



Máster en Ingeniería Química 66224 - Calidad y tratamiento de aguas

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 1, Semestre: 2, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **María Peña Ormad Melero** mpormad@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta 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.

La asistencia a clase, el estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Se trata de una asignatura de 6 créditos ETCS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante, a realizar tanto en horas presenciales como no presenciales, repartidas del siguiente modo:

- **35 horas de clase presencial**, 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 de laboratorio** correspondientes a dos sesiones prácticas realizadas en grupos reducidos de alumnos de la asignatura y programadas en función de la disponibilidad de los laboratorios correspondientes.
- **3 horas de prácticas especiales** correspondientes a una sesión de visita a empresa, práctica de campo, charla de expertos, seminario temático o similar, etc.
- **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.
- **66 horas de estudio personal y de tutela**, repartidas a lo largo de todo el semestre.
- **10 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>

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** 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.
- 2:** 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.
- 3:** Planifica una estrategia de control de fuentes contaminantes, incluidos vertidos urbanos y asimilables a urbanos, industriales con sustancias peligrosas y contaminación difusa.
- 4:** 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.
- 5:** 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.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

En el plan de Estudios de la titulación de Master Universitario en Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza (90 ECTS), la asignatura *Calidad y Tratamiento de Aguas*, de 6 ECTS, se incluye dentro de la Materia Optativa *Ingeniería del Medio Ambiente* (24 ECTS) del módulo *Ingeniería de Procesos y Producto (IPP)*, con una orientación de itinerario profesional.

La asignatura se imparte en segundo semestre del primer curso de la titulación.

Esta asignatura, enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Ambiental, pretende ampliar los fundamentos básicos relacionados con el control de la calidad de las aguas y de la contaminación así como de las tecnologías aplicables a su tratamiento, profundizando en la selección, diseño y operación de instalaciones, todo ello encaminado a la protección de la salud y el medio ambiente.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales 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.

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”*.

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

1: 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).

- Dirigir y gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos en el ámbito de la ingeniería química y los sectores industriales relacionados (CG3).
- Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología (CG4).
- Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados (CG5).
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental (CG6).
- 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).
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales (CG8).
- Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor (CG10).
- 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).

2:

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).
- Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas (CE3).
- 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).
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química (CE5).
- 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).
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad (CE10).
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes (CE11).

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

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.

Evaluación

Actividades de evaluación

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

1:

Opción 1:

La evaluación es global y comprende:

1. Trabajos Tutelados (TT)

A lo largo del curso se plantearán una serie de trabajos que podrán ser realizados de manera individual o en grupos de 2-3 personas, los cuales serán evaluados a lo largo del periodo docente, con el fin de facilitar la superación gradual de la asignatura.

Estos trabajos se evaluarán con un 50% 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 (habitualmente será escrita, pero opcionalmente alguna de ellas puede serlo de forma oral) e interpretación de los resultados.

Aprobada la materia relativa a los trabajos tutelados dentro del periodo docente se conservará la nota hasta la convocatoria de septiembre 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 de laboratorio y especiales

Las prácticas de laboratorio y especiales 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 2 sesiones prácticas de laboratorio (ver actividades de aprendizaje programadas), las cuales se programarán en función de la disponibilidad del laboratorio correspondiente.

Previamente al desarrollo de cada sesión práctica se suministrará al estudiante 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 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 a los trabajos tutelados dentro del periodo docente se conservará la nota hasta la convocatoria de septiembre 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 35% 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.

2: 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.

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

Actividades y recursos

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.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

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

- 1:** Clases magistrales (35 h) donde se impartirá la teoría de los distintos temas propuestos (ver Planificación).
- 2:** Clases presenciales de resolución de problemas y casos prácticos (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.
- 3:** 2 Sesiones de laboratorio (3,5h/sesión) donde, mediante el ejercicio práctico, el alumno afianzará los contenidos desarrollados en las clases magistrales.
- 4:** Sesión de prácticas especiales (3h) correspondientes a visita a empresa, práctica de campo, charla de expertos, seminario temático o similar, etc... como complemento formativo a las actividades anteriores.
- 5:** Trabajos tutelados (14 h no presenciales), individuales ó en grupo. Se propondrán 3-4 actividades que serán tuteladas por el profesorado de la asignatura.
- 6:** Estudio individual (52 h no presenciales). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.
- 7:** Tutela personalizada profesor- alumno (14 h presenciales).
- 8:** Evaluación (10 h). Se realizaran evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

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. El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

BLOQUE 1. MARCO LEGAL RELATIVO AL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

- 1.** Legislación en materia de aguas
- 2.** Administración hidráulica del agua: Permisos de captación y Autorización de vertidos.

BLOQUE 2. ESTADO Y CALIDAD DE AGUAS NATURALES

- 3.** Masas de agua subterráneas. Composición natural de las aguas subterráneas. Criterios de calidad y control del Estado Químico. Redes de Control.
- 4.** 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.
- 5.** Control de zonas protegidas. Criterios de calidad de aguas prepotables, zonas piscícolas, zonas sensibles y vulnerables. Redes de Control.
- 6.** Análisis de Presiones e Impactos: determinación del riesgo de contaminación

BLOQUE 3. USOS DEL AGUA: CALIDAD Y TRATAMIENTO

7. 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.

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

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

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

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

BLOQUE 4. FUENTES CONTAMINANTES: CONTROL Y TRATAMIENTO DE VERTIDOS

12. Valores límite de emisión (VLE) de vertidos directos e indirectos. Canon de vertido y canon de saneamiento. Segregación de efluentes y drenaje sostenible.

13. Vertidos urbanos y asimilables a urbanos. Redes de Control. 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.

14. Vertidos con Sustancias Peligrosas. Redes de control. Tratamiento de depuración: estudio de casos sectoriales.

CASOS PRÁCTICOS

Tipo 1: Casos Prácticos relacionados con el diagnóstico de calidad de aguas, en puntos de control seleccionados.

Tipo 2: Casos Prácticos de selección y dimensionamiento de instalaciones de tratamiento de aguas en municipios seleccionados.

SESIONES DE LABORATORIO

“TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE VERTIDOS CONTAMINADOS CON SUSTANCIAS NO BIODEGRADABLES”

Práctica nº1: Tratamiento a escala de laboratorio

Práctica nº 2: Simulación mediante Superpro Designer V9.0

Bibliografía

La bibliografía básica para el seguimiento de la asignatura es la siguiente:

- *Legislación en materia de aguas*
- *Normas ATV de Dimensionamiento, Construcción y Operación de instalaciones de tratamiento de aguas.*
- *Letterman, R., 2002. CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA: MANUAL DE SUMINISTROS DE AGUA COMUNITARIA. Mc Graw Hill. Madrid.*
- *Ormad, M.P., Calvo, B, 2011. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Stylo Digital, Zaragoza.*
- *Cleresci L.S., Greenberg A.E., Trussell RR., 2005. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. American Public Health Association, 21 Ed. USA.*
- *Metcalf and Eddy, 2000. “INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES: TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN. McGraw-Hill. Madrid*

- *Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, cop (WEF-ASCE), 1998. DESIGN OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS. 4th. Ed. Alexandria, VA (USA).*
- *Water Environment Federation, 1996. OPERATION OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS. Alexandria, VA (U.S.A.),*
- *Ramalho R.S., 1991. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Reverté, Barcelona.*
- *American Water Works Association, 1998. TRATAMIENTO DEL AGUA POR PROCESOS DE MEMBRANA: PRINCIPIOS, PROCESOS Y APLICACIONES. Lyonnaise des Eaux, Water Research Commision of South Africa.: McGraw Hill. D.L. Madrid*
- *Crites and Tchobanoglous, 2000. SISTEMAS DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES PARA NÚCLEOS PEQUEÑOS Y DESCENTRALIZADOS". Mc. Graw-Hill. Madrid*
- *Medina San Juan, J.A. 1999. Desalación de aguas SALOBRES Y DE MAR: OSMOSIS INVERSA. Mundi Prensa.Madrid.*
- *American Society of Civil Engineers and American Water Works Association. 1997. WATER TREATMENT PLANT DESING. Mc Graw Hill.NY (USA).*

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada