

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
ME467	DISEÑO DE ROTORES AERODINÁMICOS			
Nombre en Inglés				
AERODYNAMIC ROTOR DESIGN				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
	10	3.0	0	7.0
Requisitos			Carácter del Curso	
Mecánica de fluidos (ME3301)			Curso de Pregrado - Electivo	
Resultados de Aprendizaje				
<p>Al finalizar el curso el alumno demuestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los principales fenómenos y descripción a través de modelos matemáticos usados en aerodinámica de rotores, con especial énfasis en turbinas eólicas de eje horizontal. • Conocimiento general de turbinas eólicas de eje vertical (flujo cruzado), hélices y palas de helicópteros. • Conocimiento, implementación y programación de modelos matemáticos usados hoy en día para análisis de aerodinámica de rotores de eje horizontal. 				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La metodología docente estará basada en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas • Tareas • Lectura de artículos por parte de los alumnos • Proyecto Final • Examen 	<p>La evaluación contempla las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles • Tareas • Examen

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
1	AERODINÁMICA DEL ALA ROTATORIA	3	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Conceptos básicos de aerodinámica de flujo unidireccional.</p> <p>2. Conceptos básicos de aerodinámica y su relación con aerodinámica del ala rotatoria.</p> <p>3. Aplicación en aviones, propulsión, ventiladores y turbinas eólicas.</p> <p>4. Leyes de conservación de energía, momento lineal, angular y su aplicación en aerodinámica de rotores.</p>		El estudiante será capaz de emplear conceptos introductorios al análisis aerodinámico del ala rotatoria.	1, 2, 3 y 4

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
2	AERODINÁMICA DE ROTORES DE EJE HORIZONTAL	4	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Teoría del disco actuador, energía, momento lineal y angular, factores de inducción axial, radial y limitaciones.</p> <p>2. Rotor de helicóptero en vuelo vertical y en estado de "windmill brake". Figura de mérito (figure of merit).</p> <p>3. Óptimo de Betz para turbinas eólicas.</p> <p>4. Dispositivos de arrastre o sustentación.</p>		<p>El estudiante conocerá la aplicación de las leyes de conservación en aplicaciones de rotores aerodinámicos, sus limitaciones y los diferentes regímenes de funcionamiento que se producen.</p> <p>Conocimiento del límite máximo de energía que es posible obtener en una turbina de eje horizontal.</p> <p>Idea general de los dispositivos de arrastre y sustentación para rotores.</p>	1, 2 y 4

<p>5. Selección de perfiles aerodinámicos para aplicación en rotores.</p> <p>6. Características aerodinámicas de perfiles aerodinámicos para aplicaciones en rotores.</p> <p>7. Funcionamiento del control por pérdida de sustentación (Stall) de una turbina de eje horizontal.</p> <p>8. Funcionamiento del control por cambio de ángulo de ataque (Pitch) de una turbina de viento de eje horizontal.</p> <p>9. Diseño de un aspa en términos aerodinámicos generales.</p>	<p>El estudiante conoce las características básicas de selección de un perfil aerodinámico adecuado para rotores.</p> <p>El alumno distinguirá y conocerá la razón de diseño de una turbina de eje horizontal regulada por pérdida de sustentación (Stall) o por cambio de ángulo de ataque (Pitch), ventajas y desventajas.</p>	
---	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	MÉTODOS NUMÉRICOS PARA MODELAMIENTO AERODINÁMICO DE ROTORES DE EJE HORIZONTAL	4
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Método de "Blade Element Momentum Theory"</p> <p>2. Métodos para corrección de la aerodinámica de la punta de la aspa (tip). Correcciones para número finito de aspas y rotores altamente cargados.</p> <p>3. Introducción cualitativa al método de línea de vórtice para simulación de aerodinámica en rotores.</p> <p>4. Importancia cualitativa de la estela de vórtice en rotores.</p>	<p>El estudiante entenderá y será capaz de aplicar la teoría de "Blade Element Momentum Method", en conjunto con sus correcciones para que el modelo sea válido tomando en consideración las puntas del aspa, el número de aspas y el régimen de funcionamiento (carga normal o altamente cargado). El estudiante deberá programar su propio código usando este método y simular una turbina.</p> <p>El estudiante reconoce la herramienta de simulación aerodinámica de rotores por medio de línea de vórtice.</p>	1, 2 y 4

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	INTRODUCCIÓN A AERODINÁMICA DE ROTORES DE EJE VERTICAL	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>1. Introducción a la fenomenología de funcionamiento de turbinas eólicas de eje vertical.</p> <p>2. “Generador de empuje de eje vertical”, funcionamiento y características aerodinámicas.</p> <p>3. Ventajas y desventajas de sistemas de empuje y turbinas eólicas de eje vertical y horizontal.</p> <p>4. Propulsor de Voigth-Schneider</p>	<p>El alumno sabrá distinguir ventajas y desventajas en diseño y operación de turbinas eólicas y propulsión de sistemas de eje vertical y horizontal.</p> <p>El estudiante reconocerá cuando es correcta la implementación de un sistema de eje vertical u horizontal.</p> <p>El alumno conoce la teoría básica de sistemas de propulsión o turbinas de eje vertical.</p>	1 y 3

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	IMPORTANCIA DEL DISEÑO: SELECCIÓN E INTERACCIÓN DE TURBINAS DE EJES HORIZONTAL EN PARQUES EÓLICOS	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>Importancia de la calidad del viento en cargas aerodinámicas sobre aspas. Intensidad de turbulencia. Ejemplos en Chile.</p> <p>Turbinas eólicas de eje vertical en parques eólicos. Importancia de la interacción entre las turbinas y cambio de rendimiento.</p> <p>Problemas actuales de diseño de turbinas eólicas. Desafíos, problemas sin resolver y proyectos actuales.</p>	<p>El alumno tendrá herramientas de análisis que le permita saber el tipo de turbina utilizable para un cierto nivel de calidad de viento desde el punto de vista aerodinámico de diseño.</p> <p>El alumno reconocerá la dificultad del diseño de un parque eólico a través del conocimiento de la problemática de las interacciones entre rotores.</p> <p>El alumno podrá reconocer los problemas actuales de diseño y desafíos de la industria.</p>	1 y 4

Bibliografía General

1. James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers, "Wind Energy Explained: Theory, Design and Application", Wiley, 2010.
2. John D. Anderson, Jr., "Fundamentals of Aerodynamics", McGraw-Hill, 2010.
3. Ion Paraschivoiu, "Wind Turbine Design with Emphasis on Darrieus Concept", Presses internationales Polytechnique, 2002.
4. J. Gordon Leishman, "Principles of Helicopter Aerodynamics", Cambridge University Press, 2002.

Vigencia desde:	Enero 2014
Elaborado por:	Pablo A. Castillo Capponi
Revisado por:	Williams R. Calderón Muñoz