



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Energía de la Biomasa, de los Biocombustibles y de los Residuos

Asignatura	Energía de la Biomasa, de los Biocombustibles y de los Residuos			
Código	V04M115V01201			
Titulación	Máster Universitario en Energía y Sostenibilidad			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OB	1	2c
Lengua Impartición				
Departamento	Biología vegetal y ciencias del suelo Dpto. Externo Ingeniería de los recursos naturales y medio ambiente Ingeniería mecánica, máquinas y motores térmicos y fluidos Ingeniería química			
Coordinador/a	Granada Álvarez, Enrique			
Profesorado	Álvarez da Costa, Estrella Arauzo Pérez, Jesús Collazo Rodríguez, Joaquín Baltasar Granada Álvarez, Enrique Melgar Bachiller, Andrés Ortiz Torres, Luis Patiño Vilas, David Rodríguez Gregores, Antonio Soto González, Benedicto			
Correo-e	egranada@uvigo.es			
Web				

**Descripción general** Esta asignatura está estructurada haciendo hincapié en la descripción de los combustibles sólidos no convencionales más comunes como la biomasa, sus combustibles derivados y los residuos sólidos urbanos (RSU). Se trata de determinar las vías de valorización energética más habituales de dichos combustibles y las que aquellas que se investigan como más prometedoras pero ya con viabilidad demostrada al menos en planta piloto. La mayoría de las técnicas de valorización de la biomasa son comunes con los RSU como es la combustión, la gasificación etc. por lo que las explicaciones sobre los principio de funcionamiento son comunes quedando el comportamiento particular determinado por las propiedades de los diferentes combustibles para sesiones específicas. La asignatura comienza con un detalle de las particularidades de los RSU y de uno de las líneas más prometedoras de generación de biocombustibles que son los derivados de los cultivos energéticos.

El aumento de población y el desarrollo de las sociedades industrializadas han activado la degradación del medio ambiente, debido, entre otros factores, a la gran cantidad de residuos generados, que han alterado el equilibrio de la naturaleza creando un verdadero problema, tanto desde el punto de vista higiénico y ecológico, como desde el económico. Por lo que respecta a los cultivos energéticos su interés radica en su bajo coste unitario de producción y la ocupación de tierras de baja productividad que permite obtener un combustible ya en origen con ventajas económicas y sociales además de con altas prestaciones energéticas. Dentro de lo que es la valorización energética de los combustibles se explicarán aquellos procesos que tengan una probada eficacia. En estos momentos los más utilizados y rentables son las transformaciones termoquímicas como la combustión gasificación y pirolisis.

En un proceso de combustión de la biomasa lignocelulósica con el aire se pueden distinguir diferentes etapas caracterizadas por los procesos que tienen lugar en cada uno de ellos Durante las primeras etapas los procesos son endotérmicos por lo que es necesaria una aportación de energía desde el exterior o de otra parte de la biomasa que se encuentra en las etapas exotérmicas. Los fenómenos de transporte de energía desde unas zonas a otras se produce fundamentalmente por radiación y convección y son las responsable de que el proceso de combustión progrese. La primera etapa es el proceso de secado de la biomasa en el cual el agua que está absorbida por la biomasa se evapora debido al calentamiento de la biomasa. La siguiente etapa es la de pirolisis, en la cual se produce la descomposición térmica de la celulosa y la lignina en carbón vegetal y volátiles produciéndose a continuación la combustión propiamente dicha.

La pirolisis puede diseñarse como proceso separado para la degradación térmica de la biomasa para la obtención de otros combustibles sólidos, líquidos y/o gaseosos.

La gasificación de un combustible sólido consiste en someterlo a un proceso térmico a fin de transformarlo en un nuevo combustible gaseoso, este proceso se realiza a alta temperatura obteniéndose la energía necesaria de la combustión con defecto de oxígeno.

Con cualquiera de estas técnicas de aprovechamiento termoquímico puede finalmente obtenerse tanto calor como trabajo mecánico susceptible de cualquier otro aprovechamiento posterior como para la producción de electricidad, etc. Se analizan cuales de los aprovechamientos son los más rentables actualmente.

Por otra parte también se estudia todos los métodos de preparación de la biomasa previos a su posible uso como combustible a través de técnicas como recolección, astillado, molienda, etc que lo conviertan en un combustible válido para los aprovechamientos energéticos antes explicados o para la consecución a través de densificación de un combustible sólido de mayor valor añadido y de mayores prestaciones como el pellet o las briquetas.

### Competencias de titulación

#### Código

A2	(*)Conocer la Tecnología Eléctrica aplicada a instalaciones industriales, de generación de energía eléctrica y aprovechamiento de energías renovables.
A3	(*)Conocer la Tecnología Térmica aplicada a instalaciones industriales, de generación de energía eléctrica y aprovechamientos de energías renovables
A5	(*)Identificar las características y componentes de las instalaciones de aprovechamiento de energías renovables
A6	(*)Saber aplicar las políticas de ahorro y eficiencia energética
A9	(*)Capacidad para analizar e implantar tecnologías emergentes en el ámbito de la energía y el medioambiente
B1	(*)Desarrollo de pensamiento crítico.
B2	(*)Capacidad para realizar una investigación independiente
B3	(*)Capacidad de realizar un trabajo interdisciplinario
B5	(*)Capacidad en el uso de tecnologías y la gestión de la información
B10	(*)Sensibilidad por temas medio ambientales.

### Competencias de materia

Resultados previstos en la materia	Tipología	Resultados de Formación y Aprendizaje
Implantación de nuevas energías renovables como es el caso de la biomasa: estudios de viabilidad y realización de proyectos (en función de su titulación de origen)	saber saber hacer	B2 B5
Conocimiento profundo del potencial energético de la biomasa así como sus limitaciones de uso.	saber saber hacer	A5 A9 B10

Conocimiento de las diferentes tecnologías de conversión energética de la biomasa para la obtención de calor, trabajo mecánico y electricidad.	saber	A2
	saber hacer	A3
	Saber estar /ser	A5
		A6
		A9
		B1
		B3
		B5
		B10

## Contenidos

Tema	
Presentación Materia Energética Biomasa, Biocombustibles e Residuos	Presentación
RSU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Residuos: Definición, clasificación y características</li> <li>2. Residuos Sólidos Urbanos: Definición, composición y características</li> <li>3. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Recogida, transporte, etc.</li> <li>4. Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rutilización y reciclado de materiales</li> <li>2. Compostaje</li> <li>3. Aprovechamiento energético</li> </ol> </li> <li>5 Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos: Vertederos</li> <li>6. Legislación</li> </ol>
Cultivos Energéticos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción</li> <li>2. Contexto Socio-político y económico</li> <li>3. Caracterización de las diferentes plantaciones empleadas como cultivos energéticos</li> <li>4. Cultivos energéticos alternativos</li> <li>5. Estructura agraria y potencialidad productiva</li> <li>6. Problemas asociados a los cultivos energéticos</li> <li>7. Nuevas líneas de trabajo en la producción de cultivos energeticos</li> </ol>
Aprovechamiento Energético de la Biomasa: Procesos Térmicos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combustibles. Características.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Densidad</li> <li>1.2. Humedad, materias volátiles, carbono fijo y cenizas</li> <li>1.3. Poder calorífico</li> <li>1.4. Análisis elemental</li> </ol> </li> <li>2. Combustibles. Balances de masa y energía.               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Aire seco. aire húmedo. Temperatura de rocío</li> <li>2.2. Relación aire-combustible</li> <li>2.4. Equilibrio y cinética química.</li> </ol> </li> <li>2.5. Conservación de la energía. Entalpía de formación</li> <li>2.6. Balances de energía. Entalpía de combustión y poder calorífico</li> <li>2.7. Determinación analítica del poder calorífico</li> </ol>
Gasificación y pirólisis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pirólisis.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Proceso de pirolisis</li> <li>1.2. Concepto y productos</li> <li>1.3. Reactores. Tipos de instalaciones. Ejemplos. Productos</li> <li>1.4. Bio-oil. Procesos de producción.</li> <li>1.5. Carbón vegetal. Producción. Factores que influyen</li> <li>1.6. Carbón activo</li> </ol> </li> <li>2. Gasificación               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Proceso de gasificación</li> <li>2.2. Proceso de gasificación .- ¿Qué es la gasificación?</li> <li>2.3. Materias primas .- ¿Qué se puede gasificar?</li> <li>2.4. Gasificadores .- ¿Dónde se lleva a cabo la gasificación?</li> <li>2.5. Productos de la gasificación.- ¿Qué se obtiene al gasificar biomasa?</li> <li>2.6. Desarrollo de plantas de gasificación                   <ol style="list-style-type: none"> <li>2.6.1. Diseño de plantas. Ejemplos</li> <li>2.6.2. Operación en planta. Videos</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. Consideraciones Finales</li> </ol>
Biocombustibles gaseosos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Gas pobre.</li> <li>1.2 Biogas.</li> </ol> </li> <li>2. Utilización.               <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Calculo de propiedades.</li> <li>2.2 Utilización en M.C.I.A.</li> </ol> </li> <li>3. Aplicaciones prácticas.</li> </ol>

Prácticas de combustión de biomasa-  
Prácticas de modelado de combustión  
de biomasa

Prácticas de combustión de biomasa

1. Breve introducción a la problemática de los combustibles sólidos.
2. Sistemas de aprovechamiento de biomasa (combustión en calderas).
3. Medición de emisiones en caldera.
4. Resolución de un ejercicio basándonos en los datos obtenidos experimentalmente.

Prácticas de modelado de combustión de biomasa

1. Introducción a la simulación de sistemas de combustión de biomasa.
2. Modelado de los principales procesos que intervienen en la combustión de biomasa.
3. Ejercicio de ejemplo en el que se aplicarán los conceptos expuestos en el apartado anterior.

Clase Teórico-Práctica E.U.I.T.

Forestal Campus de Pontevedra

(Procesos de transformación física de  
la biomasa)

- 1.-Recolección de la fitomasa residual
- 2.-Secado natural
- 3.- Secado forzado
- 4.- Reducción granulométrica
- 5.-Densificación

Procesos de transformación física de  
la biomasa

- 1.-Recolección de la fitomasa residual
- 2.-Secado natural
- 3.- Secado forzado
- 4.- Reducción granulométrica
- 5.-Densificación

I+D de calderas de biomasa a nivel industrial

1. Especificaciones previas al diseño de calderas.
2. Dimensionado inicial. Construcción y ensayos prototipo.
3. Diseño, construcción y ensayos caldera pre-comercial.

## Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Sesión magistral	33	43.5	76.5
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	0	17.5	17.5
Trabajos tutelados	0	40	40
Resolución de problemas y/o ejercicios	15	0	15
Pruebas de tipo test	1	0	1

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

## Metodologías

	Descripción
Sesión magistral	En grupo de 50 alumnos
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	Ejecución de problemas con el material documental facilitado.
Trabajos tutelados	El alumno/a tendrá que realizar un proyecto de una instalación de biomasa, dirigido por un profesor/a de la materia
Resolución de problemas y/o ejercicios	Dependiendo del tema en particular se impartirá bien en el aula habitual, bien en aula informática, pero siempre en grupos de 25 alumnos

## Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Resolución de problemas y/o ejercicios	
Sesión magistral	
Resolución de problemas y/o ejercicios de forma autónoma	
Trabajos tutelados	
Pruebas	Descripción
Pruebas de tipo test	

## Evaluación

	Descripción	Calificación
Trabajos tutelados		70
Pruebas de tipo test		30

## Otros comentarios sobre la Evaluación

---

## Fuentes de información

---

Fernando Sebastián Nogués, Daniel García-Galindo y Adeline Rezeau, *Energía de la biomasa (vol. I)*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.

CPL Press Online Bookshop, *Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste*, Edited by A.V. Bridgwater.

Moran, M.J. y Shapiro, H.N., *Fundamentos de Termodinámica Técnica.*, Editorial Reverté S.A.

Taylor & Francis, 1980, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.*, Patankar, S.V. Levittown.

Peters, B. WIT Press, 2003., *Thermal Conversion of Solid Fuels.*

Smoot, L.D.; Smith, P.J., *Coal combustion and gasification.*, New York: Plenum Press, 1985.

Smith, J.M., *Chemical Engineering Kinetics.*, McGraw-Hill, 1981.

Technologies for usage in small, decentralised co-generation units, , Altener Final Report, Hanau, Julio 2001.

G. Antolín Giraldo, R. Hirsuta Mata, *Caracterización de combustibles lignocelulósicos: aplicación a la paja de cereal*, Universidad de Valladolid, 1989.

Donald L. Wise., *Fuel gas production from Biomass.*, CRC press, Inc. Florida 1981.

Ortiz, L., *APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA FORESTAL.* , Gamesal. ISBN: 84-921993-1-8.

Ortiz, L., *PROCESOS DE DENSIFICACIÓN DE LA BIOMASA FORESTAL.*, Gamesal. ISBN: 84-95046-25-3.

Ortiz, L., *LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE.*, Gamesal. ISBN: 84-95046-15-6.

Soetaert, W.; Vandamme. E.J. John Wiley & Sons, 2009., *Biofuels.*

Mittelbach, M.; Remschmidt, C. , *Biodiesel, el manual completo.*

Guía Técnica de Instalaciones de biomasa térmica en edificios. , IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético). Madrid, Mayo 2009.

Míguez Tabarés JL y Vázquez Alfaya , *Producción Industrial de calor.* , Gamesal.

Frank P Incropera y David P Dewitt, *Fundamentos de Transferencia de Calor.* , Prentice Hall Hispanoamerica SA, 1999.

*Progress in biomass and bioenergy research.* , Nova Science Publishers Inc. ISBN 9781600213281,

Míguez J.L., Ortiz L., Granada E., Vázquez M.E. , *Energía de la biomasa: realidades y perspectivas.* , ISBN 84-7801-463-2.

---

## Recomendaciones

---

### Otros comentarios

Se recomienda un conocimiento profundo de los balances de masa y energía en general y de especies en particular, así como el manejo de reacciones químicas y su ajuste. Se deben conocer en profundidad la teoría de los gases ideales y las propiedades térmicas y energéticas de las sustancias puras en particular el agua. Es deseable también un conocimiento básico de los procesos de transferencia de calor y de mecánica de fluidos así como un manejo de ordenadores a nivel usuario avanzado.

Tutorías: Dado que gran parte del profesorado es ajeno a la Universidad de Vigo, la forma habitual de contacto con el profesorado y coordinadores es el correo electrónico. En cualquier caso y siempre que sea posible, el alumno/a puede solicitar una tutoría presencial, en horario a concertar entre el profesor y el alumno/a. En la plataforma de Teledocencia TEMA se facilitan las direcciones de correo electrónico de los profesores.

Organización del Máster: La Coordinación del Master se encarga, de cara al alumnado, de articular los medios físicos y humanos precisos para la impartición del master, realizar la coordinación de contenidos entre las materias y supervisar el trabajo de los Coordinadores de Materia, de Cuestionarios y de Evaluación, así como resolver aquellas reclamaciones del alumnado respecto al funcionamiento del master que no hayan sido solventadas por los coordinadores correspondientes. Para ponerse en contacto con la Coordinación dirigirse a la dirección de correo electrónico de la Secretaría del Master: [pop\\_enxia\\_sustentabilidade@uvigo.es](mailto:pop_enxia_sustentabilidade@uvigo.es) o en el teléfono 986812212

Cada materia tiene un Coordinador de Materia, encargado del profesorado y documentación. Los alumnos/as deben dirigirse a ellos para cualquier problema relativo a la documentación, visitas, trabajos dirigidos, etc...

En aquellas materias con trabajo dirigido, el Coordinador de Materia publicará en la plataforma Tema la lista de trabajos disponibles, ofertados por los profesores, al comenzar las clases. En el aula se realizará la asignación de trabajos mediante sorteo .

Una vez el trabajo asignado, el alumno/a debe ponerse en contacto lo antes posible con el profesor Director del Trabajo con la finalidad de obtener las directrices del trabajo y objetivos a cumplir. El alumno/a enviará el trabajo por correo electrónico al profesor Director del Trabajo, con copia a la secretaria del master, antes de la fecha límite de entrega .

Una vez corregido el trabajo, el profesor Director del Trabajo enviará la nota obtenida al Coordinador de Materia, quien publicará en la plataforma TEMA la lista de notas de trabajo y la entregará a los Coordinadores de Evaluación (Jorge Morán y José M<sup>a</sup> Correa).

La realización y corrección de los exámenes presenciales la llevan a cabo los Coordinadores de Evaluación, quienes entregan a la Coordinadora del Máster los exámenes corregidos (nota + respuestas alumno + respuestas correctas) en formato electrónico. El examen corregido será enviado por la Secretaría del Máster al alumno/a por correo electrónico .

Para revisar tanto el examen como el trabajo, es necesario que el alumno/a envíe un correo electrónico a la Coordinación del Máster, quien responderá en un plazo no superior a 4 días lectivos con una propuesta de fecha y hora de acuerdo, bien con los profesores responsables de la redacción/corrección del examen bien con el director del trabajo.

Una vez las notas de trabajos y exámenes presenciales en poder de la Coordinación del Máster, se publicarán las notas finales para cada Convocatoria en la Plataforma de Teledocencia Tema.

En la plataforma de Teledocencia TEMA <http://faitic.uvigo.es/> el Coordinador de Materia pondrá a disposición de los alumnos/as la documentación de la materia facilitada por el profesorado. En esta plataforma el alumno/a debe rellenar y mantener actualizada su ficha de datos personales:

Foto

Nombre y Apellidos

Página 6 de 7

DNI

Dirección Postal

Dirección de correo electrónico

Teléfono de contacto.

Estos serán los datos que se utilizarán para enviar avisos e información al alumnado a lo largo del curso.

También en la plataforma de teledocencia TEMA, el Coordinador de la Plataforma TEMA (Fernando Cerdeira [nano@uvigo.es](mailto:nano@uvigo.es)) pondrá a disposición de los alumnos/as antes de finalizar cada materia los cuestionarios tipo test:

Obligatorios: examen no presencial. Estos cuestionarios tienen fecha límite de entrega y una oportunidad de realización .

Al finalizar cada cuestionario el sistema facilita automáticamente la nota obtenida.

No Obligatorios. No tienen fecha límite de entrega y su nota no se utiliza para la evaluación de la materia, sirven al alumno/a como autoevaluación.

Las consultas relativas a los cuestionarios deben dirigirse al Coordinador de Cuestionarios.

---