

PROGRAMA DE ESTUDIOS: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	07/2007
Aprobación	
Aplicación	

Clave	M-1-MFR-FAE-02	Semestre	Segundo		
Nivel	Licenciatura	Maestría	X	Doctorado	
Ciclo	Integración	Básico		Superior	X
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	X	C. y H.	

Plan de estudios del que forma parte:	Maestría en Ingeniería Energética
--	-----------------------------------

Propósito(s) general(es):	Que el estudiante conozca los fundamentos básicos de la energía eólica, de la estimación de su potencial, de sus aplicaciones más usuales y de los sistemas para su aprovechamiento. Asimismo, se desea que el estudiante pueda dimensionar y seleccionar un equipo para una aplicación específica que se desee con base en los recursos económicos con que se cuente.
----------------------------------	--

Carácter		Modalidad				Horas de estudio semestral (16 semanas)					
Indispensable	X	Seminario		Taller		Con Docente	Teóricas	36	Autónomas	Teóricas	36
		Curso		Curso-taller	X		Prácticas	12		Prácticas	12
Optativa *	X	Laboratorio		Clínica		Carga horaria semanal:		3	Carga horaria semestral:		48

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Economía de la Energía, Ingeniería Termodinámica y Fundamentos de Ingeniería Eléctrica	Indispensable para la orientación de Sistemas Eólicos y Optativa para la orientación de Eficiencia Energética.

Requerimientos para cursar la asignatura	Conocimientos: Termodinámica Habilidades: Capacidad de abstracción para interpretar el comportamiento de datos, manejo de hojas de cálculo electrónicas y manejo básico de PC.
---	---

Perfil deseable del profesor:	Maestría o Doctorado en Ingeniería con conocimientos de termodinámica y máquinas térmicas.
--------------------------------------	--

Academia responsable del programa: Programa de Energía	Diseñador (es): Dr. Eduardo A. Rincón Mejía.
--	--

**Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.*

PROGRAMA DE ESTUDIOS

FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

INTRODUCCIÓN

El recurso energético eólico de México es inmenso, tan sólo en el estado de Oaxaca se ha estimado, de manera conservadora, un potencial aprovechable para producir electricidad igual a la capacidad total instalada en todas las plantas de generación eléctrica que hay actualmente en nuestro país.

La energía del viento es una forma de energía renovable cuyo aprovechamiento en sistemas de generación eléctrica, de bombeo, o con algún otro fin, carece de emisiones a la atmósfera, no contamina ni el suelo ni el agua, y de no utilizarse se diluye en la atmósfera merced a la disipación viscosa en las microescalas de turbulencia atmosférica. Además, las plantas eolieléctricas no requieren de las grandes cantidades de agua para sistemas de enfriamiento de las plantas termoeléctricas, con las que se genera más del 75 por ciento de la electricidad que se consume en México, su impacto visual es mucho más amable que una central termoeléctrica de combustóleo, carbón o gas natural, y su ruido se limita a un siseo que sólo se escucha en las inmediaciones de los aerogeneradores. Caminando entre las torres de una central eolieléctrica lo que generalmente se escucha es el zumbido del viento contra la vegetación y el trino de los pájaros.

Una central eolieléctrica paga por empleos y no por combustibles, usa un recurso local donde éste existe y requiere de un porcentaje importante de integración nacional y local para ser rentable. Asimismo, constituye en la actualidad la forma más económica de generar electricidad en gran escala, si se consideran los costos directos e indirectos, económicos, sociales y ambientales relacionados con la producción de energía eléctrica, es decir, desde el punto de vista de la sustentabilidad.

La energía eólica es junto con la hidráulica, la biomasa y la solar, la base energética renovable para una transición hacia un sistema energético sustentable, basado necesariamente en fuentes limpias de energía.

El presente programa corresponde a un curso básico, a nivel de maestría, para el aprovechamiento de la energía del viento, tanto para bombeo como para la generación de electricidad, y algunas otras posibles aplicaciones.

PROPÓSITOS GENERALES

Que el estudiante conozca los fundamentos básicos de la energía eólica, de la estimación de su potencial, de sus aplicaciones más usuales y de los sistemas para su aprovechamiento. Asimismo, se desea que el estudiante pueda dimensionar y seleccionar un equipo para una aplicación específica que se desee con base en los recursos económicos con que se cuente.

PLANEACIÓN ESPECÍFICA

UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca de manera concisa el estado actual del aprovechamiento de la energía eólica en el mundo y analice cuál ha sido el desarrollo histórico del aprovechamiento del viento a fin de tener una visión de hacia dónde se dirige esta tecnología.

Temas y subtemas

- 1.1. La energía eólica en México y en el mundo.
- 1.2. Programas eólicos de diversos países: Alemania, España, Dinamarca, Holanda, EUA, India, Reino Unido, Italia, Francia, etcétera.
- 1.3. La creciente demanda de electricidad.
- 1.4. Las políticas y los instrumentos gubernamentales para la promoción de las FRE, en especial la eólica.
- 1.5. Desarrollo histórico de los aeromotores. Aplicaciones de los aeromotores.

UNIDAD 2. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS EÓLICOS

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca el origen del viento y los factores geográficos globales, regionales y locales que lo producen y modifican, analice las técnicas estadísticas y probabilísticas empleadas para caracterizar los movimientos de aire; así como las metodologías empleadas para la medición del viento y la estimación de su potencial energético.

Temas y subtemas

- 2.1. Caracterización del viento. Causas del viento. Potencia en el viento. Escalas del movimiento en la atmósfera. Variaciones espaciales y temporales.
- 2.2. Funciones de distribuciones de velocidad
- 2.3. Estimación de potenciales eólicos. Mapas eólicos.
- 2.4. Medición del viento. Tipos de anemómetros. Detección remota del viento.
- 2.5. Modelos computacionales para estimar potenciales eólicos.

UNIDAD 3. AERODINÁMICA BÁSICA DE TURBINAS EÓLICAS

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca los modelos aerodinámicos básicos para turbinas de eje horizontal (TEEH), discuta las condiciones reales del funcionamiento de una TEEH y conozca la teoría bidimensional de perfiles aerodinámicos.

Temas y subtemas

- 3.1. Perfiles aerodinámicos. Coeficientes de arrastre, de sustentación y de momento.
- 3.2. Modelos aerodinámicos de turbinas eólicas –Modelo del disco actuador.
- 3.3. Teoría de Glauert del momento en ámulos. Teoría del vértice prescrito. Teoría de la estela vorticiosa libre.
- 3.4. Estados de rotores eólicos.
- 3.5. Tipos de turbinas eólicas.
- 3.6. Parámetros para el funcionamiento de una turbina eólica de eje horizontal. Velocidad típica de punta, Solidez, Coeficientes de potencia.
- 3.7. Concepción de una turbina eólica óptima.
- 3.8. Verificación experimental de los modelos aerodinámicos básicos.
- 3.9. Turbinas comerciales.

UNIDAD 4. DIMENSIONAMIENTO Y REGLAS DE SIMILITUD

Propósitos específicos

Que el estudiante aprenda a determinar el tamaño de una turbina de eje horizontal para que proporcione una determinada potencia para un viento con características prescritas y conozca las aplicaciones y los límites de la teoría de similaridad en el dimensionamiento de turbinas eólicas.

Temas y subtemas

- 4.1. Diámetro de una turbina para una potencia de diseño a una velocidad de viento prescrita.
- 4.2. La teoría de la similaridad. Teorema Pi de Buckingham.
- 4.3. Aplicaciones y límites de la teoría.
- 4.4. Efecto del diámetro de la turbina sobre la potencia, el torque, el empuje, la velocidad de rotación, el peso, las fuerzas aerodinámicas, la fuerza centrífuga.
- 4.5. Efecto sobre los esfuerzos y la frecuencia natural de vibración.

UNIDAD 5. COMPONENTES BÁSICOS DE UN AEROMOTOR

Propósitos específicos

Que el estudiante determine y caracterice los componentes que un aeromotor debe tener de acuerdo con la aplicación que se le desee dar.

Temas y subtemas

- 5.1. Tipología de las turbinas. Turbinas de palas fijas, turbinas con palas móviles. Reguladores. Embragues. Frenos. Transmisión mecánica. Fuselaje. Torre. Cimentación.
- 5.2. Generadores. Bombas
- 5.3. Estación en tierra. Pararrayos.

UNIDAD 6. BOMBEO EÓLICO

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca los fundamentos del bombeo de agua para diversas aplicaciones empleando aeromotores y aprenda a dimensionar un sistema de bombeo eólico.

Temas y subtemas

- 6.1. Tipología de bombas accionadas con energía eólica.
- 6.2. Operación combinada de turbinas eólicas con bombas acopladas.
- 6.3. Dimensionamiento de un sistema de bombeo eólico.

UNIDAD 7. AEROGENERACIÓN

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca los conceptos básicos para la generación de electricidad empleando aeromotores.

Temas y subtemas

- 7.1. Conceptos básicos de máquinas generadoras de corriente alterna.
- 7.2. Tipos de excitación y diseños de construcción de máquinas de CA.
- 7.3. Las máquinas generadas síncronas conectadas a la red y sus aplicaciones.
- 7.4. Las máquinas de inducción y sus aplicaciones en aerogeneración.

UNIDAD 8. CONTROL DE AEROMOTORES

Propósitos específicos

Que el estudiante conozca cómo mantener a una turbina eólica dentro de intervalos admisibles de operación, especialmente a altas velocidades del viento, para limitar su velocidad angular, su torque, potencia y empuje del rotor.

Temas y subtemas

- 8.1. Propósitos del control.
- 8.2. Tipos de control.
- 8.3. Actuación sobre el rotor.
- 8.4. Ejemplos de sistemas de controles simples.
- 8.5. Ejemplos de sistemas de control rápido.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- World Wind Energy Association (Ed.), Wind Energy International 2005/2006, WWEA Press, 2005.
- Caldera, E., Investigación y Desarrollo de la Energía Eólica en México, ANES, México, 2006.
- Aitken, D., Libro blanco: Transición hacia un futuro basado en las fuentes renovables de energía, Ed. UACM, México, 2006.
- Rohatgi, J. & V. Nelson, Wind Characteristics: An analysis for the generation of wind power, AEI, WestTexasA&MUniversity, Burgess Publishing, 1994.
- White, Frank M., Mecánica de Fluidos. 5ª Ed., McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A., 2004.
- Gasch, Robert and Twelvetree, Jochen, Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation, Earthscan Publications Ltd., 2004.
- Burton, Tony, Sharpe, David, Jenkins, Nick and Bossanyi, Ervin, Wind Energy Handbook, 1st edition, John Wiley & Sons, 2001.
- Gipe, P., Energía Eólica Básica, Promotora General de Estudios; Translation edition, 2000.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Saldaña, R. y Galarza, M., Notas del Curso de Energía Eólica de la ANES, México, 2005.
- Spera, David A., Wind Turbine Technology: Fundamental concepts of wind turbine engineering, ASME Press, 1994.
- Eggleston, David, Wind Turbine Engineering Design, 1st edition, Springer, 1987.