

# TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y GASEOSOS

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Complementos de formación	Tratamiento de Residuos Sólidos y Gaseosos	3º ó 4º	6 ó 8	6	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>M<sup>a</sup> Ángeles Martín Lara</li> <li>Antonio Pérez Muñoz</li> </ul>			<p><u>M<sup>a</sup> Ángeles Martín Lara</u> Dpto. Ingeniería Química, 1<sup>a</sup> planta, Facultad de Ciencias. Correo electrónico: marianml@ugr.es</p> <p><u>Antonio Pérez Muñoz</u> Dpto. Ingeniería Química, 2<sup>a</sup> planta, Facultad de Ciencias. Correo electrónico: aperezm@ugr.es</p>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			<p><u>M<sup>a</sup> Ángeles Martín Lara</u> Lunes de 9:00h a 11:30h Martes de 8:30h a 10:30h Viernes de 11:00h a 12:30h</p> <p><u>Antonio Pérez Muñoz</u> Lunes de 12:00h a 14:00h Martes de 17:00h a 19:00h Viernes de 10:00h a 12:00h</p>		
<b>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Grado en Ingeniería Química			Grado en Ciencias Ambientales		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tener cursadas las asignaturas obligatorias Ingeniería Ambiental y Termotecnia.</li> <li>Se recomienda cursar simultáneamente la asignatura optativa Biocombustibles y Energías Alternativas</li> </ul>					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					



Naturaleza de los residuos sólidos. Clasificación según origen. Problemática y gestión de residuos. Tratamiento de residuos. Residuos sólidos urbanos. Técnicas de digestión aerobia. Compostaje. Incineración. Vertederos. Tratamiento de lixiviados. Residuos agrícolas y forestales. Tratamientos de hidrólisis química y enzimática. Técnicas de fermentación y obtención de alcohol anhidro. Gasificación. Pirólisis. Combustión directa. Residuos ganaderos y residuos industriales. Efluentes gaseosos. Normativa. Tratamiento de los efluentes gaseosos. Gestión integral de residuos y efluentes gaseosos.

### COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- CI1: Capacidad de análisis y síntesis
- CI2: Capacidad de organizar y planificar
- CI3: Comunicación oral y escrita en la lengua propia
- CI4: Capacidad de gestión de la información
- CI5: Resolución de problemas
- CI6: Toma de decisiones
- CP1: Trabajo en equipo
- CP4: Razonamiento crítico
- CP5: Compromiso ético
- CS1: Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- CS2: Aprender de manera autónoma
- CS3: Adaptarse a nuevas situaciones
- CS4: Habilidad para trabajar de forma autónoma
- CS9: Sensibilidad hacia temas medioambientales
- CR6: Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.

### OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Ser consciente de la problemática de los residuos y de su impacto sobre la salud humana, el medio ambiente y los recursos naturales.
- Identificar la mejor técnica disponible para el tratamiento de un residuo.
- Diseñar un proceso de aprovechamiento y valorización de un residuo.
- Diseñar chimeneas y calcular la sobrelevación del penacho de humos.
- Ser capaz de diseñar los métodos de depuración extrínsecos e intrínsecos para contaminantes gaseosos.
- Conocer la normativa aplicable en materia de residuos industriales y efluentes gaseosos.

### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

#### TEMARIO TEÓRICO:

Tema 1: Introducción a los residuos. Problemática de los residuos. Clasificación y lista europea de residuos. Residuos peligrosos y no peligrosos. Principios de la gestión de residuos. Jerarquía de residuos. Subproductos. Normativa aplicable. (2 h)

#### TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tema 2: Naturaleza de los residuos sólidos. Clasificación según origen. Transformación y reciclaje de residuos sólidos. (1,5 h)



Tema 3: Residuos sólidos urbanos. Residuos agrícolas y forestales. Residuos ganaderos. Residuos industriales. Residuos mineros. Otros residuos específicos. Composición, propiedades e impacto ambiental. Tecnologías específicas de tratamiento. (1,5 h)

#### Tecnologías de conversión termo-química

Tema 4: Incineración/combustión de residuos sólidos. Equipos de combustión de residuos sólidos. Formación de contaminantes en las reacciones de combustión: Dioxinas y furanos. (4 h)

Tema 5: Gasificación de residuos sólidos. Principios termoquímicos de la gasificación. Equipos de gasificación de residuos sólidos. (3 h)

Tema 6: Pirólisis de residuos sólidos. Principios termoquímicos de la pirólisis. Equipos de pirólisis de residuos sólidos. (3 h)

#### Tecnologías de conversión biológica y química

Tema 7: Principales rutas aerobias y anaerobias en la degradación biológica de la materia orgánica. Técnicas de digestión aerobia. Compostaje. Técnicas de digestión anaerobia. Biometanización. (3 h)

Tema 8: Tratamientos de hidrólisis química y enzimática. Técnicas de fermentación. Obtención de etanol. (2 h)

#### Otras tecnologías

Tema 9: Otras tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos. Inertización. Ceramización y encapsulación. Vitrificación. (2 h)

Tema 10: Vertido y almacenamiento de residuos sólidos. Tipos de vertederos. Metabolismo y productos de vertedero. Gases de vertedero y su valorización. Tratamiento de los lixiviados. (4 h)

#### **TRATAMIENTOS DE EFLUENTES GASEOSOS**

Tema 11: Bases generales y actividades contaminantes del aire. Vigilancia de la calidad atmosférica. Normativa aplicable. (2 h)

Tema 12: Diseño de chimeneas. Tiro de una chimenea. Materiales de construcción. Cálculo de la altura y sección de una chimenea. (2 h)

Tema 13: Modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos. Modelo gaussiano para contaminantes que no reaccionan. (4 h)

Tema 14: Control de la emisión de partículas. Cámaras de sedimentación. Ciclones. Precipitadores electrostáticos. Captadores húmedos. (4 h)

Tema 15: Control de la emisión de gases. Control de los derivados de azufre. Control de los derivados de nitrógeno. Control de los derivados de carbono. Control de los componentes orgánicos volátiles. (2 h)



## **TEMARIO PRÁCTICO:**

### Seminarios

Seminario 1: Residuos peligrosos (6 h)

Seminario 2: Evaluación de las mejores técnicas disponibles (6 h)

### Visitas

Visita 1: Centro de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos (4 h)

Visita 2: Planta de Incineración o Gasificación o Pirólisis de Residuos Sólidos (4 h)

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:**

- J.L. Bueno, H. Sastre y A.G. Lavin. "Contaminación e Ingeniería Ambiental" Varios tomos. Edita FICYT
- Lagrega y col. "Gestión de residuos tóxicos" Ed. McGraw Hill. 1996
- G. Tchobanoglous y col. "Gestión integral de residuos sólidos" Ed. McGraw Hill. 1996
- J.J. Rodríguez y col "Los residuos peligrosos. Caracterización, tratamiento y gestión" Editorial Síntesis. 1999
- X. Elias y col. "Tratamiento y valorización energética de residuos" Editorial Diaz de Santos. 2005.
- X. Elias y col. "Reciclaje de residuos industriales, residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora" Editorial Diaz de Santos. 2005.
- Sanz, S.J.M.: "La contaminación atmosférica", MOPT, Unidades temáticas ambientales de la Secretaría de Estado para las políticas del agua y del medio ambiente, Madrid, 1991.
- De Lora, F y Miró, J.: "Técnicas de defensa del medio ambiente", Labor, Barcelona, 1978.
- Martín-Vivaldi, M.J.A.; Peregrin, C.J.; Pérez, M.J. y Vera, M.J.C.: "Contaminación atmosférica: el caso andaluz", Junta de Andalucía, Granada, 1994.
- Dotreppe-Grisard, N.: "La pollution de l'air", Eyrolles, Paris, 1972.
- Ingeniería Química (17 autores de 14 empresas): "Manual de la contaminación atmosférica de origen industrial", Ingeniería Química, pág. 9 a 53, Agosto, 1973.
- García, R.M.C.: "Contaminación atmosférica", Instituto de Investigaciones Ecológicas, Málaga, 1993.
- Astarita, G.; Savage, D.W. y Bisio, A.: "Gas treating with chemical solvents", Ed. John Wiley & Sons, (1983).
- De Nevers, N.: "Ingeniería de control de la contaminación del aire", Ed. McGraw-Hill, (1997).
- Espert, V. y López, P.A.: "Dispersión de contaminantes en la atmósfera", Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2000).
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: "Manual de cálculo de altura de chimeneas industriales", Ed. Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Madrid (1992).
- Seinfeld, J.H. y Pandis, S.N.: "Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change" Ed. John Wiley & Sons, New York (1998).
- Wark, K. y Warner, C. F.: "Contaminación del aire. Origen y control", Ed. Limusa (1990).
- Perry, R.H. y Green, D.W.: "Manual del ingeniero químico. Volumen III. Séptima edición, Ed. McGraw-hill, 2001.
- Cavaseno, V. y the staff of chemical engineering: "Industrial air pollution engineering", Ed. McGraw-hill, 1980.
- Coulson, J.M. y Richardson, J.F.: "Chemical engineering". Volume II, Ed. Pergamon Press, 1968.
- Mycock, 1995. J. Mycock, J. McKenna, and L. Theodore, "Handbook of Air Pollution Control



Engineering and Technology,” CRC Press, Boca Raton, FL, 1995.

- Chemical Engineering Magazine: "Industrial air pollution engineering", McGraw-Hill, Nueva York, 1980.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Revista de Ingeniería Química
- Revista de Residuos
- Revista de Infopower
- Revista de Infoenviro
- Bases de datos del INE, CIEMAT, IDEA, EEA y otros Ministerios y Consejerías de la Junta de Andalucía
- Páginas de distinta empresas del sector del aprovechamiento de residuos.
- EPA, 1982. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Control Techniques for Particulate Emissions from Stationary Sources - Volume 1," EPA-450/3-81-005a, Research Triangle Park, NC, September, 1982.
- EPA, 1996. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "OAQPS Control Cost Manual," Fifth Edition, EPA 453/B-96-001, Research Triangle Park, NC, February, 1996.
- EPA, 1998. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Stationary Source Control Techniques Document for Fine Particulate Matter," EPA-452/R-97-001, Research Triangle Park, NC, October, 1998.

#### ENLACES RECOMENDADOS

Cumplimentar con el texto correspondiente en cada caso.

#### METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases teórico-prácticas: En estas clases el profesorado explicará los contenidos teóricos fundamentales y desarrollos básicos de los bloques temáticos propuestos, haciendo especial hincapié en los aspectos de mayor relevancia y dificultad. Incluirá clases expositivas de resolución de problemas-tipo en las que el profesorado resolverá ejercicios y problemas sobre los contenidos teóricos tratados en cada tema.
- Seminarios: La finalidad de los seminarios es construir conocimiento a través de la interacción y la actividad de los estudiantes. En la asignatura Tratamiento de Residuos Sólidos y Gaseosos, se ha propuesto la realización de dos tipos de seminarios que se comentan a continuación. En el primer seminario se abarcarán explicaciones detenidas de residuos peligrosos y, si es posible, la charla de un profesional ajeno a la Universidad sobre dicho tema. Los alumnos deberán realizar un trabajo autónomo de forma individual. El segundo tipo de seminario será de exposición de trabajos en grupos. Para la asignatura se añade la realización de un trabajo en grupo que consistirá en el estudio, presentación y discusión de las mejores técnicas disponibles para un proceso químico-industrial determinado. Cada grupo constará de un máximo de 4 alumnos, que tendrán un total de 15 minutos para la exposición del trabajo y de 10 minutos de debate sobre el mismo con el profesor y los demás compañeros. Tanto el contenido del trabajo entregado por escrito como la exposición computarán para la evaluación final de la asignatura.
- Visitas: Se realizarán visitas guiadas a diferentes instalaciones industriales.
- Tutorías académicas: reuniones individuales y grupales entre el profesorado y el alumnado para guiar, supervisar y orientar las distintas actividades académicas.

#### PROGRAMA DE ACTIVIDADES



Segundo cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)				Actividades no presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)			
		Sesiones teóricas (horas)	Sesiones prácticas (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Exámenes (horas)	Tutorías individuales (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)
Semana 1	1-2-3	4						4	
Semana 2	3-4	4						4	
Semana 3	4-5	4						4	
Semana 4	5-6	4						4	
Semana 5	7-8	4						4	
Semana 6	Seminario		4					4	4
Semana 7	Seminario		4					4	4
Semana 8	9-10	4						4	
Semana 9	10-11	4						4	
Semana 10	12-13	4						4	
Semana 11	13-14	4						4	
Semana 12	14-15	4						4	
Semana 13	Seminario		4					4	4
Semana 14	Visita		4					4	
Semana 15	Visita		4					4	2
Sin especificar						3		13	
<b>Total horas</b>		40	20			3		73	14

**EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

Evaluación de los seminarios (20%)

- Trabajo Autónomo sobre Residuos Peligrosos (10 %)

Esta actividad docente permitirá valorar de forma el desarrollo de las siguientes competencias, CS2:



Aprender de manera autónoma y CS4: Habilidad para trabajar de forma autónoma.

- **Trabajos en Grupo sobre Mejores Técnicas Disponibles (10%)**

La realización de los trabajos en grupos permitirá valorar de forma más completa el desarrollo de competencias generales y transversales. Además, los estudiantes deben evaluar la exposición de los trabajos de sus compañeros (mientras que sus trabajos son igualmente evaluados por otros compañeros). Se emplearán diferentes herramientas de evaluación:

- Asistencia a exposiciones de compañeros (1 %).
- Entrega del trabajo realizado en grupo (4 %). Se prestará especial interés al contenido y sobre todo a la aplicación de los conceptos explicados en clase.
- Exposición de los trabajos (5 %). Durante la exposición de los trabajos se evaluará el manejo de los conceptos expuestos así como la adquisición de una serie de competencias transversales (CI1 a CI6, CP1, CP4, CP5).

Además, la experiencia de evaluación entre iguales proporciona otras capacidades importantes para su futuro profesional como es someter el trabajo a la crítica de otros, soportando -y aprendiendo de - sus juicios y, a la vez, tener responsabilidad sobre el trabajo de otros, debiendo juzgar su calidad.

**Evaluación de las visitas guiadas a instalaciones industriales (10 %)**

La asistencia a las visitas programadas y la realización correcta de los informes de las visitas realizadas supone el 10% de la calificación final de la asignatura. Principalmente se evaluarán las competencias generales CS1 y CS9.

**Evaluación del examen final (60 %)**

El examen final supone el 60% de la nota total. El examen consiste en la resolución de problemas numéricos y cuestiones teóricas de respuesta corta. Se pretende evaluar, mediante este examen escrito, la adquisición por parte del alumno de la competencia específica marcada para la asignatura (CR6).

**Evaluación de la asistencia y participación activa en clase (10 %)**

- La asistencia y participación activa en las actividades de clase supone el 10 % de la calificación final. Se evaluará la competencia general CS3.

**CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA DE SEPTIEMBRE: 100% NOTA DEL EXAMEN ESCRITO.**

Las pruebas de la evaluación única final a la que el alumno se puede acoger en los casos indicados en la “NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA (Aprobada por Consejo de Gobierno en su sesión extraordinaria de 20 de mayo de 2013)” constará de:

Bloque Temático 1: (50% nota final) Las pruebas de evaluación serán un examen teórico-práctico.

Bloque Temático 2: (50% nota final) Las pruebas de evaluación serán un examen teórico-práctico.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Cumplimentar con el texto correspondiente en cada caso.

