implementando computacionalmente técnicas de reducción de dimensionalidad y regresión. |
| Competencias genéricas | Resultados de aprendizaje |
| CG1 | RA5: Elabora una presentación oral breve sobre el modelamiento de un sistema dinámico ciencia o ingeniería, demostrando un conocimiento informado del problema abordado, las metodologías usadas y un análisis de resultados que explica con claridad y precisión disciplinar. |
| CG2 | RA6: Lee en inglés artículos científicos sobre sistemas dinámicos, incluyendo literatura sobre caos, reducción de dimensionalidad o identificación de sistemas, con el fin de extraer y sintetizar información sobre investigaciones del estado del arte, que reformula con sus propias palabras. |
| CG4 | RA7: Trabaja en la ejecución de un proyecto donde propone soluciones a un problema de dinámica no lineal aplicada y en la exposición oral de los resultados del proyecto, considerando la definición de objetivos y plazos comunes, así como el intercambiar ideas para consensuar decisiones sobre cada tarea. |

**D. Unidades temáticas:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
| 1 | RA1 | Importancia de la dinámica no lineal en aplicaciones de ciencia e ingeniería | 1 semana |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| * 1. Interés y relevancia de la dinámica no lineal para la ciencia e ingeniería.   2. Breve historia de la teoría de sistemas dinámicos. | | El/ la estudiante:   1. Analiza la importancia de los sistemas dinámicos y su aplicabilidad en ciencias e ingeniería. | |
| Bibliografía de la unidad | | [1,2,3] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
| 2 | RA1, RA2, RA3 | Sistemas dinámicos unidimensionales | 3 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| * 1. Puntos de equilibrio y estabilidad.   2. Bifurcaciones elementales.   3. Osciladores unidimensionales. | | El/la estudiante:   1. Usa métodos gráficos y analíticos para representar cualitativa y cuantitativamente la estabilidad de equilibrios y sus bifurcaciones en sistemas dinámicos unidimensionales. 2. Implementa herramientas computacionales para el cálculo de puntos de equilibrio, su estabilidad y bifurcaciones en sistemas dinámicos unidimensionales en ejemplos de ciencia e ingeniería. 3. Reconoce y modela fenómenos no lineales en sistemas de ciencia e ingeniería cuyo comportamiento puede ser descrito por sistemas dinámicos unidimensionales, basándose en formas normales. | |
| **Bibliografía de la unidad** | | [1,4] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
| 3 | RA1, RA2, RA3 | Sistemas dinámicos de dos y más dimensiones | 4 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| * 1. Sistemas lineales.   2. Espacio de fase.   3. Ciclos límite.   4. Bifurcaciones en dos y más dimensiones | | El/la estudiante:   1. Usa métodos gráficos y analíticos para representar cualitativa y cuantitativamente la estabilidad de equilibrios y sus bifurcaciones en sistemas dinámicos de dos y más dimensiones. 2. Implementa herramientas computacionales para el cálculo de puntos de equilibrio, su estabilidad y bifurcaciones en sistemas dinámicos de dos y más dimensiones en ejemplos de ciencia e ingeniería. 3. Distingue y modela fenómenos no lineales en sistemas de ciencia e ingeniería cuyo comportamiento puede ser descrito por sistemas dinámicos de dos y más dimensiones, basándose en formas normales. | |
| Bibliografía de la unidad | | [1,4] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
| 4 | RA2, RA3, RA6 | Introducción a la teoría del caos | 2 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| * 1. Sistema de Lorenz.   2. Mapas unidimensionales.   3. Atractores extraños | | El/la estudiante:   1. Aplica herramientas computacionales para caracterizar mapas unidimensionales y atractores extraños de sistemas dinámicos caóticos. 2. Analiza el comportamiento de sistemas dinámicos caóticos en aplicaciones de ciencias e ingeniería, a partir de su evolución temporal. 3. Elabora y comunica una síntesis sobre las principales ideas recogidas de un artículo científico en inglés, donde se explican fenómenos asociados a sistemas dinámicos caóticos. | |
| Bibliografía de la unidad | | [1,4] | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número | RA al que tributa | Nombre de la unidad | Duración en semanas |
| 5 | RA4, RA5, RA6, RA7 | Sistemas dinámicos basados en datos | 5 semanas |
| Contenidos | | Indicador de logro | |
| * 1. Conceptos de álgebra lineal aplicados a sistemas dinámicos: cuatro subespacios fundamentales y descomposición en valores singulares.   2. Reducción de dimensionalidad: descomposición ortogonal propia y descomposición en modos dinámicos.   3. Identificación de sistemas: regresión, regresión sparse y selección de modelos. | | El/la estudiante:   1. Implementa computacionalmente técnicas de reducción de dimensionalidad e identificación de sistemas para el modelamiento de sistemas dinámicos basado en datos. 2. Trabaja en equipo para proponer soluciones a un problema de modelamiento basado en datos de un sistema dinámico en una aplicación de ciencia o ingeniería. 3. Extrae y sintetiza información con la cual fundamentar teóricamente aspectos formales de su proyecto, a partir de la lectura de artículos científicos en inglés. 4. Expone la propuesta de solución, presentando, con claridad y precisión, la metodología usada, el análisis y resultados, alcances y limitaciones, entre otros. | |
| **Bibliografía de la unidad** | | [2,3,5] | |

**E. Estrategias de enseñanza-aprendizaje:**

|  |
| --- |
| El curso considera las siguientes estrategias:   * Clases expositivas * Resolución de problemas * Proyecto final. |

**F. Estrategias de evaluación:**

|  |
| --- |
| *La evaluación del curso se hará de acuerdo al siguiente criterio:*   * Tareas. * Proyecto final con su respectiva presentación de resultados.   *Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.* |

**G. Recursos bibliográficos:**

|  |
| --- |
| **Bibliografía obligatoria:**   1. S. H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. Westview Press, 2015. 2. S. L. Brunton and J. N. Kutz, *Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control.* Cambridge University Press, 2019.   **Bibliografia complementaria:**   1. J. N. Kutz, S. L. Brunton, B. W. Brunton, and J. L. Proctor, *Dynamic Mode Decomposition: Data-Driven Modeling of Complex Systems.* SIAM, 2016. 2. J. Guckenheimer and P. Holmes, *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. Springer New York, 2002. 3. P. Holmes, J. L. Lumley, G. Berkooz, and C. W. Rowley, *Turbulence, Coherent Structures, Dynamical Systems and Symmetry*. Cambridge University Press, 2012. |

**H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:**

|  |  |
| --- | --- |
| Vigencia desde: | Otoño, 2021 |
| Elaborado por: | Benjamin Herrmann |
| Validado por: | Validación académico par: Álvaro Valencia  Validación CTD de Mecánica |
| Revisado por: | Área de Gestión Curricular |