

## 66224 - Calidad y tratamiento de aguas

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 66224 - Calidad y tratamiento de aguas

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 531 - Máster Universitario en Ingeniería Química

**Créditos:** 6.0

**Curso:**

**Periodo de impartición:** Segundo semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Esta asignatura tiene por objetivo aportar al estudiante los conocimientos científicos y técnicos que le permitan abordar una estrategia de control de la calidad y contaminación de las aguas, intensificando la formación adquirida en la asignatura *Ingeniería del Medio Ambiente*, materia obligatoria pertenece al módulo común de la rama industrial en las titulaciones de Grado en Ingeniería Química, Eléctrica, Mecánica, Electrónica y Automática, Tecnologías Industriales y de Organización Industrial, en la Universidad de Zaragoza. La asignatura del Grado se estructura en 5 bloques: BI. Introducción a la Problemática Ambiental; BII. Contaminación de las Aguas; BIII. Contaminación Atmosférica; BIV. Residuos; BV. Gestión Ambiental. En consecuencia, esta asignatura de Master se orienta a la ampliación de los conocimientos adquiridos en el Bloque II de la asignatura de grado, profundizando en los siguientes aspectos:

- Legislación relativa al control de la contaminación de las aguas. Administración hidráulica del agua: Permisos de captación y Autorización de vertidos.

- Control del Estado y Calidad de aguas naturales. Aguas subterráneas. Aguas superficiales. Control de zonas protegidas. Análisis de presiones e impactos: riesgo de contaminación

- Usos del agua: criterios y estándares de calidad. Aguas de consumo humano. Aguas para uso industrial. Aguas para uso agropecuario, silvicultura y acuicultura, recreativo y ambiental.

- Control de focos de contaminación de origen difuso y puntual: vertidos directos e indirectos. Aguas residuales urbanas e industriales asimilables a urbanas. Aguas residuales industriales con sustancias peligrosas.

- Dimensionamiento y operación de instalaciones de tratamiento relacionadas con el ciclo urbano del agua; en concreto para abastecimiento: plantas de potabilización (ETAPs) y desalación (EDAMs) así como para depuración (EDARs) y regeneración (ERARs) aplicables a pequeños, medianos y grandes núcleos de población, incluido el vertido a zonas sensibles: procesos de eliminación de nutrientes.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- ODS 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. Metas 3.3 y 3.9
- ODS 4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. Meta 4.7.
- ODS 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Metas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6.6.
- ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras. Meta 9.4.
- ODS 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Metas 11.6 y 11.b.
- ODS 12. Producción y consumo responsable. Metas 12.2, 12.4 12.5, 12.6 y 12.8.
- ODS 13. Acción por el clima. Metas 13.1 y 13.3.
- ODS 14: conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. Meta 14.1.

## 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

El alumno que curse esta asignatura tendrá el bagaje de conocimientos, competencias y resultados de aprendizaje adquiridos en la asignatura *Ingeniería del Medio Ambiente* del Grado en Ingeniería Química, o análogas, en la que se presentan las bases del conocimiento sobre la contaminación de las aguas, atmósfera y residuos, de forma que se dota al estudiante de conocimientos teóricos y prácticos fundamentales para llevar a cabo la identificación, evaluación, prevención, control y corrección de la contaminación ambiental, de manera integrada.

Intensificando la formación adquirida en la asignatura de grado *Ingeniería del Medio Ambiente*, la asignatura *Gestión Ambiental en la Industria* (Materia Obligatoria de 6 ECTS impartida en primer semestre de la titulación de Master), se complementa con la asignatura *Calidad y Tratamiento de Aguas*, así como con el resto de asignaturas que constituyen la Materia Optativa de *Ingeniería del Medio Ambiente*, todo ello dentro del Módulo IPP, lo que proporciona en conjunto al estudiante los conocimientos, aptitudes y actitudes que le permitirán abordar el desarrollo de su actividad profesional incluyendo y aplicando el enfoque ambiental que debe quedar plasmado tanto en aspectos organizativos y de gestión, como en los puramente técnicos, relativos a la selección y diseño de materiales, equipos y procesos. De esta manera la asignatura contribuye a la formación integrada con el respeto al medio ambiente de los futuros titulados.

Al cursar la asignatura el alumno adquirirá competencias características del Módulo IPP para el caso específico del control de la contaminación de las aguas. Ello implica en lo referente a dicho control, el objetivo, entre otros, de *aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos?* así como *diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos?*.

## 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Para cursar la asignatura de *Calidad y Tratamiento de Aguas* es recomendable tener conocimientos de tecnologías medioambientales a nivel de los adquiridos en la asignatura obligatoria de *Ingeniería del Medio Ambiente*, materia de formación común de la Rama Industrial impartida en la titulación de Grado en Ingeniería Química así como en el Grado de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica y Automática, Ingeniería de Tecnologías Industriales y en Ingeniería de Organización Industrial.

El estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto.

# 2. Competencias y resultados de aprendizaje

## 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

### **Competencias Genéricas**

- Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental (CG1).
- Concebir, proyectar, calcular, y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente (CG2).
- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional (CG7).
- Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión (CG11).

### **Competencias Específicas**

- Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos (CE1).
- Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas (CE2).

- Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño (CE4).
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos (CE6).
- Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental (CE8).

## 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

Planifica una estrategia de control y determina el estado químico, ecológico y final a partir de los resultados experimentales obtenidos en el análisis de parámetros físico-químicos, biológicos e hidromorfológicos.

Determina la adecuación de un agua para un uso determinado (urbano, industrial, agrícola, recreativo o ambiental), a partir de datos experimentales, utilizando estándares de calidad.

Planifica una estrategia de control de fuentes contaminantes, incluidos vertidos urbanos y asimilables a urbanos, industriales con sustancias peligrosas y contaminación difusa.

Aplica y combina conocimientos en legislación en materia de aguas y en tecnologías de tratamiento, para seleccionar entre varios, las etapas y procesos que integran un sistema de tratamiento de aguas concreto (depuración, potabilización, desalación y regeneración), a partir de datos de calidad inicial y final exigida.

Dimensiona equipos que fundamentan un sistema de tratamiento de aguas (depuración, potabilización, desalación y regeneración) y conoce los fundamentos de la gestión de las instalaciones incluida la de sus subproductos.

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

**Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen de la asignatura**

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definido en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades ? BOE 4 agosto 2009?, en su aplicación concreta al campo de la Ingeniería del Medio Ambiente.

Con esta intención, se pretende que el alumno sea capaz de adquirir los resultados de aprendizaje enumerados en el apartado correspondiente.

# 3. Evaluación

## 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

### **Opción 1:**

La evaluación es global y comprende:

#### **1. Trabajos Tutelados (TT)**

A lo largo del curso se plantearán 8 trabajos académicos y casos (TT1-TT8) que podrán ser realizados de manera individual o en grupos de 2 personas, los cuales serán evaluados a lo largo del periodo docente, con el fin de facilitar la superación gradual de la asignatura, siendo necesaria su presentación y debate de forma oral.

Estos trabajos se evaluarán con un 70% de la nota final de la asignatura, siendo necesaria una nota mínima de 4 sobre 10 para realizar el promedio con el resto de pruebas programadas.

Estos trabajos acreditarán el logro de los resultados del aprendizaje (1-5) de manera integral.

Planteados los trabajos, los estudiantes dispondrán de una serie de días para su estudio, definición, realización y presentación.

Se valorará el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, el procedimiento desarrollado, la presentación e interpretación de los resultados.

Aprobada la materia relativa a los trabajos tutelados dentro del periodo docente se conservará la nota hasta la **segunda convocatoria** del mismo curso académico.

El estudiante que no opte por el procedimiento descrito previamente o no supere estas pruebas durante el periodo docente, podrá hacerlo mediante la realización y superación del examen de Casos Prácticos del Examen Global.

#### **2. Clases prácticas**

Las prácticas representarán un 15% de la nota final de la asignatura, siendo necesaria una nota mínima de 4 sobre 10 para realizar el promedio con el resto de pruebas programadas.

Las prácticas se podrán realizar por grupos de 2 personas y serán evaluadas a lo largo del periodo docente, con el fin de facilitar la superación gradual de la asignatura.

Se realizarán 3 sesiones prácticas (ver actividades de aprendizaje programadas), las cuales se programarán en función de la disponibilidad del espacio necesario correspondiente.

Previamente al desarrollo de cada sesión práctica se suministrará al estudiante el enunciado del caso, incluyendo toda la información relativa a la materia que será tratada en cada sesión práctica, posibilitando su análisis y estudio previo.

Los primeros minutos de cada sesión serán utilizados para que el estudiante demuestre que conoce la temática que va a ser desarrollada y que plantee sus dudas en relación a metodologías y procedimientos.

Posteriormente, a lo largo del desarrollo de la sesión se llevará a cabo el seguimiento de la labor del estudiante, valorándose el grado de implicación en el desarrollo de la práctica, la metodología, los resultados obtenidos y su interpretación. Al término de la sesión, el estudiante deberá preparar un pequeño informe resumen del caso, en el que muestre los principales resultados y conclusiones obtenidas a través de la realización de la práctica correspondiente.

Las sesiones prácticas se corresponderán directamente con los resultados del aprendizaje previstos nº 3-5 de forma que su correcta realización acredite su logro. Aprobada la materia relativa dentro del periodo docente se conservará la nota hasta la segunda convocatoria del mismo curso académico.

El estudiante que no opte por el procedimiento descrito previamente o no supere esta prueba durante el periodo docente, tendrá derecho a realizar un examen de prácticas, dentro del Examen Global, que será programado dentro del periodo de exámenes correspondiente a la primera o segunda convocatoria, teniendo en este caso, carácter individual.

### **3. Examen de teoría**

Finalizado el periodo docente, el estudiante realizará un examen que incluirá preguntas de teoría y cuestiones teórico-prácticas, representativas de la materia tratada en la asignatura.

El examen representará un 15% de la nota final de la asignatura, siendo necesaria una nota mínima de 3 sobre 10 para realizar el promedio con el resto de pruebas programadas.

#### **Opción 2:**

Aquellos alumnos que no quieran seguir la evaluación según la opción 1, o no hayan superado alguna prueba, pueden optar por presentarse al Examen Global de convocatoria oficial, que incluirá:

- Examen de Casos Prácticos (50% de la nota final, nota mínima para promediar: 4). Se permitirá la utilización de todo tipo de documentación relacionada con la asignatura.
- Examen de Teoría (35%, nota mínima para promediar: 3)
- Examen de Prácticas (15%, nota mínima para promediar: 4)

Todos ellos de similares características a las pruebas abordados en las pruebas descritas de la opción 1. Esta opción estará disponible en ambas convocatorias.

La superación del Examen Global acreditará la adquisición de los resultados de aprendizaje 1-5.

## **4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos**

### **4.1. Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El proceso de aprendizaje se desarrollará en varios niveles: clases magistrales, resolución de problemas (casos), práctica de laboratorio, práctica especial y trabajos tutelados, siendo creciente el nivel de participación del estudiante. En las clases de teoría se van a ir desarrollando las bases teóricas que conforman la asignatura y resolviendo algunos problemas modelo. Las clases de problemas y casos y las prácticas de laboratorio y especial son el complemento eficaz de las clases magistrales, ya que permiten verificar la comprensión de la materia y a su vez contribuyen a desarrollar en el alumno un punto de vista más aplicado. Finalmente los trabajos tutelados complementarán todo lo anterior.

### **4.2. Actividades de aprendizaje**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- Clases magistrales (TP1), donde se impartirá la teoría de los distintos temas propuestos: 35h
- Clases de resolución de problemas y casos prácticos (TP2): 15 h. Los problemas o casos Prácticos tipo 1 y 2 (ver planificación) estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales y se realizarán casos modelo que permita a los alumnos la realización y seguimiento de los trabajos tutelados.
- Sesiones de prácticas (TP3): 7 h. Mediante el ejercicio práctico, se capacitará al estudiante en tareas de control y tratamiento de aguas complementarias a las materias desarrolladas en las clases magistrales.
- Sesión de prácticas especiales (TP4): 3h correspondiente a una salida de campo o una visita a instalaciones.
- Trabajos tutelados individuales ó en grupo (TP6): 14 h. Se propondrán 8 trabajos (TT1-TT8) que serán tutelados

por el profesorado de la asignatura.

- Estudio individual (TP7): 56 h.
- Tutela personalizada profesor- alumno: 14 h.
- Evaluación (TP8): 6 h. Se realizarán evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

### 4.3. Programa

#### **CLASES DE TEORÍA Y CASOS PRÁCTICOS**

##### **1. MARCO LEGAL RELATIVO AL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS (B1)**

1.1. Legislación en materia de aguas

1.2. Administración hidráulica del agua: Permisos de captación y Autorización de vertidos.

##### **2. ESTADO Y CALIDAD DE AGUAS NATURALES (B2)**

2.1. Masas de agua subterráneas. Composición natural de las aguas subterráneas. Criterios de calidad y control del Estado Químico. Redes de Control.

2.2. Masas de agua superficiales. Composición natural de aguas de ríos, embalses, lagos, aguas de transición, aguas costeras. Criterios de calidad. Control del Estado Químico y del Estado Ecológico: determinación del Estado Final. Redes de Control.

2.3. Control de zonas protegidas. Criterios de calidad de aguas prepotables, baños, zonas piscícolas, zonas sensibles y vulnerables. Redes de Control.

2.4. Análisis de Presiones e Impactos: determinación del riesgo de contaminación

##### **3. USOS DEL AGUA: CALIDAD Y TRATAMIENTO (B3)**

3.1. Aguas de consumo humano. Aguas públicas de consumo humano, aguas minerales, aguas preparadas envasadas. Dimensionamiento y operación de instalaciones de potabilización y desalación. Gestión de subproductos.

3.2. Aguas para uso industrial. Aguas de proceso, aguas de servicios e instalaciones auxiliares. Criterios de calidad y tecnologías de tratamiento de aguas.

3.3. Aguas para uso agropecuario (agrícola y ganadero), silvicultura y acuicultura. Instalaciones de tratamiento de aguas. Criterios de calidad y tecnologías de tratamiento de aguas.

3.4. Aguas para uso recreativo. Aguas minero-medicinales, piscinas, riego de campos deportivos. Criterios de calidad y tecnologías de tratamiento de aguas.

3.5. Aguas para uso ambiental. Recarga de acuíferos, humedales, mantenimiento de caudales ecológicos. Criterios de calidad y tecnologías de tratamiento de aguas.

##### **4. FUENTES CONTAMINANTES: CONTROL Y TRATAMIENTO DE VERTIDOS (B4)**

4.1. Valores límite de emisión (VLE) de vertidos directos e indirectos. Canon de vertido y canon de saneamiento.

4.2. Vertidos urbanos y asimilables a urbanos. Instalaciones de depuración tipo I, tipo II y tipo III. Reutilización de aguas residuales. Gestión de subproductos. Dimensionamiento y operación de plantas de depuración (EDARs) y regeneración (ERARs) aplicables a pequeños, medianos y grandes núcleos de población. Dimensionamiento de instalaciones para el vertido en zonas sensibles: eliminación de nutrientes.

#### **SESIONES PRÁCTICAS**

**Práctica nº 1: Determinación del estado ecológico de aguas superficiales (P1)**

**Práctica nº2: Aplicación de procesos de tratamiento de aguas para la adecuación de su calidad: parte I (P2)**

**Práctica nº 3: Aplicación de procesos de tratamiento de aguas para la adecuación de su calidad: parte II (P3)**

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Las clases magistrales y de seguimiento y resolución de casos prácticos se imparten según horario establecido por la EINA además cada profesor informará de su horario de atención de tutorías.

SEMANA LECTIVA	TEORÍA PROBLEMAS Y SEGUIMIENTO TTs				PRÁCTICAS
	h1	h2	h3	h4	
1	Presentación	B1	B1	B1	
2	B1	B1	B1	TT1	
3	B1	B2	B2	TT2	
4	B2	B2	B2	TT3	
5	B2	B2	B2	TT4	
6	B2	B2	B2	B2	
7	B3	B3	B3	TT5	

8	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>TT6</b>	<b>P1</b>
9	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	
10	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	
11	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>TT7</b>	
12	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>P2</b>
13	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>		<b>P3</b>
14	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>		
15	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>B4</b>	<b>TT8</b>	
Siguientes	<b>EXAMEN EVALUACIÓN (TP8)</b>				

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, repartidas del siguiente modo:

- **35 horas de clase magistral**, distribuidas aproximadamente en 2,5 horas semanales. En ellas se realizará la exposición de contenidos teóricos y conceptos necesarios para la resolución de casos prácticos.
- **15 horas de aprendizaje basado en problemas**, distribuidas aproximadamente en 1 hora semanal. En ellas se desarrollarán problemas y casos prácticos coordinados en contenido con la evolución temporal de las exposiciones teóricas.
- **7 horas de prácticas** correspondientes a tres sesiones prácticas realizadas en grupos reducidos de alumnos de la asignatura y programadas en función de la disponibilidad de los espacios correspondientes.
- **3 horas de prácticas especiales** correspondientes a salida de campo o visita a instalaciones, programada en función de la disponibilidad.
- **14 horas de trabajos tutelados** que consistirán en la realización de tareas de desarrollo, ampliación, documentación, resolución... de casos propuestos por el profesor, basados en los conceptos vistos en el aula. Estos trabajos estarán distribuidos durante el curso, serán de realización individual o en grupo pequeño (2-3 alumnos) y se plasmarán en un entregable que será corregido y calificado a lo largo del periodo docente.
- **70 horas de estudio personal y de tutela**, repartidas a lo largo de todo el semestre.
- **6 horas de pruebas de evaluación**, correspondientes a exámenes parciales o exámenes globales cuya fecha será fijada por la EINA.

El calendario de la asignatura se adapta al establecido en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA), así como sus horarios y calendario de exámenes, y se pueden consultar todos ellos en su página Web: <http://eina.unizar.es>.

#### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

<https://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=66224>