

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Energía Eólica
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables
Clave de la asignatura:	ERF-1009
(Créditos) SATCA <sup>1</sup>	3-2-5

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta las bases para que el Ingeniero en energías renovables tenga la capacidad de :

- Diseñar e implementar sistemas y dispositivo para el aprovechamiento de los potenciales de energía eólica, para los sectores productivo y de servicios apegado a normas y acuerdos nacionales e internacionales.
- Colaborar en proyectos de investigación para el desarrollo tecnológico, en el área de energías renovables.

La Energía Eólica es una parte esencial de los planes de estudio de Ingeniería en energías Renovables, por lo cual, se incluye en el programa. Esta materia necesita de los conceptos y leyes de materias como Mecánica de Fluidos ,Termodinámica y Máquinas hidráulicas, es necesario conocer y entender los conceptos de las mismas para desarrollarla

### Intención didáctica.

Se organiza el temario, en cuatro unidades, en la primer unidad se inicia con un panorama del viento como recurso energético renovable, la medición y caracterización del viento como recurso. Después se hace una exposición de conceptos básicos tales como turbulencia y la caracterización de las velocidades del viento y por último la evaluación del potencial del viento como fuente renovable.

En la segunda unidad, se introducen los conceptos de las aerodinámicas del funcionamiento de las turbinas eólicas tanto en estado estable como inestable el concepto y la teoría del momento, del disco rotor, la teoría del rotor de aspas, geometría del aspa, el método de la aceleración potencial.

En la tercera unidad, se explica el comportamiento y las curvas de comportamiento y la operación a velocidad rotacional constante y variable, pruebas de campo y la edición del comportamiento de una turbina eólica.

En la cuarta unidad se presentan los elementos del diseño, las aplicaciones y la selección de las turbinas hidráulicas sobre la base de metodología y normas, tanto aerogeneradores como aplicación eléctrica y mecánica.

---

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

En las actividades de aprendizaje sugeridas para cada unidad, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión; la resolución de problemas se hará después de este proceso.

Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia, actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <p>Diseñar y evaluar sistemas y equipamientos energéticos relacionados con la utilización de la energía eólica.</p>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li> <li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li> <li>• Solución de problemas</li> <li>• Competencias interpersonales</li> </ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Habilidades interpersonales</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades de investigación</li> <li>• Capacidad de aprender</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li> <li>• Búsqueda del logro</li> </ul>
---	---

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

LUGAR Y FECHA DE ELABORACIÓN O REVISIÓN	PARTICIPANTES	OBSERVACIONES (CAMBIOS Y JUSTIFICACIÓN)
Instituto Tecnológico de Puebla, del 8 al 12 de junio de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Contexto global y nacional en energía. Marco jurídico nacional e internacional. Justificación de la carrera
Instituto Tecnológico de Puerto Vallarta, del 10 al 14 de Agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Villahermosa, Orizaba y La Laguna.	Reunión de Diseño curricular de la carrera, definiendo la retícula y los programas sintéticos.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de agosto de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Toluca, Saltillo, Minatitlán y Villahermosa	Formulación de programas desarrollados para las materias de primer semestre
Instituto Tecnológico de Minatitlán del 28 de agosto del 2009 al 21 de mayo de 2010.	Representante de la Academia de Metal Mecánica.	Formulación de propuesta de programa desarrollado por competencias.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, León, Mexicali, Minatitlán, Saltillo, Toluca, Veracruz, Villahermosa y Milpa Alta.	Reunión Nacional de Consolidación de la carrera de Ingeniería en energías renovables.

#### 5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO (competencias específicas a desarrollar en el curso)

Diseñar y evaluar sistemas y equipamientos energéticos relacionados con la utilización de la energía eólica.

#### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Interpretar y aplicar las leyes de la termodinámica en la evaluación y el diseño de sistemas eólicos.
- Interpretar y aplicar los principios de la mecánica de los fluidos en la evaluación y el diseño de sistemas eólicos.

- Interpretar y aplicar las leyes de la electricidad y el magnetismo en la evaluación y el diseño de sistemas eólicos.
- Leer, interpretar dibujo técnico industrial
- Leer e interpretar planos.
- Seleccionar materiales para los sistemas eólicos.
- Modelar sistemas eólicos utilizando paquetes computacionales.
- Interpretar y analizar textos
- Aplicar el análisis dimensional y conversión de unidades.
- Aplicar conceptos básicos de física tales como trabajo mecánico y energía
- Manejar instrumentos de medición

## 7. TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	<b>Introducción.</b>	1.1 Desarrollo Histórico. 1.2 Turbinas eólicas. Su evolución 1.3 El viento como recurso renovable. 1.4 Variaciones anuales y por estaciones. 1.5 Turbulencia. 1.6 Caracterización de las velocidades del viento. 1.7 Evaluación del potencial del viento como fuente renovable.
2	<b>Aerodinámica de las turbinas eólicas de eje horizontal.</b>	2.1 Teoría del momento. 2.2 Teoría del disco rotor. 2.3 Teoría del rotor de aspas. 2.4 Geometría del aspa. 2.5 El método de la aceleración potencial. 2.6 Aerodinámica de una turbina eólica en estado estable. 2.7 El método de aceleración potencial. 2.8 Teoría del flujo inestable.
3	<b>Comportamiento de la turbina eólica.</b>	3.1 Curvas de comportamiento. 3.2 Operación a velocidad rotacional constante. 3.3 Operación a velocidad rotacional variable. 3.4 Pruebas de campo 3.5 Medición del comportamiento de una turbina eólica. 3.6 Análisis de los datos de las pruebas de campo.
4	<b>Diseño y aplicaciones de una turbina eólica de eje horizontal</b>	4.1 Estándares nacionales e internacionales. 4.1.1 Aplicación en Aerogeneradores 4.1.2 Aplicación en Molinos de viento 4.2 Cargas básicas para el diseño. 4.3 Cargas extremas. 4.4 Cargas de fatiga 4.5 Cargas en operación estable. 4.6 Diseño y respuesta dinámica del aspa.

		4.7 Cálculo de la torre de la turbina eólica. 4.8 Diámetro del rotor. 4.9 Velocidad de rotación. 4.10 Número de aspas. 4.11 Control de potencia. 4.12 Sistemas de freno. 4.13 Diseño y selección de componentes. 4.13.1 Aspas. 4.13.2 Rotor 4.13.3 Rodamientos. 4.13.4 Trasmisión.
--	--	--

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS (desarrollo de competencias genéricas)

El profesor debe:

- Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas.
- Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones.
- Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes.
- Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida
- Propiciar actividades de meta cognición. Ante la ejecución de una actividad, señalar o identificar el tipo de proceso intelectual que se realizó: una identificación de patrones, un análisis, una síntesis, la creación de un heurístico, etc. Al principio lo hará el profesor, luego será el alumno quien lo identifique.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.

- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de desarrollo sustentable.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de software para la resolución de problemas.

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Observación del desempeño del alumno durante la realización trabajos e investigaciones encomendadas
- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de solución de problemas prácticos, así como, las conclusiones obtenidas
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reportes escritos de las prácticas experimentales
- Desarrollo de proyectos prácticos sobre las aplicaciones de la energía eólica

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar los conceptos básicos y definiciones del recurso eólico y su importancia como fuente renovable energía.</li> <li>• Caracterizar y evaluar el potencial eólico como fuente renovable de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar el desarrollo histórico de las turbinas eólicas y su evolución al menos 2 fuentes bibliográficas diferentes y hacer un análisis de comparación, para determinar definiciones más completas.</li> <li>• Realizar un mapa conceptual donde relacionen los conceptos básicos analizados con anterioridad y exponer ante el grupo.</li> <li>• Investigar la relación entre la producción de energía a partir de la energía eólica y los impactos ambientales que genera.</li> <li>• Debatir los impactos ambientales vs. los beneficios económicos de la producción de energía a partir del recurso eólico.</li> <li>• Investigar y realizar un reporte acerca</li> </ul>

	de la evaluación del potencial del viento como fuente renovable.
--	--

## UNIDAD 2: AERODINÁMICA DE LAS TURBINAS EÓLICAS DE EJE HORIZONTAL.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Interpretar y analizar las variables aerodinámicas involucradas en la aerodinámica de las turbinas eólicas de eje horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcular los modelos aerodinámicos a partir del método de aceleración potencial</li> <li>• Interpretar el funcionamiento aerodinámico de una turbina eólica a partir del método de aceleración potencial.</li> <li>• Resolver problemas de aerodinámica de la turbina eólica tanto en estado estable como inestable.</li> <li>• Realizar investigaciones documentales sobre los diferentes métodos de análisis de diseño de geometría de aspas.</li> </ul>

## UNIDAD 3: COMPORTAMIENTO DE LA TURBINA EÓLICA.

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pruebas de campo de una turbina eólica y analizar el comportamiento de las mismas en régimen estable e inestable.</li> <li>• Evaluar energéticamente la operación de las turbinas eólicas a régimen estable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas que involucren el análisis energético de las turbinas eólicas en régimen estable</li> <li>• Interpretar las curvas de comportamiento de las turbinas eólicas en ejemplos reales</li> <li>• Resolver problemas que involucren el análisis energético de las turbinas eólicas en régimen inestable</li> <li>• Analizar la operación a velocidad constante de las turbinas eólicas a partir de las normas para tal efecto.</li> <li>• Analizar la operación a velocidad variable de las turbinas eólicas a partir de las normas para tal efecto.</li> <li>• Realizar mediciones en campo de los parámetros fundamentales de operación de las turbinas eólicas.</li> <li>• Realizar un informe con el análisis de los</li> </ul>

	<p>datos realizados en las pruebas a una turbina eólica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
--	--

#### UNIDAD 4: DISEÑO DE UNA TURBINA EÓLICA DE EJE HORIZONTAL

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y seleccionar un aerogenerador a partir de las normas establecidas.</li> <li>• Diseñar y seleccionar un molino de viento a partir de las normas establecidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diálogo-discusión de ideas sobre la definición e importancia de la aplicación de los diferentes tipos de máquinas eólicas.</li> <li>• Investigación documental sobre las normas nacionales para el diseño y selección de molinos de viento.</li> <li>• Investigación documental sobre las normas nacionales para el diseño y selección de aerogeneradores.</li> <li>• Investigación documental sobre las normas internacionales para el diseño y selección de molinos de viento.</li> <li>• Investigación documental sobre las normas internacionales para el diseño y selección de aerogeneradores.</li> <li>• Resolver problemas sobre el diseño de los elementos componentes de un aerogenerador.</li> <li>• Resolver problemas sobre el diseño de los elementos componentes de un molino de viento.</li> <li>• Entrega un proyecto sobre selección y diseño de aerogenerador</li> <li>• Entrega un proyecto sobre selección y diseño de molino de viento.</li> </ul>

#### 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

- Wind Energy Basics Revised, Paul Gipe, Ed. Chelsea Green Publishing, 2009.
- Wind Power, Paul Gipe, Ed. Chelsea Green Publishing, 2004.
- Wind Energy Systems, Gary Johnson's, Electronic version, 2004.
- Wind Power For Dummies, Ian Woofenden, Ed. Wiley Publishing, 2009.
- Wind Energy Explained, James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers, Ed. Wiley Publishing, 2009.
- Energía eólica, Miguel Villarubia, Ed. Ceac, 2004.



- Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica, Rodríguez Amenedo, J.L. y Burgos Díaz, J.C. y Arnalte Gómez, s., Ed. Rueda, 2003.
- Energía eólica, VV.AA. y Sánchez Naranjo, Consuelo y Cruz Cruz, Ignacio, Ed. Promotora General de Estudios, 2006.
- Manual de energía eólica, Escudero López, J. M., Ed. Mundi-Prensa Libros, 2004.
- Energía eólica, Talayero González, Ana Patricia, Ed. Universidad de Zaragoza, 2008.

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

1. Identificar los componentes de los sistemas de turbinas eólicas.
2. Prueba en las turbinas eólicas para la construcción de curvas características.
3. Mediciones de parámetros de operación de turbinas eólicas.
4. Realizar pruebas en aerogeneradores.
5. Realizar pruebas en molinos de viento.