

# Guía didáctica sobre diseño de humedales artificiales

**Carmen Hernández Crespo | Miguel Martín Monerri**

Carmen Hernández Crespo  
Miguel Martín Monerris

# **Guía didáctica sobre diseño de humedales artificiales**



[http://tiny.cc/edUPV\\_rea](http://tiny.cc/edUPV_rea)

Colección Académica [http://tiny.cc/edUPV\\_aca](http://tiny.cc/edUPV_aca)

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita:  
Hernández Crespo, Carmen; Martín Monerris, Miguel (2023). *Guía didáctica sobre diseño de humedales artificiales*. Valencia: edUPV. <https://doi.org/10.4995/REA.2023.665301>

Autoría

Carmen Hernández Crespo  
Miguel Martín Monerris

Editorial

2023, edUPV

Venta: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6653\_01\_01\_01

Imagen de portada

Estación depuradora de aguas residuales de Valle Residencial Los Monasterios (Puçol, Valencia)

© de los textos y las imágenes: los autores

ISBN: 978-84-1396-150-7 (versión impresa)

ISBN: 978-84-1396-151-4 (versión electrónica)

DOI: <https://doi.org/10.4995/REA.2023.665301>

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)



*Guía didáctica sobre diseño de humedales artificiales / edUPV*

Se permite la reutilización de los contenidos mediante la copia, distribución, exhibición y representación de la obra, así como la generación de obras derivadas siempre que se reconozca la autoría y se cite con la información bibliográfica completa. No se permite el uso comercial y las obras derivadas deberán distribuirse bajo la misma licencia que regula la obra original.

# **Autores**

## **Carmen Hernández Crespo**

Profesora asociada del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente en la ETSICCP e investigadora del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València. Atesora una amplia experiencia investigadora en temas de evaluación ambiental y modelación matemática de calidad de aguas y sedimentos en medio natural, así como en la implementación, gestión y modelación SbN. Ha participado en numerosos proyectos de investigación, dirigiendo algunos de ellos.

## **Miguel Martín Moneris**

Profesor titular del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente y adscrito a la ETSICCP de la Universitat Politècnica de València. Tiene una dilatada trayectoria en proyectos de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) orientadas a la gestión de aguas residuales o contaminadas, como son los humedales artificiales, y a la gestión de aguas pluviales, como son los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Ha participado en numerosos proyectos de investigación de ámbito local y nacional, así como internacionales (LIFE, H2020) y con empresas; en varios de los cuales ha sido coordinador.

# **Resumen**

En los últimos años se ha observado un creciente interés por parte de los estudiantes de diversas ingenierías (civil, ambiental, industrial...) en desarrollar sus Trabajos Finales de Grado (TFG) o de Máster (TFM) en el ámbito de las tecnologías ambientales basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés). Entre ellas, el diseño de humedales artificiales es uno de los temas más habituales. Los humedales artificiales son sistemas de tratamiento que se pueden emplear para depurar distintos tipos de aguas residuales o contaminadas. En esta guía se recogen los principales criterios de diseño, recomendados en manuales internacionales y nacionales, realizando un énfasis especial en el porqué de éstos. La explicación de los criterios de diseño viene acompañada de ejercicios y ejemplos, para ayudar al lector a lograr una mejor comprensión.



# Índice

Prólogo	III
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Conocimientos previos necesarios	1
1.2. ¿Qué quiero resolver con esta tecnología?	1
1.3. ¿De qué trata esta guía?	2
1.4. Solo ante el peligro, el pánico del diseñador	3
Capítulo 2. Definición de caudales	5
2.1. Introducción	5
2.2. ¿Cómo gestiono el caudal?	5
2.3. Caudal medio para un funcionamiento "medio"	6
2.4. El problema del caudal punta	9
2.5. ¿Y si llueve?	11
2.5.1. Criterio de activación del aliviadero	13
2.5.2. Criterio de diseño del aliviadero	15
2.6. Caudales a evitar y controlar	18
Capítulo 3. Pretratamiento	19
3.1. Rejas de desbaste	19

Capítulo 4. Tratamiento primario	21
4.1.    Introducción	21
4.2.    Fosas sépticas	22
4.3.    Tanques Imhoff	25
Capítulo 5. Tratamiento secundario. Humedales artificiales	29
5.1.    Introducción	29
5.2.    Humedal de flujo subsuperficial horizontal	30
5.3.    Humedal de flujo subsuperficial vertical	37
5.4.    Humedal de flujo vertical con sistema francés	43
5.4.1.    Diseño de la primera etapa	44
5.4.2.    Diseño de la segunda etapa	45
Capítulo 6. Tratamiento terciario. Humedales para eliminación de nutrientes y patógenos	49
6.1.    Introducción	49
6.2.    Humedales para la eliminación de fósforo	50
6.3.    Humedales para la eliminación de nitrógeno	53
6.4.    Humedales para desinfección y mejora de la biodiversidad	54
Capítulo 7. Otras aplicaciones	57
7.1. Humedales de tratamiento de aguas grises	57
7.2. Humedales de tratamiento de fangos	59
Bibliografía	61

# Prólogo

En los últimos años se ha observado un creciente interés por parte de los estudiantes de diversas ingenierías (civil, ambiental, industrial...) en desarrollar sus Trabajos Finales de Grado (TFG) o de Máster (TFM) en el ámbito de las tecnologías ambientales basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés). Entre ellas, el diseño de humedales artificiales es uno de los temas más habituales.

Desafortunadamente, en los programas docentes enfocados en el tratamiento de aguas, aunque se desarrollan los conceptos básicos, no se logra profundizar en las herramientas necesarias para un diseño completo de estos sistemas. Ello, unido al interés que muestran estudiantes que han cursado otras intensificaciones académicas pero que desean complementar sus capacidades en esta materia, muestra la necesidad de elaborar una guía didáctica para el diseño de humedales artificiales.

En este inicio del documento no nos podemos sustraer al debate que existe sobre la denominación este tipo de tecnologías para el tratamiento de aguas. La literatura científico-técnica no debe permitir ambigüedades en los términos que se emplean.

Como en tantos otros aspectos de la actividad científica y técnica, la nomenclatura comúnmente establecida proviene del idioma inglés. En Gran Bretaña, estos sistemas se conocen como *Reed Bed Treatment Systems*, que se podría traducir como "Sistema de Tratamiento de Lechos de Carrizo", denominación que no se ha trasladado al español. En este idioma, las denominaciones más habituales son Humedales Artificiales o Humedales Construidos, que proviene del término inglés *Constructed Wetlands*, muy empleado desde mediados del siglo XX, con los inicios de esta tecnología. En contra de estas denominaciones está el rechazo a considerar como artificial

algo que se basa en elementos naturales y en el que la actuación del ser humano está más bien en la optimización del proceso antes que en la intervención en los procesos. A favor, una clara diferenciación entre zonas húmedas naturales y aquellas creadas o restauradas por el ser humano. En los últimos años, se está imponiendo el término *Treatment Wetlands*, que podría ser traducido como Humedales para el Tratamiento, aunque sin duda, el término más completo sería el que define al grupo especializado de la *International Water Association (IWA)* como *Wetland Systems for Water Pollution Control*. En este documento, para seguir con una nomenclatura breve y concisa se empleará la denominación de Humedales Artificiales.

En medios no académicos se ha introducido el término Filtro Verde como denominación para estos sistemas de tratamiento basados en la naturaleza. Esta denominación ha tenido mucho arraigo popular porque tiene una evidente potencia visual: por un lado, la filtración es un mecanismo significativo para la mejora de la transparencia del agua mediante estos sistemas, algo evidente a simple vista; por otro, la presencia de plantas helófitas (carrizo, enea, etc.) le da ese carácter verde.

En una guía didáctica para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas no se puede admitir ese término puesto que, en este ámbito de estudio, un Filtro Verde es otro sistema de tratamiento de aguas que comparte algunas similitudes pero que cuenta con notables diferencias. En los Filtros Verdes, el agua residual se aplica como si de un riego se tratara; el sustrato (suelo agrícola) no está saturado y las plantas aprovechan los nutrientes para su crecimiento; las bacterias del suelo se encargan de la transformación biológica de la materia orgánica y nitrógeno, mientras que la condición de no saturación del medio facilita la presencia de oxígeno para la actividad microbiológica. Las plantas que se emplean en Filtros Verdes no son plantas habituadas a medios permanentemente encharcados, como las helófitas, habituales en humedales naturales, por lo que es habitual emplear especies arbóreas forestales de ribera como los chopos u otras para explotación maderera.

Realizadas estas aclaraciones previas, tan solo remarcar que esta guía pretende acompañar al estudiante no sólo en el cómo sino también en el por qué.

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Conocimientos previos necesarios

La persona que acceda a esta guía debe tener una formación previa en el área de ingeniería ambiental y específicamente en el tratamiento de aguas.

Debe estar familiarizada con la cuantificación de los principales contaminantes como materia orgánica ( $DBO_5$ ,  $DBO_{\text{límite}}$ , DQO), sólidos disueltos, en suspensión volátiles y totales, nutrientes principales (nitrógeno y fósforo) en sus formas orgánica e inorgánicas e indicadores de contaminación microbiológica.

También debe conocer conceptos como habitante equivalente (he), tiempo de retención hidráulica, carga hidráulica superficial, carga sobre vertedero o tiempo de retención celular.

Debe ser conocida la relación de las constantes de velocidad de las reacciones con la temperatura; en particular, la ecuación de temperatura de Arrhenius (ecuación 1.1).

$$k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

**Ecuación 1.1**

### 1.2. ¿Qué quiero resolver con esta tecnología?

En muchas ocasiones cuando una tecnología se hace muy popular se puede caer en la tentación de pensar que vale para todo y ser empleada sin un análisis, siquiera somero, de su oportunidad para cada caso concreto. Para facilitar la toma de una decisión se puede establecer la siguiente clasificación:

**Para seguir leyendo, inicie el  
proceso de compra, click aquí**