



E.T.S. de Ingeniería de
Caminos, Canales y Puertos y
de Ingeniería de Minas
Universidad Politécnica
de Cartagena



Guía docente de la asignatura: **Desalación**



**Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DEL AGUA Y DEL TERRENO POR LA UPCT**

CSV:	ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtRDN	Fecha:	29/01/2019 23:22:43	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtRDN	Página:	1/11	

1. Datos de la asignatura

Nombre	Desalación de aguas (Water desalination)				
Materia*	Tecnología en agua y recursos hídricos				
Módulo*	Módulo II: Especialidad en agua y recursos hídricos				
Código	228101016				
Titulación	Máster Universitario en Ciencia y Tecnología del Agua y del Terreno por la UPCT				
Plan de estudios	2014				
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Cuatrimestral	Cuatrimestre	2º	Curso	1º
Idioma	Español				
ECTS	4	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)	120

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Francisco Javier Pérez de la Cruz		
Departamento	Ingeniería Civil		
Área de conocimiento	Ingeniería Hidráulica		
Ubicación del despacho	Despacho 1.05. Anexo Edificio EICM/ETSINO		
Teléfono	868071235	Fax	
Correo electrónico	javier.cruz@upct.es		
URL / WEB	http://www.upct.es/~ingcivil		
Horario de atención / Tutorías	Lunes 10:00 - 13:00; Jueves 16:00 -19:00		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 1.05. Anexo Edificio EICM/ETSINO		

Titulación	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vinculación con la UPCT	Docente de sustitución
Año de ingreso en la UPCT	2009
Nº de quinquenios (si procede)	
Líneas de investigación (si procede)	Abastecimiento y desalación de aguas. Modelización de estructuras hidráulicas. Ingeniería hidráulica histórica. Miembro del Grupo de Investigación en Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medioambiental <i>Hidr@m</i> , UPCT.
Nº de sexenios (si procede)	
Experiencia profesional (si procede)	Investigador en el CEDEX. Participación en diferentes contratos con organismos para actividades de asistencia técnica en ingeniería hidráulica.
Otros temas de interés	Innovación docente

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura *Desalación* desarrolla los fundamentos básicos de los procesos empleados en la desalación de agua (con especial énfasis en la ósmosis inversa), así como su aplicación al proyecto y construcción de plantas desalinizadoras.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura *Desalación* contribuye a desarrollar las competencias relacionadas con el diseño y ejecución de instalaciones de desalación de agua de mar y de agua salobre, tanto en las cuestiones relacionadas con la calidad de agua producto como las cuestiones más específicas del diseño del proceso en cada una de sus fases (captación, pretratamiento, desalinización, remineralización, etc.).

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

La materia *Tecnología en agua y recursos hídricos* está constituida por seis asignaturas:

- Tratamiento y valorización de aguas residuales agropecuarias
- Depuración de aguas residuales urbanas
- Potabilización de aguas
- Desalación de aguas
- Simulación de flujo de transporte de aguas subterráneas. Aplicaciones en ingeniería y medio ambiente
- Ingeniería y ecología de ecosistemas acuáticos

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No existen.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda que los estudiantes hayan cursado, en los títulos que les dan acceso al máster, alguna asignatura relacionada con el tratamiento de aguas. En su caso, el profesor puede facilitarles apuntes y ejercicios resueltos, además de tutorías.

3.6. Medidas especiales previstas

El Vicerrectorado correspondiente podrá establecer adaptaciones especiales en la metodología y el desarrollo de enseñanzas para los estudiantes que padezcan algún tipo de discapacidad o alguna limitación, a efectos de posibilitarles la continuación de los estudios (artículo 6 de la Normativa de Evaluación de la UPCT).

El estudiante que, por sus circunstancias, pueda necesitar de medidas especiales de este tipo, debe comunicárselo al profesor al principio del cuatrimestre.

Asimismo, los estudiantes extranjeros que puedan tener dificultades con el idioma deben comunicárselo al profesor.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

G01. Aprender a aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos relacionados con su área de estudio.

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

ES2. Comprensión de los aspectos temporales y espaciales de los problemas hídricos planteados y su impacto a diversas escalas.

4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T14. Sensibilidad hacia temas medioambientales

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

Al final de la asignatura el alumnado será capaz de:

1. Utilizar y aplicar tanto los conceptos básicos como la terminología propia de las instalaciones de desalación de aguas.
2. Caracterizar las diferentes técnicas existentes para la desalación de aguas.
3. Profundizar en la técnica de la ósmosis inversa en todos sus aspectos (captaciones, pretratamientos, membranas, bombas, recuperadores de energía, etc.) realizando un diseño básico de las diferentes partes de la instalación.
4. Evaluar las características del agua una vez desalada, así como las necesidades de remineralización de la misma.
5. Caracterizar y atenuar los posibles impactos ambientales producidos en el proceso de desalación.

** Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf

CSV:	ZklCQ2XFLMvY5NNE3OhHtRDN	Fecha:	29/01/2019 23:22:43	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/ZklCQ2XFLMvY5NNE3OhHtRDN	Página:	5/11	

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Técnicas de filtración del agua. Corrección química y acondicionamiento del agua. Tecnologías existentes para desalación de aguas: Intercambio iónico; condensación y evaporación; electrodiálisis; ósmosis Inversa. Análisis de viabilidad técnica y económica de proyectos de desalación. Ejemplos prácticos de diseño. Aspectos legislativos relacionados con la desalación, el abastecimiento de aguas desaladas y el medioambiente.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

UNIDAD DIDÁCTICA 1. Introducción a la desalación de aguas

- T1. Principios básicos y tecnologías de desalinización
- T2. Antecedentes históricos y cifras actuales

UNIDAD DIDÁCTICA 2. Ósmosis inversa

- T3. Conceptos generales del proceso de ósmosis inversa
- T4. Captaciones
- T5. Dosificación de reactivos
- T6. Pretratamiento
- T7. Membranas y bastidores de ósmosis inversa
- T8. Bombas de alta presión
- T9. Sistemas de recuperación de energía
- T10. Remineralización de aguas desaladas

UNIDAD DIDÁCTICA 3. Aspectos económicos y ambientales

- T11. Estructura de costes de una planta desalinizadora
- T12. Tratamiento de vertidos y atenuación de los impactos

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

Resolución de ejercicios y supuestos prácticos

Se realizan en el propio aula (o en el aula de informática) y consisten en la resolución de ejercicios y supuestos prácticos propuestos por el profesor. Los estudiantes disponen de un tiempo para intentar resolver cada ejercicio antes de que lo haga el profesor o uno de los estudiantes.

La realización de prácticas se complementa con la resolución (opcional) por parte del alumno de otros ejercicios propuestos por el profesor en el Aula Virtual.

CSV:	ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtRdN	Fecha:	29/01/2019 23:22:43	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtRdN	Página:	6/11	

Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

UNIT 1. Introduction to water desalination

- T1. Basic principles and desalination technologies
- T2. Historical background and current figures

UNIT 2. Reverse osmosis

- T3. General concepts of reverse osmosis
- T4. Water intakes
- T5. Reagents dosage
- T6. Pretreatment
- T7. Membranes and reverse osmosis racks
- T8. High pressure pumps
- T9. Energy recovery systems
- T10. Remineralization of desalinated water

UNIT 3. Economical and environmental aspects

- T11. Structure costs of a desalination plant
- T12. Treatment discharges and mitigation of impacts

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en tres unidades didácticas:

Unidad didáctica I. Introducción a la desalación de aguas.

Se presenta una visión general del proceso de desalinización, realizando una descripción de los diferentes procesos que se emplean a día de hoy para obtener agua dulce a partir

CSV:	ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHTrDN	Fecha:	29/01/2019 23:22:43	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHTrDN	Página:	7/11	

de agua salada. Además, se muestra un resumen histórico de las diferentes tecnologías, hasta llegar a conocer cuáles son las cifras actuales que caracterizan la desalinización.

Los objetivos de esta unidad son:

- Diferenciar las distintas tecnologías que se utilizan en la desalinización.
- Conocer cómo se ha utilizado la desalinización a lo largo de la historia.
- Tener una visión global de la desalinización mediante diferentes parámetros y cifras, tanto a nivel nacional como mundial.

Unidad didáctica II. Ósmosis inversa

En esta unidad se profundiza en la tecnología más utilizada en la actualidad para la realización del proceso de desalación: la ósmosis inversa. Partiendo de la captación del agua y llegando al punto final de remineralización del agua desalada, se describen y se profundiza en cada uno de los diferentes tratamientos y procesos que pueden encontrarse en una desalinizadora. Se hace especial hincapié en el pretratamiento del agua antes de su paso por las membranas de ósmosis y en la configuración de los bastidores de membranas, así como en los sistemas de recuperación de energía, elemento característico de estas instalaciones.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Conocer los fundamentos del proceso de ósmosis inversa y sus diferentes aplicaciones.
- Diferenciar las diferentes tecnologías empleadas en la captación de aguas destinadas al proceso de desalación.
- Conocer y diseñar un pretratamiento adecuado a las características del agua captada (técnicas empleadas y dosificación de reactivos).
- Diseñar la configuración del bastidor de membranas más adecuada a los objetivos de calidad que se buscan en la desalación.
- Elegir la mejor configuración bombeo - recuperador de energía que asegure un diseño energéticamente eficiente de la planta.
- Conocer las diferentes técnicas de remineralización de aguas desaladas.

Unidad didáctica III. Aspectos económicos y ambientales

En esta unidad se estudian los costes del proceso de desalación, tanto los económicos (diferenciando entre costes de inversión y de explotación) como las posibles afecciones ambientales que ocasiona el proceso, con especial interés en el tratamiento de los vertidos. Para ello se caracteriza el vertido y se exponen los distintos métodos existentes para conseguir un mínimo impacto en el ecosistema marino.

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Aplicar un estudio de costes en cada una de las etapas de diseño con el fin de garantizar la viabilidad económica de la instalación.
- Identificar los diferentes impactos que ocasiona la desalinización
- Caracterizar el vertido de salmuera
- Conocer los diferentes métodos que se utilizan para minimizar el impacto del vertido de salmuera.
- Conocer el proceso de evaluación de impacto ambiental del vertido.

CSV:	ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtTrDN	Fecha:	29/01/2019 23:22:43	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/ZkICQ2XFLMvY5NNE3OhHtTrDN	Página:	8/11	

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva empleando el método de la lección. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial convencional</u> : Toma de apuntes. Planteamiento de dudas.	20
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	25
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo en plantear métodos de resolución y no en los resultados. En ocasiones se da un tiempo para que el estudiante intente resolverlo, con posibilidad de participación activa a través de estudiantes voluntarios.	<u>Presencial convencional</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	20
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor. Se entregan en clase, en el despacho o se envían a través de correo electrónico.	32
Actividades de evaluación formativa	Problemas y ejercicios propuestos en clase o en Aula Virtual por el profesor para resolver en clase o en casa. Se dispone así de un seguimiento del grado de asimilación de los contenidos. No se emplea para la evaluación del alumno pero sí para reforzar contenidos en caso necesario.	<u>Presencial no convencional</u> : Realización del ejercicio. Planteamiento de dudas.	3
		<u>No presencial</u> : Resolución de los ejercicios propuestos. Se entregan en clase, en el despacho o se envían a través de correo electrónico.	3
Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría y ejercicios	<u>Presencial no convencional</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	6
		<u>No presencial</u> : Planteamiento de dudas por correo electrónico.	
Seminarios	Sesiones formativas sobre temas específicos, pudiendo realizarse en colaboración con empresas, organismos, etc.	<u>Presencial no convencional</u> : Asistencia al seminario.	6
Visita técnica	Visita a obras o instalaciones cuya actividad esté relacionada con los contenidos de la asignatura.	<u>Presencial no convencional</u> : Asistencia a la visita.	3
Exámenes	Evaluación escrita	<u>Presencial no convencional</u> : Asistencia al examen	2
			120

Nota: Dependiendo de las condiciones de cada curso (número de matriculados, posibilidad de organizar visitas a obra, etc.) esta distribución de actividades formativas se seguirá en la medida de lo posible, en particular algunas actividades presenciales no convencionales como la visita y los seminarios.

6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

Resultados del aprendizaje (4.5)

Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5
Clase de teoría	X	X	X	X	X
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos			X	X	
Actividades de evaluación formativa	X		X	X	
Seminarios		X	X		X
Visita técnica	X		X		X



7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita teoría	X		60 preguntas tipo test que evalúan, principalmente, conocimientos teóricos (conceptos, definiciones, etc.) Tres respuestas incorrectas anulan una correcta	50%	1 a 5
Prueba escrita ejercicios	X		Dos ejercicios similares a los resueltos y propuestos en clase. Evalúan, principalmente, habilidades.	50%	1,3,4
Actividades propuestas por el profesor en clase		X	Problemas y ejercicios propuestos en clase o en Aula Virtual por el profesor para resolver en clase o en casa. Evalúan la evolución del aprendizaje.	-	1,3,4

- En la *prueba escrita teórica* (60 preguntas tipo test) es necesario obtener un mínimo de 2 puntos sobre 5 (un 40% de la máxima puntuación) para hacer media con los ejercicios.

- En la *prueba escrita ejercicios* (2 ejercicios) es necesario obtener 0,75 puntos sobre 2,5 (30% de la máxima puntuación) en cada ejercicio y que la suma de la puntuación en ambos ejercicios alcance un mínimo de 2 puntos sobre 5 (un 40% de la máxima puntuación total de la prueba) para hacer media con la teoría.

- La *asistencia a clase* podrá incrementar hasta en un 5% la nota final de la asignatura (siempre y cuando el alumno obtenga al menos un 4,5 en el examen)

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

La participación del alumnado en clase y una fluida comunicación profesor-alumno permite evaluar y reconocer tanto el grado de motivación, como las dificultades y problemas que pueden encontrar los estudiantes en su proceso formativo.

La presentación de problemas propuestos, permite detectar posibles carencias formativas y consolidar los conceptos más importantes de la asignatura.

Las tutorías permiten comprobar el nivel que se va adquiriendo a lo largo del curso.

8. Bibliografía y recursos

La mayor parte de los textos recomendados están disponibles en el Servicio CRAI Biblioteca de la UPCT:

<http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgisirsi/?ps=MIEQIcIV4o/SALA1/139880010/1/2144/X>

8.1. Bibliografía básica*

- FARIÑAS IGLESIAS, M. *Ósmosis inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones*. Madrid: Ed. McGraw Hill, 1999. 248 p. ISBN: 9788448121266
Unidad didáctica 2
- IBÁÑEZ MENGUAL, J.A. *Desalación de aguas: aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*. Murcia: Ed. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, 2009. 645 p. ISBN: 978-84-936326-6-3
Cubre todos los contenidos de la asignatura
- IBRAHIM PERERA, J.C. *Desalación de aguas*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1999. Colección Señor nº 23. 480 p. ISBN: 9788438001561
Unidades didácticas 2 y 3
- VOUTCHKOV, N. *Desalination engineering: planning and design*. Ed. McGraw-Hill, 2012. ISBN: 978-0071777155
Unidades didácticas 2 y 3
- VOUTCHKOV, N. *Desalination engineering: operation and maintenance*. Ed. McGraw-Hill, 2014. 336 p. ISBN: 978-0071804219
Unidad didáctica 2

8.2. Bibliografía complementaria*

- IBÁÑEZ MENGUAL, J.A. et al. *Desalación por membranas*. Ed. Diego Marín Librero, 1997. 419 p. ISBN: 978-84-89585-96-6
Unidad didáctica 2
- MEDINA SAN JUAN, J.A. *Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1999. 396 p. ISBN: 9788471148490
Unidades didácticas 1 y 2
- MULDER, M. *Basic principle of membrane technology*. Ed. Springer, 1996. 584 p. ISBN: 978-0792342489
Unidad didáctica 2
- SCOUT, K. *Handbook of industrial membranes*. Ed. Elsevier Advanced Technology, 1996. 912 p. ISBN: 978-1-85617-233-2
Unidad didáctica 2

8.3. Recursos en red y otros recursos

www.aedyr.es	Asociación Española de Desalación y Reutilización
www.awwa.org	American Water Works Association
www.desline.com	Desalination Directory Online
www.edsoc.com	European Desalination Society
www.euromemhouse.com	European Membrane House
www.idadesal.org	International Desalination Association
moodle.upct.es	Aula virtual de la UPCT