

## PROGRAMA DE CURSO INTRODUCCIÓN A LA TURBULENCIA

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Mecánica (DIMEC)				
Nombre del curso	Introducción a la turbulencia	Código	ME6010	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Introduction to turbulence</i>				
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal 5,5
Carácter del curso	Obligatorio		Elec- tivo		X
Requisitos	ME4140: Transferencia de calor/ME4302: Transferencia de calor				

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes comprendan e utilicen los conceptos básicos del fenómeno de turbulencia y puedan seleccionar modelos de turbulencia en aplicaciones de diversas áreas, incluyendo problemas de Ingeniería Mecánica.

El aprendizaje será acompañado por lecturas y tareas que irán aplicando los conceptos de turbulencia en ejercicios de análisis numérico a realizar en python o Matlab, y un proyecto grupal en el que se intentará replicar un análisis de una publicación científica de interés para los estudiantes.

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 utilizadas para ello.

CG1: Comunicación académica y profesional

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**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Maneja conceptos y principios básicos de los flujos turbulentos, considerando los fenómenos físicos asociados, para aplicarlos en simulaciones u observaciones de problemas en ingeniería mecánica.
CE2	RA2: Selecciona y utiliza modelos de turbulencia, interpretando resultados de simulaciones u observaciones fluidodinámicas, para resolver problemas reales de ingeniería mecánica.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA3: Comunica, de forma clara y concisa, los resultados de un proyecto, reportando, en una exposición y en un informe con formato de artículo científico, los antecedentes recopilados, objetivos, métodos, resultados y el análisis obtenido.
CG2	RA4: Extrae y procesa información proveniente de la lectura de múltiples fuentes (artículos, videos, textos) para fundamentar con antecedentes teóricos la propuesta de proyecto e incorporar nuevos conceptos y aprendizajes sobre procesos de turbulencia.
CG4	RA5: Trabaja en la ejecución de un proyecto, con su correspondiente informe y exposición, considerando plazos, organización, colaboración y compromiso entre las personas del equipo para cumplir con la actividad común propuesta .

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA4, RA5	Teoría clásica de turbulencia	7 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Características esenciales de los flujos turbulentos. 1.2. Ecuaciones de mecánica de fluidos: Navier-Stokes y vorticidad. 1.3. Descomposición de Reynolds. Problema de clausura y esfuerzos de Reynolds. 1.4. Caos, transiciones y el uso de métodos estadísticos. 1.5. Energía cinética turbulenta. 1.6. Transferencia de energía turbulenta. 1.7. Efecto de la pared en flujos turbulentos. Estructuras coherentes. 1.8. Flujos canónicos: canal, jets, estelas, capa límite. 1.9. Escalas de tiempo y longitud, cascadas de energía. Análisis espectral. 1.10. Turbulencia isotrópica. Dinámica de diferentes escalas, energía espectral, leyes logarítmicas.		El/la estudiante: 1. Analiza aspectos esenciales de la turbulencia, considerando conceptos de mecánica de fluidos. 2. Utiliza la descomposición de Reynolds para plantear el “problema de clausura”, determinando por qué es necesario modelar la turbulencia. 3. Resuelve la ecuación de energía cinética turbulenta y la utiliza para interpretar la transferencia de energía turbulenta. 4. Utiliza conceptos clásicos de turbulencia para estudiar flujos canónicos y turbulencia isotrópica. 5. Utiliza los conceptos de caos, métodos estadísticos, y análisis espectral para analizar problemas de turbulencia en el contexto de la ingeniería mecánica. 6. Define con su equipo de trabajo qué problema de ingeniería mecánica abordará respecto de un proceso de turbulencia, estableciendo acuerdos y tareas a realizar.	
Bibliografía de la unidad		[1 y 2]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Modelos de turbulencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Viscosidad de Eddy. 2.2. Modelos RANS: Spalart, k-epsilon, k-omega. 2.3. LES y DNS.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica las diferencias entre diferentes modelos de turbulencia, considerando el por qué conviene un modelo sobre otro al considerar el tipo de problema a resolver y los recursos disponibles.</li> <li>2. Recopila antecedentes teóricos, a partir de la lectura de diversos textos, sintetizando información aplicable a su propuesta de proyecto.</li> <li>3. Determina, en el contexto del trabajo en equipo, las diferencias entre resultados de diferentes modelos de turbulencia y observaciones aplicadas al problema escogido.</li> <li>4. Elabora una presentación de avance sobre el tema a resolver, exponiendo con claridad los antecedentes recopilados, los objetivos de la propuesta, la metodología con que trabajará y los posibles hallazgos.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[ 1 y 2 ]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA4, RA5	Flujos turbulentos no canónicos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Efectos en flujos planetarios: rotación, estratificación y campos magnéticos. 3.2. Ejemplos de flujos no canónicos: <ol style="list-style-type: none"> <li>3.2.1. Estelas turbulentas en flujo estratificado.</li> <li>3.2.2. Capa límite atmosférica y nubes estratiformes.</li> <li>3.2.3. Plantas eólicas.</li> </ol>		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compara flujos realistas con flujos canónicos tradicionalmente estudiados en la teoría clásica de turbulencia, estableciendo diferencias y semejanzas.</li> <li>2. Comprende qué puede ocurrir si el fenómeno de flujos realistas con flujos canónicos se representa en un contexto de aplicación más complejo.</li> <li>3. Utiliza conceptos de la teoría clásica de turbulencia para analizar flujos no canónicos.</li> <li>4. Trabaja en equipo de manera colaborativa, recopilando información sobre los procesos físicos del problema a trabajar y reportando los acuerdos y procedimientos ejecutados.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[ 1 y 2 ]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Nuevos métodos en turbulencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Turbulencia y big data. 4.2. Técnicas de tratamiento de imágenes para detección y seguimiento de estructuras coherentes. 4.3. Técnicas de descomposición: PCA, POD. 4.4. Machine learning: SVM, redes neuronales.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Determina la utilidad de usar métodos de big data, machine learning y tratamiento de imágenes con los que se trabaja en la actualidad para estudiar turbulencia.</li> <li>Reporta los resultados finales del proyecto grupal, exponiendo de manera clara y precisa a una audiencia.</li> <li>Elabora un informe conciso en formato de artículo científico, considerando métodos seleccionados, el plantear argumentos claros del por qué de esta elección, la descripción del análisis y los resultados obtenidos.</li> <li>Expone los resultados de su trabajo en conjunto con su equipo, evidenciando en su presentación un conocimiento global del tema y coordinación al momento de exponer.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		[ 1 y 2]	

### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera diversas estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas.
- Aprendizaje basado en proyecto: seleccionar una publicación disponible sobre turbulencia para replicar un análisis de dicha publicación, con el fin de poder aplicar los conceptos aprendidos, comprendiendo en profundidad cómo se lleva a cabo dicho análisis.
- Análisis crítico de textos y artículos.

### F. Estrategias de evaluación:

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre la cantidad y tipo de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

Para esta propuesta, el curso considera como parte de las evaluaciones las siguientes instancias:

- Controles.
- Tareas.

- Proyecto final con su respectiva presentación e informe de resultados.

### G. Recursos bibliográficos:

#### Bibliografía obligatoria:

- [1] DAVIDSON, P. A. (2004). Turbulence: an introduction for scientists and engineers. Oxford University Press.  
[2] POPE, S. (2007). Turbulent flows. Cambridge University Press.

#### Bibliografía complementaria:

- [3] TENNEKES, H., LUMLEY, J. (1972). A first course in turbulence. MIT Press.  
[4] JIMÉNEZ, J. (2004). Turbulence and vortex dynamics.

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

Vigencia desde:	Primavera 2021
Elaborado por:	Mónica Zamora Z.
Validado por:	Validación académico par: Álvaro Valencia Validación CTD de Mecánica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular