



# GUÍA DE COMPRA PÚBLICA DE INNOVACIÓN

## EN ECONOMÍA CIRCULAR Y SOSTENIBILIDAD





*Mucho más que Agua*

## **GUÍA DE COMPRA PÚBLICA DE INNOVACIÓN**

EN ECONOMÍA CIRCULAR  
Y SOSTENIBILIDAD

ISBN-13 978-84-09-16629-9

Textos: Sus investigadores

Edición: Aguas de Alicante y colaboradores

Diseño y Maquetación: [www.tooloversdesign.com](http://www.tooloversdesign.com)



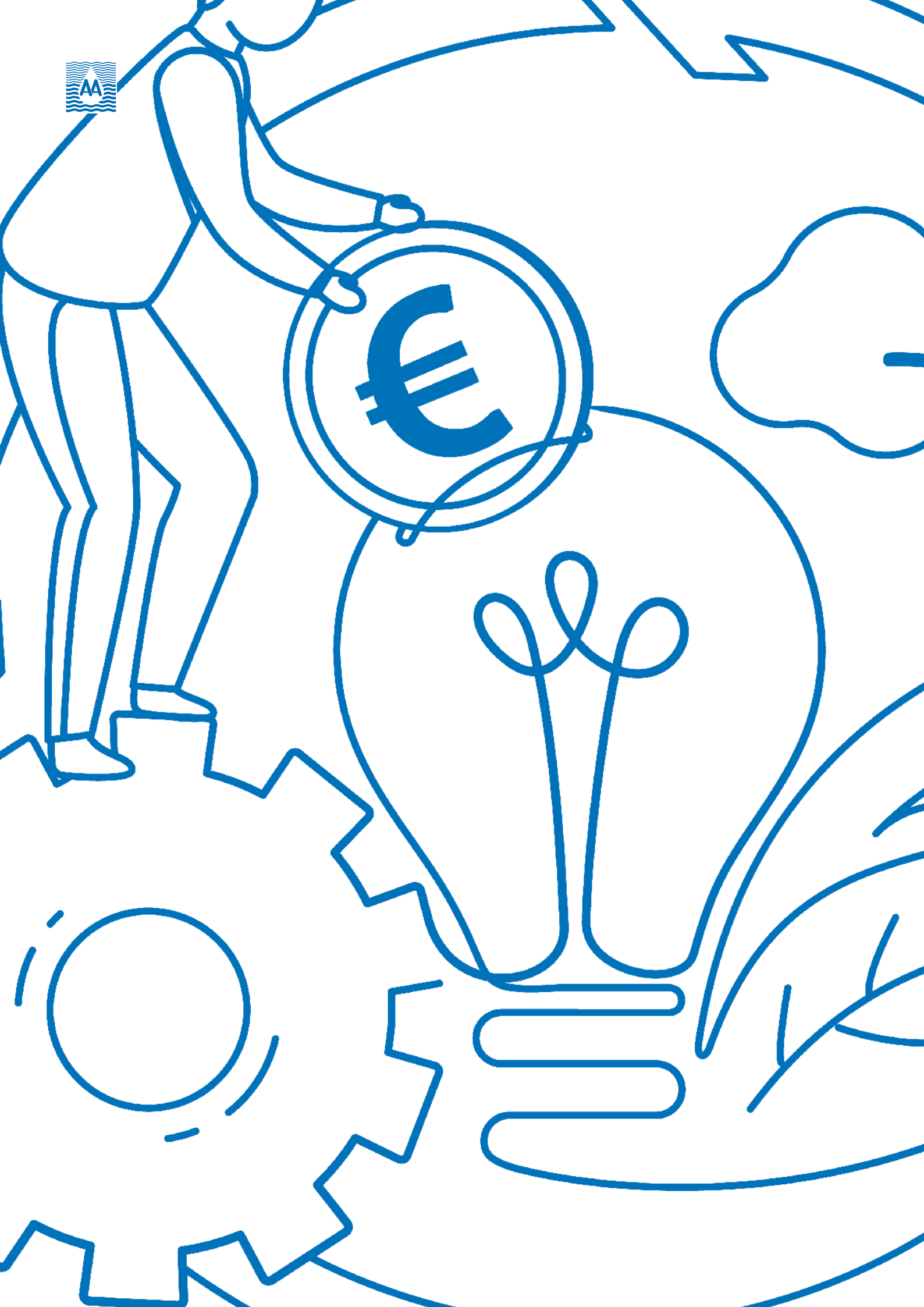


# Índice

<b>1. Resumen Ejecutivo.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Compra Pública de Innovación.....</b>	<b>9</b>
2.1. La Compra Pública de Innovación.....	10
2.2. Planteamiento estratégico.....	11
2.3. Instrumentos de CPI.....	11
2.3.1. Niveles de innovación tecnológica de la CPI.	
2.3.2. Tipologías de CPI.	
2.4. Proceso de CPI.....	14
2.4.1. Definición de retos: Identificación de necesidades no cubiertas.	
2.4.2. Consultas Preliminares del Mercado. Mapa de Demanda Temprana.	
2.4.3. Licitación – Elaboración de pliegos.	
2.5. Errores frecuentes en un proceso CPI.....	17
<b>3. Economía Circular.....</b>	<b>19</b>
3.1. Qué es la Economía Circular.....	20
3.2. Principios fundamentales de la Economía Circular.....	19
3.3. Marco regulatorio de la Economía Circular.....	22
3.4. Agua y economía circular.....	24
<b>4. Proyectos de Innovación en Economía Circular.....</b>	<b>25</b>
<b>Aguas de Alicante.....</b>	<b>27</b>
1. Reciclaje de materiales de obra.....	28
2. Sistemas Inteligentes de Control de Captaciones Subterráneas.....	30
3. Redes de interceptación de sólidos.....	32
<b>IIAMA - Universidad Politécnica de Valencia.....</b>	<b>35</b>
1. Herramienta de control para la reducción de la huella energética en EDAR.....	36
2. Herramienta de simulación, diseño y optimización de EDAR.....	38
3. Tecnología AnMBR para el tratamiento de aguas residuales de cargas media y bajas a temperatura ambiente.....	40
4. Tecnología de membranas para separación de metano disuelto en agua para su recuperación.....	42

5. Tecnología de membranas para separación de Nitrógeno de corrientes con elevada concentración de nitrógeno .....	46
6. Tecnología para la recuperación de fósforo en forma de estruvita en corrientes con elevada concentración de fósforo .....	48
7. Automatización del proceso de calibración de los parámetros de modelos de fangos activados mediante experimentos off line.....	50
Nuevo Modelo de Gestión de Corrientes de Fango en EDAR para la recuperación de nutrientes.....	52
8. Aplicación de la tecnología de membranas en la línea de aguas de un esquema de tratamiento convencional para valorizar energéticamente la materia orgánica contenida en el agua residual aprovechando las infraestructuras existentes en las EDAR.....	55
9. Control de la calidad microbiológica del agua y biopelículas asociadas a sistemas de distribución con la técnica de metagenómica dirigida .....	59
10. Control de la calidad microbiológica (bacterias y protozoos patógenos) del agua regenerada con la técnica de metagenómica dirigida.....	61
11. Control de la microbiología de los procesos de depuración biológica (Bacterias filamentosas, Bacterias de los ciclos del nitrógeno, carbono, azufre y fósforo arqueas metanógenas) con la técnica de metagenómica dirigida.....	63
12. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical con sustrato activo.....	65
13. Obtención de recursos hídricos para ecosistemas acuáticos mediante humedales artificiales .....	67
14. Recuperación y almacenamiento de agua en la ciudad mediante el empleo de tecnologías basadas en la naturaleza.....	70
15. Empleo de biojardinerías para el tratamiento y regeneración de aguas grises .....	72
16. Construcción y explotación de gemelos digitales de redes de distribución de agua en un entorno GIS .....	75
17. Monitorización de redes de riego en tiempo real en un entorno GIS y programación óptima de los riegos para minimizar el coste energético.....	78
18. Soluciones de inteligencia artificial para automatizar e incorporar el conocimiento experto en la gestión de sistemas multiembalse.....	81
19. Sistema de apoyo a la decisión para la gestión forestal de base ecohidrológica en cuencas de cabecera de clima semiárido.....	84
<b>IUACA - Universidad de Alicante .....</b>	<b>88</b>
1. Transparencia y acceso a la información en el sector del agua.....	90
2. Fuentes de energía alternativa.....	93
3. Deficiencias en la comunicación pública ante el riesgo de inundaciones por lluvias torrenciales para municipios de la Comunidad Valenciana.....	95
4. Herramienta para la gestión de los riesgos sociales de obras hidráulicas .....	97
5. Incremento de la oferta de recursos hídricos para el regadío.....	99
6. Nuevas alternativas de transporte inteligente y sostenible .....	102

7. Microcontaminantes en aguas residuales.....	105
8. Descontaminación sostenible de caudales de escorrentía urbana.....	108
9. Compliance del derecho administrativo aplicable en materia de gestión de aguas .....	110
10. Método que permita medir el rendimiento de los recursos hídricos en función de la actividad industrial .....	112
11. Guía técnico-jurídico que analizará las relaciones entre las distintas administraciones implicadas y las responsabilidades asociadas a cada de ellas en caso de incumplimiento de los parámetros determinados en el Reglamento.....	113
12. Empleo de agua regenerada conjuntamente con residuos orgánicos para el cultivo de especies cespitosas .....	115
13. Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas mediante un reactor UASB (Uflow Anaerobic Sludge Blanket) y recuperación de biogás para reutilización en EDAR urbanas .....	116
14. Energía solar fotovoltaica como fuente de abastecimiento eléctrico de los equipos de bombeo .....	118
15. Técnicas electromagnéticas de las incrustaciones calcáreas producidas por aguas duras .....	121
16. Certificación de huella hídrica y su eficiencia en la gestión de agua.....	124
17. Tarifación de los servicios de agua potable utilizando un método justo para los consumidores y sostenible para el medio ambiente.....	126
18. Evaluación del impacto social de las transformaciones con una gestión responsable de las inversiones en materia de planificación urbana.....	127
19. Procesos de participación ciudadana eficaces que alcancen un alto nivel de implicación.....	130
20. Toma de decisiones para la inversión en espacios urbanos degradados y en desuso .....	134
21. Soluciones integrales en cuanto al asesoramiento sobre la elaboración de planes y proyectos urbanos.....	138
22. Herramientas fiscales del ámbito local con tributación diferenciada en función de la zona del inmueble.....	141
23. Modelo de gestión de riesgos de la infraestructura hidráulica con relación a los riesgos hidrológicos .....	143
24. Desarrollo de dispositivos antisísmicos en infraestructuras hidráulicas .....	146
25. Diseño de tubería antisísmica de hormigón armado en infraestructuras hidráulicas de saneamiento.....	150
26. Evacuación de aguas de escorrentía y drenaje urbano .....	152
27. Sistema de Monitorización de la Accesibilidad Urbana.....	154
<b>CETAQUA - Centro Tecnológico del Agua .....</b>	<b>157</b>
1. Tratamiento conjunto de los lodos de depuradora y la fracción orgánica de los RSU a través de la co-digestión anaerobia en plataformas centralizadas, con el objetivo de producir energía (biogás) y un digestato apto para su uso como biofertilizante.....	158
2. Modelo de gestión integral de la Economía Circular en territorios .....	161
3. Recuperación de productos valorizables para el propio proceso de tratamiento y regeneración de aguas.....	169
<b>5. Bibliografía .....</b>	<b>172</b>





## Agradecimientos

Desde Aguas de Alicante se quiere agradecer en primer lugar a la Agencia Valenciana de la Innovación por creer en nuestro proyecto y apoyarlo desde el primer día.

Agradecer a la empresa experta en Compra Pública de Innovación Science & Innovation Link Office (SILO) por toda su ayuda en las acciones realizadas en este proyecto.

Agradecer a todos los investigadores y expertos que han participado en la redacción de las fichas de innovación de esta Guía de las entidades siguientes: Instituto de Ingeniería del Agua y Medioambiente (IIAMA), Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales (IUACA) y del Centro Tecnológico del Agua (CETAQUA).

Y por último, agradecer al equipo experto de Compra Pública de Innovación de Aguas de Alicante por su trabajo realizado durante este camino ilusionante que hemos comenzado.

## Resumen ejecutivo

Aguas de Alicante es una entidad comprometida, responsable, sostenible, innovadora y referente con 120 años de trayectoria en la gestión del ciclo del agua y el medioambiente. Desde Aguas de Alicante, siempre hemos apostado por la mejora de la sostenibilidad y la calidad de la vida de los ciudadanos, en colaboración con los centros expertos tecnológicos, Universidades, Asociaciones, pequeñas y grandes empresas innovadoras y en el conjunto de toda la sociedad.

En Aguas de Alicante creemos firmemente que la Compra Pública de Innovación (CPI) es un instrumento muy adecuado para fomentar nuevas oportunidades dentro del mercado, impulsando la demanda de los productos innovadores, y creando nuevas oportunidades de negocio entre empresas de nueva creación y empresas ya asentadas en el tejido productivo.

La transición hacia una economía circular es una magnífica oportunidad para transformar nuestra economía y más sostenible, contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a la conservación de los recursos mundiales, crear puestos de trabajo a escala local y generar ventajas competitivas en un mundo que está experimentando cambios profundos.

Por ello, con el soporte de la Agencia Valenciana de la Innovación y contando con expertos en compra pública y economía circular, decidimos redactar esta Guía donde tanto compradores públicos como empresas puedan consultar de forma íntegra en un solo documento, conceptos de Compra Pública de Innovación, Economía Circular y un gran conjunto de ejemplos prácticos de en qué aspectos se pueden realizar innovaciones relacionadas con la Economía Circular.

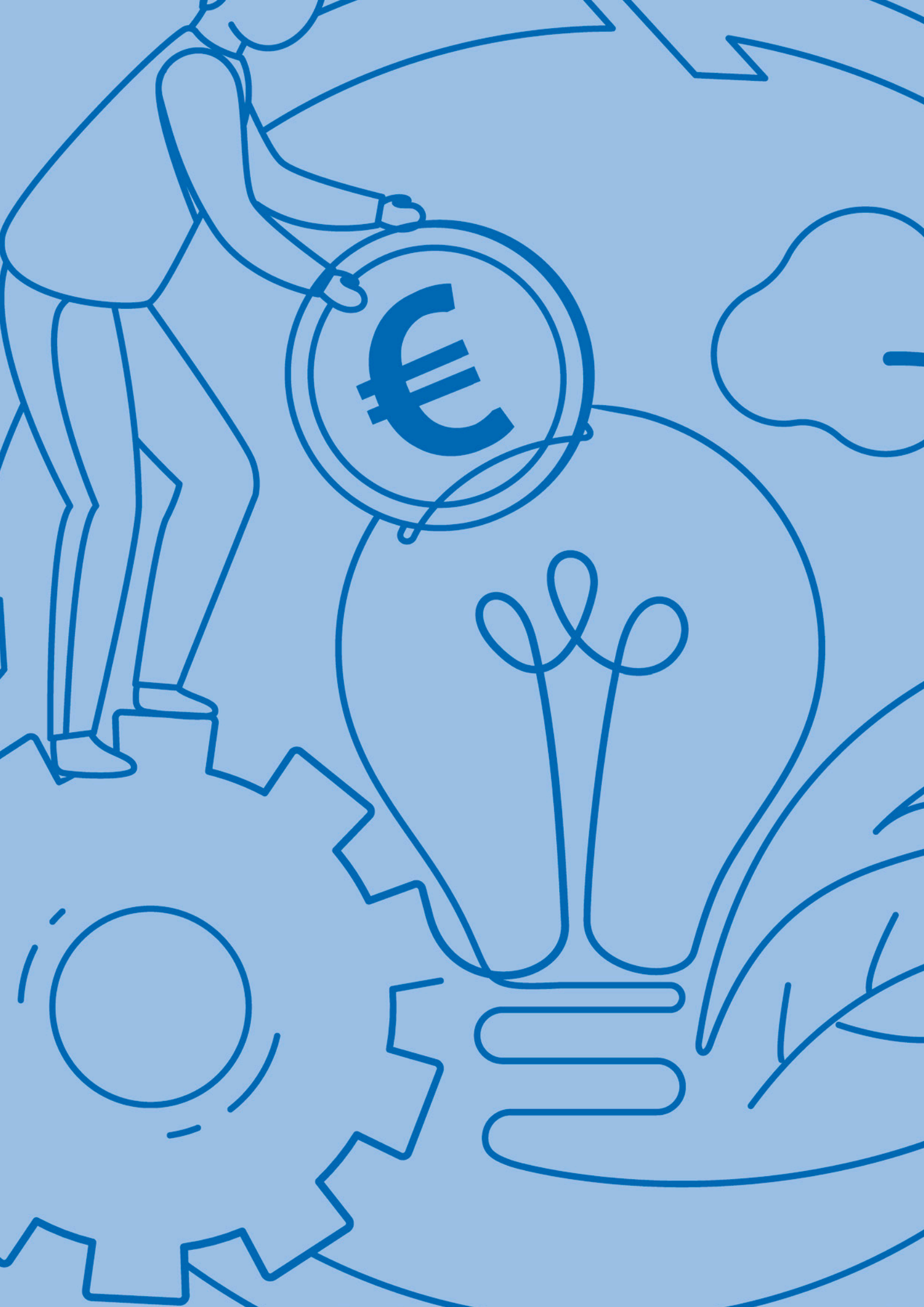
Sin más, esperamos que les sea de ayuda el presente documento.

*Aguas Municipalizadas de Alicante, E.M.*

### Dirigida a:

La presente guía está enfocada para los servicios de contratación y tramitadores de toda Administración Pública, incluyendo también:

- Técnicos de la Administración Pública y Entidades de Derecho Público.
- Técnicos del Sector Público.
- Personas físicas o jurídicas a las que resulte de interés la CPI y/o la Economía Circular.



A large, stylized blue line-art illustration on the left side of the page. It depicts a globe with several leaves growing from its base and a large arrow pointing upwards and to the right, symbolizing growth and innovation.

# Compra Pública de Innovación

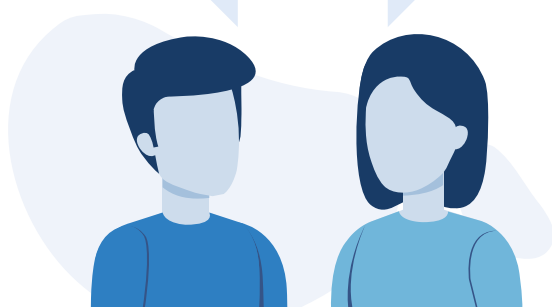


## Compra Pública de Innovación (CPI).

La Compra Pública de Innovación es una actuación administrativa orientada a potenciar el desarrollo de soluciones innovadoras desde el lado de la demanda a través del instrumento de la contratación pública. Es una metodología que fomenta nuevas oportunidades dentro del mercado, impulsando la demanda de productos innovadores, y creando nuevas oportunidades de negocio entre empresas de nueva creación y empresas ya asentadas en el tejido productivo.

Si hubiese una demanda clara, invertiríamos para suministrar productos innovadores

Si hubiese alternativas disponibles, adecuadas y económicas para nuestros retos pendientes, las compraríamos



PARADOJA COMPRADOR-PROVEEDOR

QUÉ ES	QUÉ NO ES
<p>Es un procedimiento administrativo de contratación, por el cual el comprador público puede licitar la contratación de un producto o servicio:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Por sus especificidades funcionales,</li><li>• Que no existen en el mercado y</li><li>• para lo cual es necesario desarrollar actividades de I+D</li></ul>	<p>No tiene por que ser una nueva forma de adjudicación de contratos, ya que la adjudicación puede seguir las mismas modalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Adjudicación directa</li><li>• Negociado con o sin publicidad,</li><li>• Diálogo competitivo</li><li>• Etc.</li></ul> <p><b>!!! NO ES INNOVAR EN EL PROCESO DE CONTRATACIÓN !!!</b></p>

### ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE LA CPI?

La CPI impacta positivamente en diferentes entornos de la siguiente forma:

- 1. Sector Público:** Mejor Propuesta de Valor para los ciudadanos y empresas puesto que la compra se basa en las necesidades a cubrir, no en las limitaciones impuestas por los productos existentes. Por lo tanto, ofrece a los servidores públicos una oportunidad para cumplir mejor con su cometido.
- 2. Sector Privado:** la CPI supone un mayor incentivo para las empresas a innovar ya que la administración constituye una primera demanda comercial que hace más atractiva la inversión en innovación al disminuir la incertidumbre.
- 3. Región/País:** Mejora la competitividad y sostenibilidad regional y/o nacional puesto que se generan economías más sólidas y, a la vez, más innovadoras en sectores de especial interés para la región/país.

La idea de la Compra Pública de Innovación surge como solución a uno de los frenos más importantes de la innovación, la paradoja del proveedor – comprador, basada en la falta de transparencia y flujo de información entre la oferta y la demanda.

La Compra Pública de Innovación propone el establecimiento de canales que faciliten el intercambio de innovación y, en definitiva, permita a los servicios públicos la incorporación de bienes y servicios innovadores, y a la vez, las empresas reduzcan el grado de incertidumbre asociado a los proyectos innovadores.

De forma indirecta, este círculo virtuoso hace que las regiones sean más competitivas al engrosar el número de empresas innovadoras existentes. De ahí surge la oportunidad de emplear la CPI, aparte de como vía de mejora del sector público, como instrumento estratégico de fomento de la I+D+I en un contexto que promueve la colaboración público – privada.

## PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO.

La Estrategia de Compra Pública de Innovación se define como un **instrumento de planificación de los objetivos, líneas de actuación, medidas y recursos que el ofertante debe tener en cuenta cuando se desarrolle la Compra Pública de Innovación en la Administración Pública.**

La misión de la estrategia es la de servir a organismos y entidades del ámbito público para la mejor y más adecuada aplicación de los procedimientos de contratación y adjudicación de la CPI, y servir para el cumplimiento de objetivos que se pretenden llevar a cabo a través de los diferentes planes estratégicos.

Pese a que la CPI es un instrumento muy poderoso a la hora de fomentar la innovación, es importante tener en cuenta que, en función de las prioridades estratégicas de la región o país, se pueden definir diferentes objetivos con las compras públicas.

En este sentido, se deben de tomar en consideración elementos que faciliten y favorezcan el proceso de Compra Pública de Innovación, de tal forma que se estimule el desarrollo de nuevas redes de pequeñas y medianas empresas a nivel local y regional, pero, a su vez, se pueda atraer la inversión directa extranjera realizada por grandes empresas multinacionales con el objetivo de favorecer al progreso de las regiones.

Además, se busca desarrollar una nueva mentalidad innovadora por parte de los empleados públicos, con el fin de tener presentes estos procesos para implantar las mejores técnicas innovadoras cubriendo en todo momento las pretensiones de la Administración y apostando por la mejor prestación de servicios acorde a la ratio coste/beneficio que suponga cada caso.

De esta forma, **resulta imprescindible establecer claramente los objetivos de la política de Compra Pública de Innovación a implantar a fin de realizar un correcto diseño de procesos**, criterios e indicadores. De esta forma, la herramienta o instrumento de actuación responderá con precisión a las necesidades identificadas y a la apuesta política correspondiente.

## INSTRUMENTOS DE CPI

### Niveles de innovación tecnológica de la CPI.

Una vez se hayan definido las necesidades a satisfacer y se disponga de la información sobre la existencia de posibles soluciones a las mismas, la cuestión a resolver es determinar en qué tipo de compra de innovación se enmarca un proyecto.

Para ello, una metodología adecuada es utilizar los denominados **Technology Readiness Levels o Niveles de Madurez de la Tecnología (en adelante TRLs)**. Los TRLs surgen,

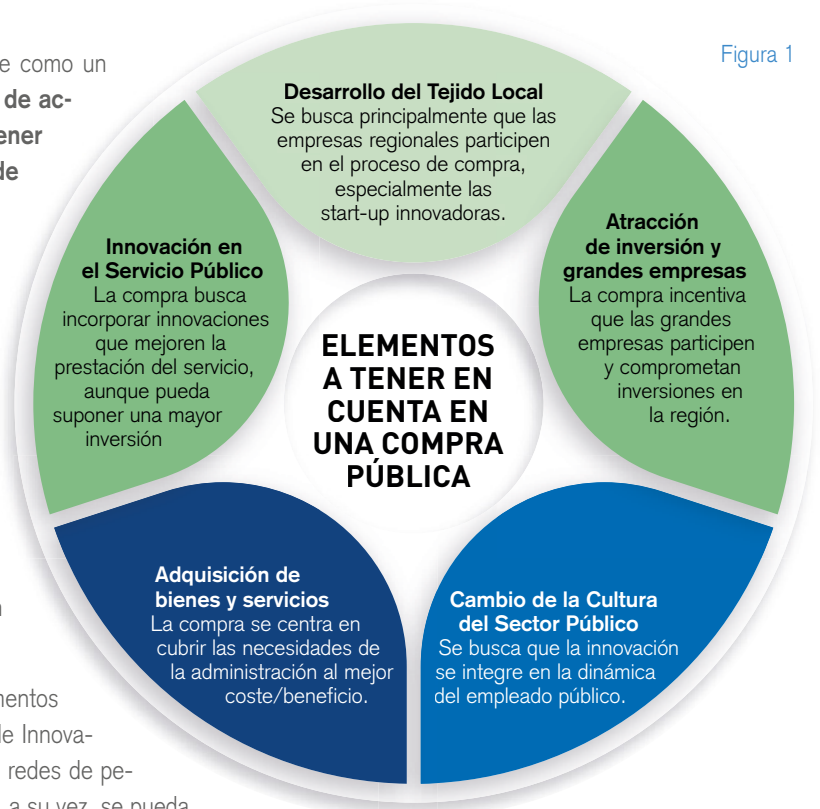


Figura 1

La misión de la estrategia es la de servir a organismos y entidades del ámbito público para la mejor y más adecuada aplicación de los procedimientos de contratación y adjudicación de la CPI.



Los TRL pueden servir para condicionar el punto de partida mínimo exigible de la propuesta que presenten los licitadores, lo que puede contribuir a reducir la incertidumbre de cara a la obtención de resultados.

en un primer momento, para su aplicación a proyectos aeronáuticos o espaciales, aunque posteriormente se expande su aplicación a cualquier tipo de proyecto para medir el grado de madurez de una tecnología.

Se consideran 9 niveles que se extienden desde la idea básica hasta llegar a la solución de mercado ya comercializable:

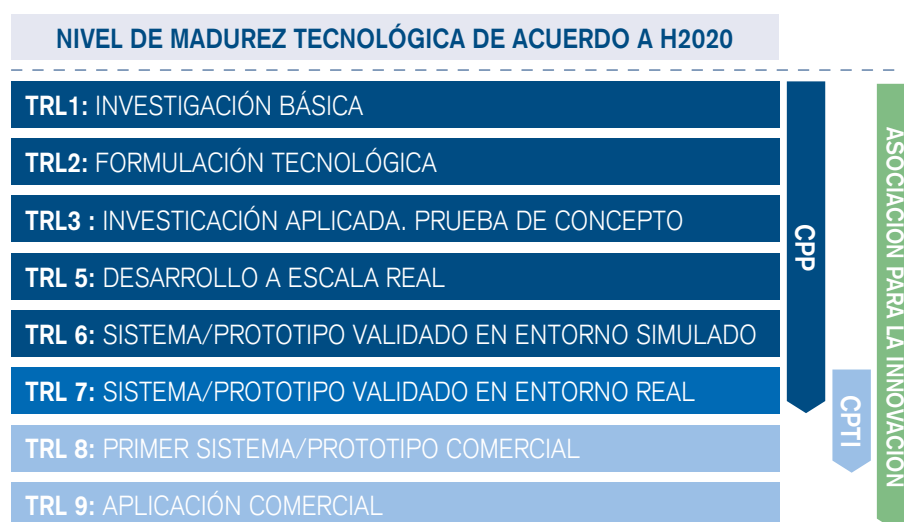


Figura 2

A partir de este punto, se trata de identificar de qué TRL se parte en el momento de iniciar la contratación y hasta qué TRL se pretende llegar al finalizar la ejecución del contrato. Este camino de innovación tecnológica a seguir será el que marque qué tipo de proceso de CPI hay que seguir para alcanzar el objetivo marcado.

### Tipologías de CPI.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de Compra Pública de Innovación, que no constituyen una definición legal sino conceptual:

#### 1. Compra pública Precomercial (CPP):

**Contratación de servicios de I+D** en la que el comprador público no se reserva los resultados de I+D para su uso en exclusiva, sino que **comparte con las empresas los riesgos y los beneficios** de la I+D necesaria para desarrollar soluciones innovadoras que superen las que hay disponibles en el mercado.

Si se considera que hay que contratar exclusivamente servicios de I+D para desarrollar una solución que está lejos de estar disponible en el mercado, se recomienda hacer uso de la CPP.

La CPP está excluida de la Ley de Contratos del Sector Público y, por tanto, el poder adjudicador puede configurar libremente el procedimiento de adjudicación respetando el resto de las regulaciones vigentes y los principios generales de la compra pública.

Se recomienda que, para mitigar los riesgos inherentes a la I+D, se planteen procesos de ejecución por fases, en los que el comprador filtre a través de criterios de cambio de fase sucesivos a los adjudicatarios que mejor cubren las expectativas iniciales de la compra.

Esta exclusión de la ley de contratos no está exenta de condiciones:

- Su ámbito de aplicación se limita hasta las etapas previas a la comercialización y exige que los beneficios se compartan con la empresa o empresas adjudicatarias,
- No se remuneren íntegramente los servicios prestados (artículo 8 de la LCSP).

## 2. Compra Pública de Tecnología Innovadora (CPTI):

Compra pública de un bien o servicio que no existe en el momento de la compra, pero que puede desarrollarse en un periodo de tiempo razonable. Requiere el **desarrollo de tecnología nueva o mejorada** para poder cumplir con los requisitos demandados por el comprador.

Si el mercado ya está preparado para dar respuesta a las necesidades planteadas en un plazo razonable de tiempo, por ejemplo, con prototipos validados en entorno real, la CPTI es la fórmula más adecuada para adquirirlo.

Los requerimientos de los pliegos, por este motivo, deberán estar definidos a nivel funcional y de resultados, no en términos de detalle técnico, a fin de poder dar opción a desarrollos finales de tecnologías que empiezan el proceso siendo precompetitivas.

Este tipo de compra debe cumplir con la Ley de Contratos del Sector Público en su totalidad. De esta manera, la adjudicación se

basa en cualquiera de los procedimientos recogidos en la misma. En caso de ejecutarse mediante un procedimiento abierto, el esquema de licitación sería el siguiente:

## 3. Asociación para la Innovación (API):

**Procedimiento de Adjudicación** !

Se trata del encadenamiento de un proceso de compra precomercial y el posible contrato posterior de despliegue mediante un solo procedimientos administrativo. Es el instrumento más ventajoso desde el punto de vista de la tracción de pymes intensivas en conocimiento y la generación e impulso sectoriales, ya que permite a las pequeñas empresas competir en contratos de CPP y/0 CPTI e ir después al posterior despegue (generalmente UTE o subcontratada por una gran empresa).

La Ley de Contratos del Sector Público contempla un procedimiento de adjudicación nuevo, derivado de la trasposición de las directivas europeas, la Asociación para la Innovación (API). Este es aplicable en los supuestos en que las soluciones disponibles en el mercado no satisfagan las necesidades del órgano de contratación. Es decir, se trata de un tipo de CPI y, a la vez, de un procedimiento de adjudicación.

Siguiendo lo dispuesto en la Ley 9/2017, la Asociación para la Innovación es un procedimiento que tiene como finalidad el desa-

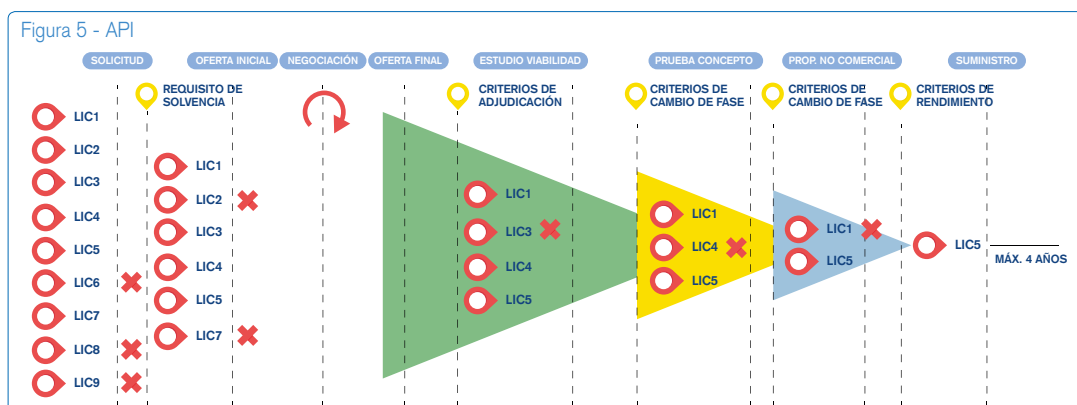
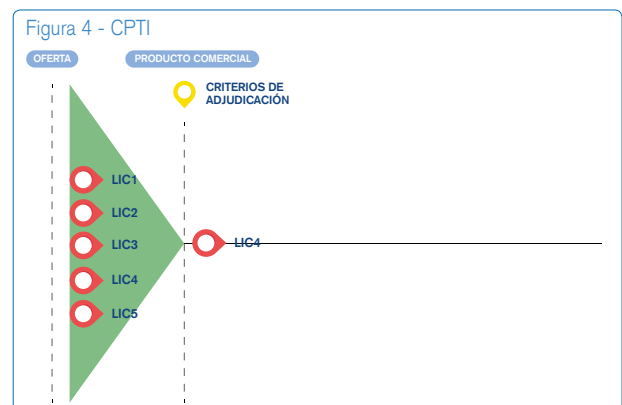
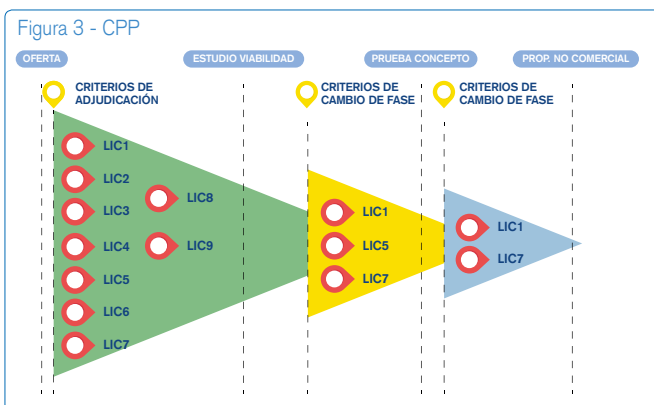


Figura 6



Innovación es un procedimiento que tiene como finalidad el desarrollo de productos, servicios u obras innovadoras y la compra ulterior de los suministros, servicios y obras resultantes.

rollo de productos, servicios u obras innovadoras y la compra ulterior de los suministros, servicios y obras resultantes, siempre que correspondan a los niveles de rendimiento y costes máximos acordados entre los órganos de contratación y los participantes.

### PROCESO DE CPI

A la hora de actuar en un proyecto de CPI, es necesario definir el proceso básico que hay que llevar a cabo para desarrollar el procedimiento y el papel que se ha de adoptar en cada uno de ellos. El esquema general del proceso responde gráfico representado en la figura 6 de esta página.

De este proceso se destacan los siguientes elementos:

#### 1. Definición de retos: identificación de necesidades no cubiertas.

Antes de redactar las especificaciones técnicas, los compradores públicos deben llevar a cabo una profunda **evaluación de las necesidades** con el fin de definir el reto que se pretende resolver.

En el proceso de identificación de los retos o necesidades, es fundamental identificar y configurar un grupo representativo de actores clave con amplia cobertura sectorial y con alcance a toda la administración contratante.

Con objeto de evitar el tratamiento preferente, toda la información intercambiada se debe publicar o comunicar al resto de los posibles licitadores. La optimización de los costes y el incremento de la eficiencia del servicio público deben contrarrestar el coste de dicho servicio.

Otra figura relevante es la de la gestión de ofertas no solicitadas, en virtud de ella, la administración podrá buscar mecanismos, plataformas y/o procedimientos para la gestión de las ofertas no solicitadas. Estas se pueden referir a propuestas, sugerencias, aproximaciones y/o ideas sobre necesidades no resueltas en la administración y que pueden tener interés en activar el proceso de Compra Pública de Innovación.



Figura 7

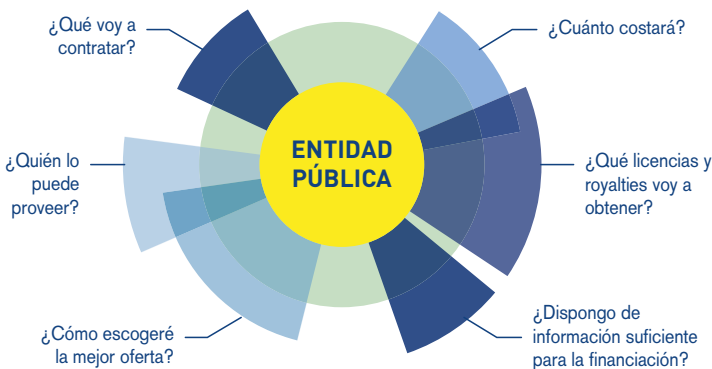


Figura 8



## 2. Consultas preliminares del mercado.

Una vez identificados los retos y necesidades de los órganos de contratación, éstos podrán realizar estudios de mercado y dirigir consultas a los operadores económicos que estuvieran activos en el mismo con la finalidad de preparar correctamente la licitación e informar a los citados operadores económicos acerca de sus planes y de los requisitos que exigirán para concurrir al procedimiento.

Una consulta es una convocatoria abierta en el que puede participar cualquier entidad física o jurídica con capacidad para aportar ideas innovadoras destinadas a dar respuesta a una serie de retos o necesidades en el sistema mediante el empleo de tecnologías que superen las prestaciones de las existentes en el mercado.

El objeto de la consulta es el de definir los requerimientos funcionales que constituirán el objeto del contrato; los niveles de solvencia mínimos para garantizar que los licitadores podrán cumplir con el objeto del contrato; las variables clave que garantizarán la elección óptima; el presupuesto y plazo adecuado que garanticen el cumplimiento del objeto y el alcance del proyecto; y los posibles modelos de gestión de los DPIs resultantes de la licitación (royalties - figura7).

Actualmente se regulan las Consultas Preliminares del Mercado en el artículo 115 de la Ley de Contratos del Sector Público (9/2017). La consulta debe ser transparente y no discriminatoria, es decir, no conceder privilegios a un producto, una tecnología o un proceso sobre el resto (figura 8).

En este sentido, hay que tener en cuenta algunos principios para que la consulta (y posteriores pasos del procedimiento) no vulnere la competencia:

- 1. Publicidad:** Que la publicidad sea lo más amplia posible y se indique con claridad cómo acceder a toda la información resultado de las consultas al mercado de forma que ningún

potencial licitador pueda alegar que la información sobre el procedimiento no era accesible.

- 2. Acceso a la información:** Que todos los agentes de mercado tengan exactamente la misma información en el mismo momento (principio de NO DISCRIMINACIÓN) y dispongan de tiempo suficiente como para participar en el procedimiento (presentación de propuestas) hayan participado o no en el proceso de consulta al mercado.
- 3. Concurrencia:** Que no se seleccionen soluciones específicas en las que no exista un número suficientemente amplio de posibles licitadores. Esto implica que obviamente se excluyen del procedimiento todas las soluciones que utilicen una tecnología en exclusividad.
- 4. Plazos:** Que las especificaciones técnicas o funcionales se definan respetando lo dispuesto en la legislación de contratos del sector público y se establezcan plazos adecuados para la recepción de las ofertas y solicitudes de participación.
- 5. Resultados:** Que como resultado de las consultas se genere un informe de las actuaciones realizadas. En el informe se relacionarán los estudios realizados y sus autores, las entidades consultadas, las cuestiones que se les han formulado y las respuestas a las mismas.

### Mapa de Demanda Temprana.

Como resultado del proceso de consultas al mercado, la Administración está en disposición de definir proyectos y necesidades concretas, es decir, de elaborar un Mapa de Demanda Temprana (MDT). Los Mapas de Demanda Temprana son **documentos que permiten anticipar al mercado las necesidades de la administración. Con esa información, las empresas pueden orientar sus iniciativas en I+D+i hacia las líneas de las futuras licitaciones.**

Los Mapas de Demanda Temprana son documentos vivos, que se actualizan de forma periódica según se va recogiendo más infor-



mación del mercado. Así, son muchos los casos en los que las Consultas Preliminares del Mercado se mantienen abiertas de forma permanente, con lo que el MDT se debe actualizar según se va recogiendo más información.

### 3. Licitación – elaboración de pliegos.

Una licitación es un procedimiento por el que se adjudica una obra o un servicio, que suele ser del ámbito público, a una persona u empresa que presenta las mejores condiciones y la mejor oferta para llevar a cabo dicha labor.

#### ¿Cuáles son los documentos base de una licitación?

##### PLIEGO DE PRESCRIPCIONES ADMINISTRATIVAS

<b>OBJETO Y TIPO DE CONTRATO</b>	¿Qué se quiere contratar exactamente?	SUMINISTRO	SERVICIO	OBRA	MIXTO
<b>PROCEDIMIENTO DE ADJUDICACIÓN</b>	¿Qué grado de complejidad se quiere asumir? ¿Prima la seguridad sobre la agilidad?	ABIERTO con variantes	DIÁLOGO COMPETITIVO	LICITACIÓN CON NEGOCIACIÓN	ASOCIACIÓN PARA LA INNOVACIÓN
<b>CRITERIOS DE SOLVENCIA</b>	¿Cuál es la capacidad de la empresa para afrontar el objeto de la licitación?	SOLVENCIA TÉCNICA		SOLVENCIA ECONÓMICA Y FINANCIERA	
<b>CRITERIOS DE ADJUDICACIÓN</b>	¿Cuál es la capacidad de la empresa para afrontar el objeto de la licitación?	SUBJETIVOS MEDIANTE JUICIO DE VALOR		OBJETIVOS MEDIANTE FÓRMULA	
<b>PENALIDADES</b>	¿Cómo se sanciona el incumplimiento de las condiciones del contrato?	SANCIONES FRENTE A POSIBLES INCUMPLIMIENTOS PARCIALES O TOTALES			

##### PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Características, requisitos y condiciones de las prestaciones que vayan a ser contratadas, definiendo calidades y concretando, en su caso, los medios personales y materiales necesarios	DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA NECESIDAD (UNE-EN 16271)
--	--

#### ¿Dónde introducir la innovación?

##### 1. Objeto (art. 99.1 de la LCSP).

El objeto de los contratos del sector público deberá ser determinado. El mismo se podrá definir en atención a las necesidades o funcionalidades concretas que se pretenden satisfacer, sin cerrar el objeto del contrato a una funcionalidad única. EN especial, se definirán de este modo en aquellos contratos en los que se estime que pueden incorporarse innovaciones tecnológicas, sociales o ambientales que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de los bienes, obras o servicios que se contraten.

##### 2. Criterios de adjudicación (arts. 145 LCSP).

La mejor relación calidad-precio se evaluará con arreglo a criterios económicos y cualitativos.

Los criterios cualitativos que establezca el órgano de contratación para evaluar la mejor relación calidad-precio podrán incluir aspectos medioambientales o sociales, vinculados al objeto del contrato en la forma establecida en el apartado 6 de este artículo, que podrán ser entre otros, los siguientes:

**La Administración está en disposición de definir proyectos y necesidades concretas, es decir, de elaborar un Mapa de Demanda Temprana.**

1º La calidad, incluido el valor técnico, las características estéticas y funcionales, la accesibilidad, el diseño universal o diseño para todas las personas usuarias, las características sociales, medioambientales e innovadoras, y la comercialización y sus condiciones...

### 3. Condiciones especiales de ejecución (art.201 LCSP).

Relacionadas con la innovación: Favorecer el uso de tecnologías y procedimientos innovadores.

En términos concretos, los compradores públicos pueden redactar las especificaciones técnicas con carácter prescriptivo o funcional. Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas; sin embargo, las exigencias funcionales son mucho más favorables a la innovación:

#### • Requisitos descriptivos:

A través de especificaciones técnicas descriptivas, el comprador público prescribe la solución detallada y asume plenamente la responsabilidad de sus niveles de calidad y rendimiento. Algunos operadores económicos pueden ofrecer una solución sustancialmente superior a los requisitos mínimos establecidos en las especificaciones técnicas descriptivas.

#### • Exigencias funcionales:

Las especificaciones técnicas establecidas en términos de exigencias funcionales trasladan al mercado la responsabilidad de obtener mejores resultados. El comprador público establece los requisitos mínimos, pero no es excesivamente prescriptivo en cuanto a los medios que han de utilizarse para conseguir un resultado deseado. De esta forma, los operadores económicos gozan de apertura y flexibilidad para lograr el rendimiento óptimo.

En cuanto a la solvencia, si el órgano de contratación establece unos requisitos de solvencia muy altos, puede ocurrir que la licitación quede desierta y, por el contrario, unos requisitos muy bajos pueden poner en riesgo la ejecución correcta del contrato.

Asimismo, los agentes oferentes deberán de tener en cuenta los principios básicos que rigen la contratación pública y que la Administración considera necesarios tanto para preparar como para adjudicar y ejecutar el contrato:

El principio de igualdad de trato exige que las situaciones comparables no reciban un trato diferente y que no se trate de manera idéntica situaciones diferentes para favorecer el desarrollo de una competencia sana y efectiva entre quienes participan en una contratación pública.

El principio de transparencia exige que todas las condiciones y modalidades del procedimiento de licitación estén formuladas de forma clara, precisa e inequívoca en el anuncio de licitación o en el pliego de condiciones.

#### • Evaluación y adjudicación

La "Mejor relación calidad-precio" es el concepto utilizado en las normas de la UE para definir la relación entre el precio del objeto del contrato público y cualquier criterio que tenga una especial importancia para un comprador público. Los criterios de calidad pueden abarcar aspectos cualitativos, ambientales, sociales o innovadores de los productos, los servicios o las obras.

#### Ejecución e Impacto – Seguimiento

Las cláusulas de ejecución del contrato deben reflejar, como mínimo, los siguientes aspectos:


- Criterios de ejecución del contrato, indicadores mensurables y objetivos de calidad y rendimiento
- Cláusulas de salida en caso de incumplimiento o en caso de que el mercado aporte una solución más idónea que la que se encuentra en desarrollo (con condiciones de salida justas para el proveedor).
- Cláusulas de modificación del contrato, debido a la constatación de volatilidad y elevado potencial de nuevas innovaciones durante la ejecución del contrato.

La ejecución del contrato deberá estar completamente definida en la documentación de la licitación. Para lo no regulado en dicha documentación, se aplicarán las normas específicas que se detallen en los pliegos y principios de la Ley de Contratos del Sector Público.

#### ERRORES FRECUENTES EN UN PROCESO CPI.

El planteamiento de un proyecto de CPI es un proceso complejo en el que se recomienda seguir los pasos previamente definidos. No hacerlo puede suponer un riesgo para el proyecto o su fracaso a medio o largo plazo.

Entre los errores a evitar más habituales destacan los siguientes:

- 
1. "No haremos CPM: así ganamos tiempo"
  2. "El grupo operativo no es representativo ni funcional"
  3. "Los plazos e hitos son irrealizables"
  4. "Se confunde la CPI con la fuente de financiación"
  5. "Se elige un procedimiento de contratación inadecuado"
  6. "El procedimiento no se lleva a cabo de forma rigurosa"



The background is a solid light green color. On the left side, there are several stylized leaves drawn with blue outlines. Some leaves have small blue lines representing veins. In the center-right area, there is a large, blue-outlined circular arrow that curves clockwise. The text 'La Economía Circular' is positioned in the lower right quadrant of the image.

# **La Economía Circular**



## La Economía Circular.

La Economía Circular propone diferentes nuevas prácticas productivas para facilitar la transición hacia ese nuevo modelo, incluyendo en su estrategia el explotar la oportunidad empresarial y económica que pueden suponer los nuevos procesos circulares restaurativos.

### ¿QUÉ ES LA ECONOMÍA CIRCULAR?

Los sistemas de producción tradicionales contemplan un flujo de materiales lineal en el que los recursos naturales son convertidos en productos que pasan a ser residuos una vez finalizado su ciclo de vida.

Históricamente, la economía no ha otorgado a estos deshechos ningún tipo de valor; ni positivo como elementos potencialmente reutilizables ni negativo en razón de sus costes ecológicos y medioambientales. Como consecuencia, estos residuos han sido simplemente depositados en vertederos o echados a ríos y mares. Durante los últimos años ha ido creciendo el consenso respecto a considerar este modelo económico como insostenible en un planeta de recursos finitos.

La llamada **Economía Circular** se propone como un modelo alternativo con el objetivo de transformar ese flujo lineal de los sistemas de producción en un flujo circular en el que los productos que completan su ciclo de vida útil, en lugar de convertirse en desechos, pasan a ser de nuevo recursos para la creación de nuevos productos. En la Naturaleza nada es desecho, y por eso los teóricos de la Economía Circular inspiran en ésta su base ideológica y metodológica.

La aplicación de estas teorías parte del principio de considerar como “nutrientes” a todos los materiales empleados en los procesos industriales y comerciales, abogando por ecosistemas industriales y de producción capaces de crear procesos de circuito cerrado en los que todo subproducto sea aprovechable. Se aspira así a reducir tanto la utilización de recursos vírgenes como la producción de residuos. La Economía Circular propone diferentes nuevas prácticas productivas para facilitar la transición hacia ese nuevo modelo, incluyendo en su estrategia el explotar la oportunidad empresarial y económica que pueden suponer los nuevos procesos circulares restaurativos.

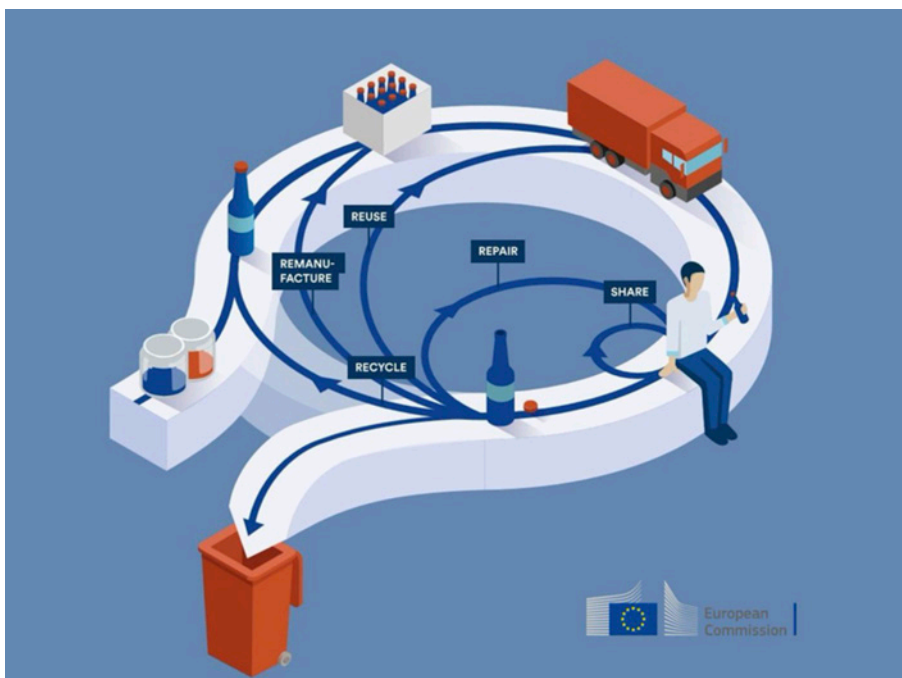


Figura 1  
Circular Economy Action Plan, EU Commission:  
[https://ec.europa.eu/commission/news/commission-delivers-circular-economy-action-plan-2019-mar-04\\_en](https://ec.europa.eu/commission/news/commission-delivers-circular-economy-action-plan-2019-mar-04_en)



## PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.

Según la Fundación Ellen Macarthur, la Economía Circular proporciona múltiples mecanismos de creación de valor no vinculados al consumo de recursos finitos. En una verdadera Economía Circular, el consumo solo se produce en ciclos biológicos eficaces; por lo demás, el uso sustituye al consumo. Los recursos se regeneran dentro del ciclo biológico o se recuperan y restauran gracias al ciclo técnico. Dentro del ciclo biológico, distintos procesos permiten regenerar los materiales descartados, pese a la intervención humana o sin que esta sea necesaria. En el ciclo técnico, con la suficiente energía disponible, la intervención humana recupera los distintos recursos y recrea el orden, dentro de la escala temporal que se plantee. Mantener o aumentar el capital supone características diferentes en ambos ciclos.

La misma Fundación propone **tres principios clave**, cada uno de los cuales aborda varios de los retos en términos de recursos y del sistema a los que han de hacer frente las economías industriales.

### Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural.

- Controlando existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.
- Rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos.

Todo comienza desmaterializando la utilidad: proporcionando utilidad de forma virtual, siempre que sea posible. Cuando se necesitan recursos, el sistema circular los selecciona sabiamente y elige las tecnologías y procesos que empleen recursos renovables o que tengan mejores resultados, siempre esto sea factible. Además, una

Economía Circular mejora el capital natural potenciando el flujo de nutrientes del sistema y creando condiciones que, por ejemplo, permitan la regeneración del suelo.

### Principio 2: Optimizar el uso de los recursos.

- Rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos.

Esto supone diseñar de modo que pueda repetirse el proceso de fabricación, restauración y reciclaje de modo que los componentes y materiales recirculen y sigan contribuyendo a la economía.

Los sistemas circulares emplean bucles internos más ajustados siempre que estos puedan preservar más energía y otros valores, tales como el trabajo incorporado. Este tipo de sistemas reduce la velocidad de rotación de los productos al incrementar su vida útil y fomentar su reutilización. A su vez, la acción de compartir hace que se incremente la utilización de los productos. Los sistemas circulares maximizan el uso de materiales con base biológica al final de su vida útil, al extraer valiosos elementos bioquímicos y hacer que pasen en cascada a otras aplicaciones diferentes y cada vez más básicas.

### Principio 3: Fomentar la eficacia del sistema.

- Revelando y eliminando externalidades negativas.

Lo anterior incluye reducir los daños al uso humano, tales como los relacionados con los alimentos, la movilidad, la vivienda, la educación, la salud y el ocio, y gestionar externalidades tales como el uso del terreno, la contaminación atmosférica, de las aguas y acústica, la emisión de sustancias tóxicas y el cambio climático.

**En la Naturaleza nada es desecho, y por eso los teóricos de la Economía Circular inspiran en esta su base ideológica y metodológica.**

Dentro del ciclo biológico, distintos procesos permiten regenerar los materiales descartados, pese a la intervención humana o sin que esta sea necesaria.

Una Economía Circular busca reconstruir capital, ya sea financiero, manufacturado, humano, social o natural. Esto garantiza flujos mejorados de bienes y servicios. El Diagrama sistémico (figura 2) ilustra el flujo continuo de materiales técnicos y biológicos a través del 'círculo de valor' como el Diagrama Sistémico siguiente:

**GUIA DE LA ECONOMIA CIRCULAR**

**PRINCIPIO**

**1**

Preservar y mejorar el capital natural, controlando los stocks y equilibrando los flujos de recursos renovables  
Palancas : Regenerar, desmaterializar, compartir



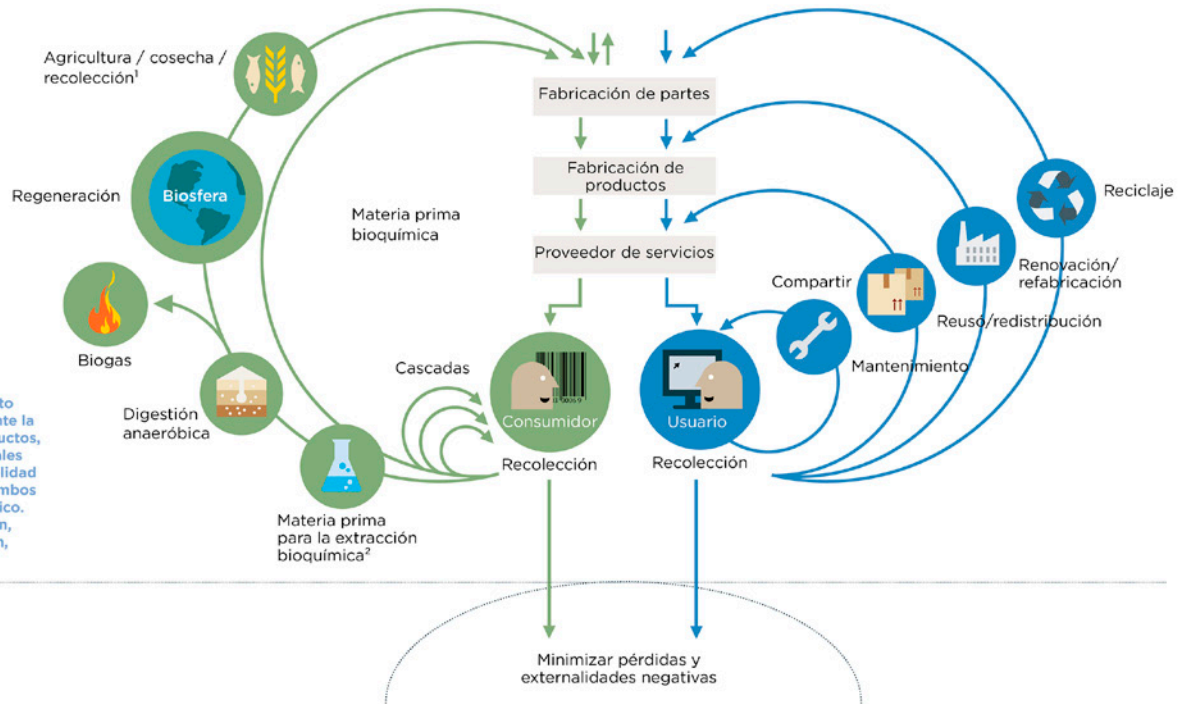
Gestión del flujo de renovables

Gestión del stock

**PRINCIPIO**

**2**

Optimizar el rendimiento de los recursos, mediante la circulación de los productos, componentes y materiales en uso, a su máxima utilidad en todo momento en ambos ciclos, técnico y biológico.  
Palancas : Regeneración, compartir, optimización, circularidad



**PRINCIPIO**

**3**

Fomentar la eficiencia del sistema mediante la revelación y el descarte de las externalidades negativas

1. Caba y pesca  
2. Se pueden considerar ambas fuentes de la post-cosecha y de los residuos post-consumo, como insumos para el proceso  
Fuente : Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Centro para negocios y medio ambiente. Dibujo de Brunkart & McDonough, Credit to Cradle (C2C)

Figura 2 Intelligent Assets: Unlocking the circular economy potential - World Economic Forum and the Ellen MacArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/intelligent-assets-infographics>

**MARCO REGULATORIO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.**

En el caso de España, tras la presentación por parte de la Comisión Europea en diciembre de 2015 del Plan de Acción de la UE para la Economía Circular, y las sucesivas iniciativas desarrolladas en 2017 y 2018, se han intensificado las acciones llevadas a cabo en el ámbito de la circularidad por parte de las administraciones (central, regional y local), así



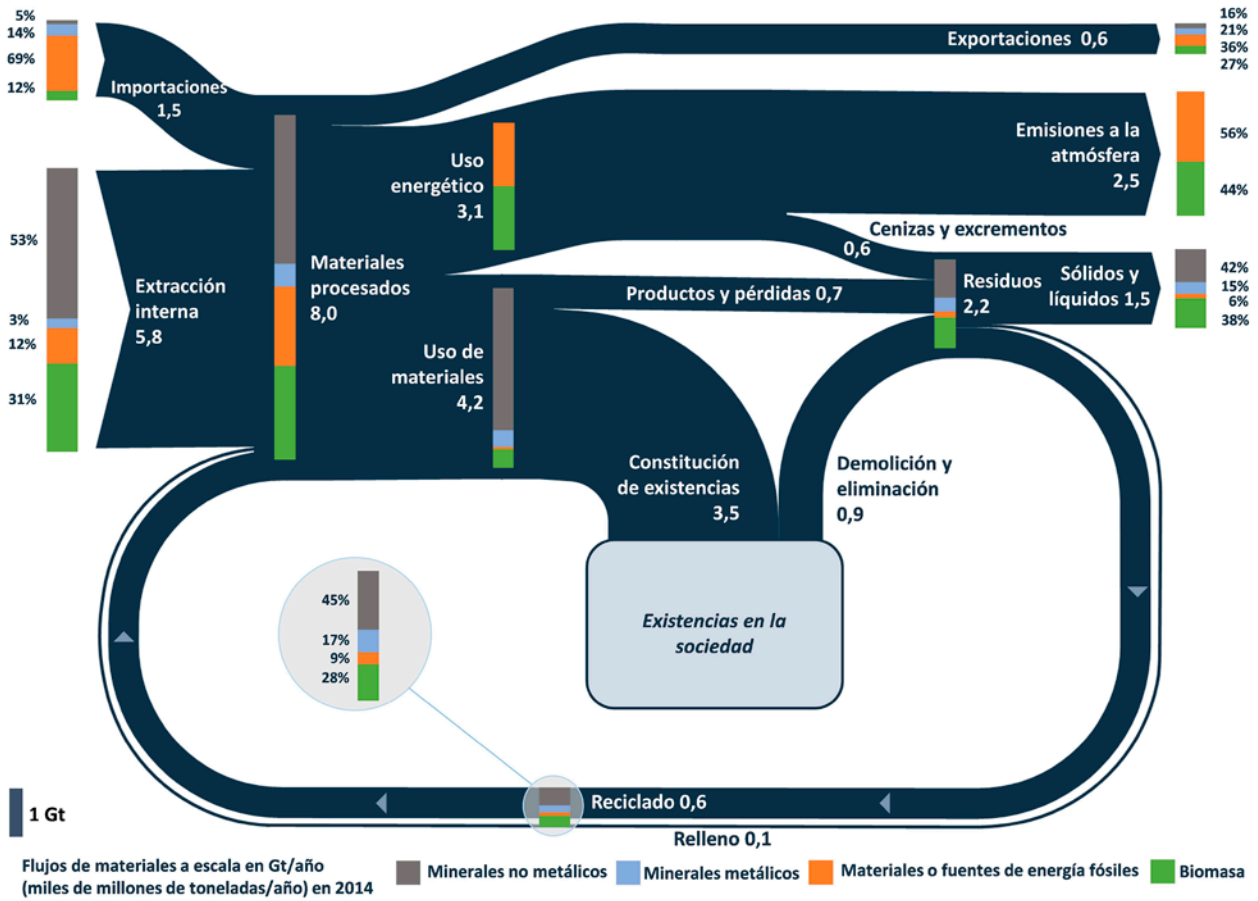


Figura 3 Flujos de materiales en la economía (EU-28, 2014). Fuente: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0029&from=EN>

como por parte de los sectores empresariales, las instituciones y la sociedad civil. La innovación supone un elemento clave para lograr la transición hacia una Economía Circular. Serán necesarias nuevas tecnologías, procesos, servicios y modelos empresariales, así como el cambio integral en los hábitos de comportamiento de los consumidores.

Los **17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** que se aprobaron en septiembre de 2015 se han convertido en el principal referente para guiar las políticas europeas y nacionales en materia de desarrollo sostenible, hasta el punto de contar en España con un Alto Comisionado para la implantación de la Agenda 2030. Dentro de estos objetivos se debe hacer referencia especialmente al **Objetivo 12: "Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles"**, dado que su cumplimiento supone avanzar en los objetivos y principios contemplados en las políticas de Economía Circular, al tratar de desvincular el crecimiento económico del consumo de recursos y del deterioro ambiental derivado del actual ciclo

productivo. Pero junto con este objetivo, también toman especial relevancia el cumplimiento de los objetivos y metas de los ODS 7,8, 9, 11, 13 y 14.

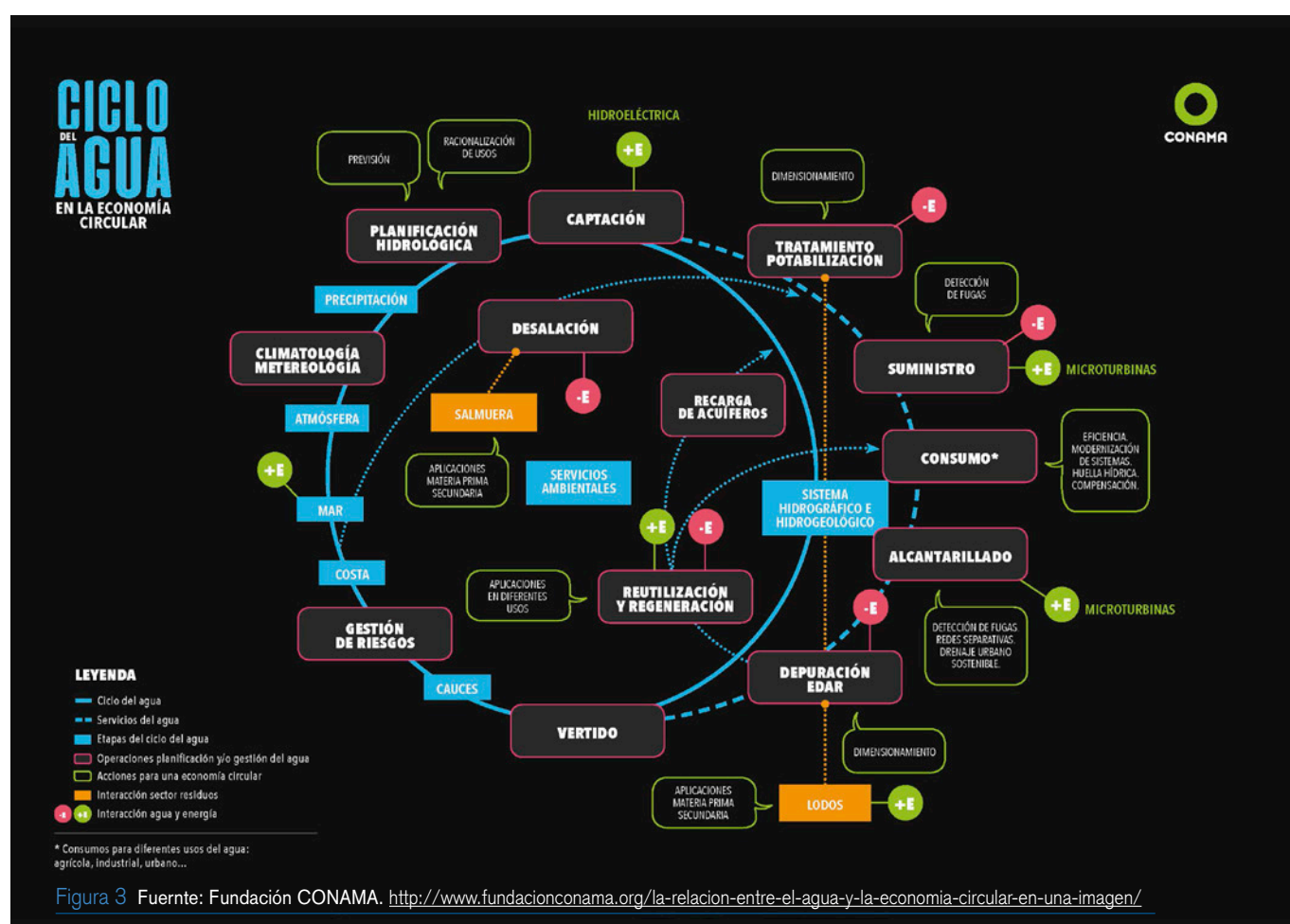
La **Figura 2** presenta una visión de conjunto de los flujos de materiales en la Unión Europea (UE) en 2014. La parte izquierda, relativa a la entrada de materiales, muestra que en la UE anualmente se transformaban 8.000 millones de toneladas de materiales en energía o productos. Tan solo 600 millones de toneladas proceden del reciclaje. Con respecto a la salida de la economía, la ilustración muestra que, de los 2.200 millones de toneladas de residuos que se generan, tan solo 600 millones se reintroducen en el sistema como materiales reciclados. El resto de los materiales, esto es, 1.500 millones de toneladas, son residuos. Estos datos apuntan a un potencial significativo de mejora, en concreto, mediante el aumento de la proporción de materiales reciclados como materias primas secundarias y la disminución de la producción de residuos.



El agua, como recurso vital de importante preservación, se incluye también entre los objetivos de un nuevo modelo circular.

### AGUA Y ECONOMÍA CIRCULAR

El sector del agua no suele estar representado de forma explícita en la mayor parte de los esquemas conceptuales sobre economía circular que se han publicado, ya que suelen primar los ciclos de materiales, normalmente representados a través de círculos que significan simples cierres de materiales.



El agua, como recurso vital de importante preservación, se incluye también entre los objetivos de un nuevo modelo circular. Se aboga en este caso por un replanteamiento de su ciclo de regeneración en el que nuevas prácticas de gestión y tratamiento no se centren únicamente en su purificación sino que incluyan también la prevención de su contaminación o la creación de nuevos sistemas circulares cerrados que faciliten su uso y consumo repetido.

El grupo de trabajo 'Agua y economía circular' de la **Fundación Conama** ha elaborado una gráfica resumen en la que se explica qué es la Economía Circular y cómo se aplica al sector del agua.



**Proyectos de  
innovación en  
Economía Circular**



Proyectos de innovación  
en Economía Circular

# Propuestas



*Mucho más que Agua*

Aguas de Alicante gestiona el medioambiente con los mayores estándares de calidad. Trabaja diariamente bajo tres pilares que sustentan su gestión: sociedad, tecnología y medioambiente.

# 01 . Uso de materiales reciclados en obra.

## RETO

La mayor parte de los áridos utilizados en el sector de la construcción, son áridos procedentes de cantera. Al tratarse de una materia prima natural, su cantidad es limitada y su extracción produce un impacto ambiental.

Actualmente, la totalidad del volumen de excavación y demolición es transportado a gestores de residuos autorizados, conforme a lo establecido en el Real Decreto 105/2008.

A pesar del planteamiento del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022, el porcentaje de gestión de residuos de la construcción en España se sitúa cerca del 15%, lejos de tasas europeas como Holanda con 98% y Alemania con 94%, y también muy por debajo de la media europea que se sitúa cerca del 45%.

## SOLUCIÓN

Considerando la sostenibilidad como un factor clave en el sector, se propone la reutilización de materiales reciclados como relleno de zanjas. Sólo cuando no sea posible la utilización de éstos se utilizarán materiales provenientes de cantera.

Esta alternativa propone la utilización de relleno reciclados de residuos de construcción y demolición, sustituyendo los procedentes de la cantera. En este caso, el material se enviaría a una planta de valorización para separar y obtener una fracción de material reciclado con las características determinadas que cumplan con la normativa técnica en cuestión. Este material se utilizaría como relleno de zanjas, cerrando así el ciclo.

La solución planteada es una metodología de gestión de residuos de construcción y demolición, junto con las especificaciones necesarias para su posterior reutilización según normativa actual. Estos residuos, deberán tratarse según lo establecido en la Ley 22/2011 de 28 de julio de residuos y suelos contaminados.

Adicionalmente, se plantean fomentar en la contratación pública "la menor generación de residuos de construcción y demolición, así como la utilización en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos" y además establece que los órganos de contratación procurarán tener en consideración las medidas sobre prevención y para la reutilización o reciclado de los residuos de construcción y demolición, así como la utilización en las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos."

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Esta metodología podría implantarse a escala real una vez consolidada tanto su eficacia, como los permisos de las Administraciones pertinentes. Actualmente se ha probado a escala piloto en un tramo de las obras relativas a un proyecto de renovación de redes de saneamiento y abastecimiento. Basándose en las experiencias desarrolladas en otros países y contextos, el TRL puede considerarse alto (7-8).

## CAPACIDADES

Aguas de Alicante tiene la capacidad técnica suficiente para poder determinar la idoneidad de las características de los materiales reciclados necesarios para su reutilización en obras (adaptándose a lo requerido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y puentes PG.3), incluyendo las pruebas de funcionamiento de estos materiales como capas de relleno en los tramos a utilizar.

También se tiene la capacidad para realizar el estudio de impacto ambiental de los beneficios medioambientales que supone el reciclaje de estos materiales.

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Se ha realizado una prueba de funcionamiento del uso de los materiales reciclados como capas de relleno en un tramo de las obras relativas al "Proyecto de renovación de las redes de saneamiento y abastecimiento en el barrio de San Blas – Alicante", para lo cual se elaboró también un Plan de Control de Calidad específico para dicho tramo.

Actualmente se está empleando el método en la obra del “Colector principal de saneamiento para la evacuación de aguas residuales de las zonas consolidadas de hábitat disperso, tramo común ramblas de Rambuchar y del Pepior, Alicante”.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

A día de hoy, en España, la normativa no ha facilitado este tipo de prácticas, lo cual supone un nicho de investigación de cara al estudio de la idoneidad de posibles materiales a reutilizar, así como su combinación con otros materiales ya disponibles en el mercado.

Se tiene constancia de algún estudio detallado al respecto, subvencionado por algunas administraciones autonómicas.

- Andalucía: <http://www.aridosrcandalucia.es/rcd/>
- País Vasco: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/manual-directrices-para-uso-aridos-reciclad-os-en-obras-publicas-comunidad-autonoma-pais-vasco>

#### PRACTICIDAD DE USO

Existen diversos gestores autorizados para el tratamiento de tierras en Alicante, que permitirían poder realizar los tratamientos necesarios para la reutilización de materiales. Adicionalmente a esto, el reducir el envío de materiales de excavación a vertedero reduce los costes de la obra en general, así como una mayor agilidad para la gestión de residuos y desde el punto de vista de la economía circular.

#### VALORES ADICIONALES

Desde el punto de vista económico, el ahorro asociado a la reducción de gestión de residuos ya implica un ahorro. Se estima un ahorro del 18% del canon de vertido, un 29% en la compra de materiales de relleno. Y en el coste total de las obras, se estima un ahorro medio del 2%.

Al mismo tiempo, esto supone un valor adicional desde el punto de vista medioambiental al valorizar un residuo que en principio va destinado a vertedero, dándole una segunda vida útil y evitando la explotación de canteras. Esto supone también un aumento en la protección de los recursos naturales.

Se fomenta también la colaboración de proveedores medioambientalmente responsables, dando salida al material reciclado procedente de otras obras.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

Existe dos planteamientos en función de cómo se traten los residuos.

Si por un lado, los residuos se envían a un gestor autorizado, la solución plantada no supone un coste adicional, si no un cambio en la definición de las partidas correspondientes en la redacción del Proyecto.

Si por el contrario, se adquiere una planta móvil de tratamiento, el coste sería en torno a los 500.000€

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

No existe un coste de mantenimiento asociado a la propuesta en caso de que los residuos se gestionen mediante un tercero autorizado.

Si por el contrario, el contratista adquiriera una planta móvil para realizar el tratamiento in situ durante la ejecución de las obras, el coste sería aproximadamente un 5% del valor de adquisición, dependiendo del uso de la misma.

#### AHORRO DE COSTES

Se estima un ahorro del 18% del canon de vertido, un 29% en la compra de materiales de relleno. Y en el coste total de las obras, se estima un ahorro medio del 2%.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Mejoras en la sostenibilidad ambiental de las obras mediante el uso de materiales reciclados. Definición de indicadores de sostenibilidad en obras. Aguas de Alicante, 2016.*
- *Estudio de administraciones autonómicas:*
  - Andalucía: <http://www.aridosrcandalucia.es/rcd/>
  - País Vasco: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/manual-directrices-para-uso-aridos-reciclad-os-en-obras-publicas-comunidad-autonoma-pais-vasco>

## 02. Sistema Inteligente de Control de Captaciones Subterráneas.

### RETO

Las captaciones de agua subterráneas tienen altos costes energéticos y de mantenimiento asociados a sus características singulares. La necesidad de elevar el agua, en ocasiones desde cientos de metros de profundidad da cuenta del gasto energético requerido para la producción de agua subterránea. Por otra parte, la dificultad de monitorizar adecuadamente en estas instalaciones los parámetros que influyen en el gasto energético y el estado de mantenimiento, penalizan en general su rendimiento e imposibilitan la optimización de su estado operativo. Finalmente, los costes asociados al mantenimiento (renovación o rehabilitación) que requiere de la extracción de la bomba, hacen especialmente crítica la correcta elección del momento en que éste debe llevarse a cabo.

Las estrategias habituales con carácter general llegan (como máximo) a la medida de niveles estáticos en los pozos, y en ocasiones medidas de consumo energético y/o caudal. Sin embargo, la falta de medición continua y simultánea de estos parámetros impide desarrollar un análisis avanzado de los mismos.

### SOLUCIÓN

La solución se basa en un sistema experto que integra diversos sensores capaces de medir con precisión y simultaneidad los siguientes parámetros:

- Medidor de nivel (estático y dinámico) por burbujeo.
- Analizador de la calidad de la red eléctrica, con seguimiento en tiempo real, registro de eventos e histórico de datos con alta resolución.
- Relé diferencial para medida de fuga en continuo.
- Controlador de par motor.
- Caudalímetro electromagnético y transmisor de presión en impulsión.

Las señales de estos sensores se integran a través de un autómata programable para adquisición de datos de proceso equipado con el software y modelos matemáticos para el cálculo de parámetros y seguimiento de ratios de rendimiento. El sistema se puede controlar de forma local a través de un panel de operador táctil, o de forma remota mediante router 3G.

El sistema proporciona, entre otros resultados, los niveles (estático y dinámico), caudal y presión, tensión, intensidad, factor de potencia, fuga diferencial, potencia hidráulica y eléctrica, así como diversos parámetros de eficiencia: punto de trabajo de la bomba, rendimientos del motor, hidráulico y global, ratios ( $\text{kW}/\text{m}^3$  y  $\text{kW}/\text{m}^3/\text{m}$ ) y caudal específico. Finalmente, calcula costes y sobrecostes de operación en función de las tarifas eléctricas y rendimientos, proporcionando además las fechas óptimas de mantenimiento mediante comparación de los sobrecostes de operación con los costes de renovación/rehabilitación.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Proyecto Idrosmartwell desarrollado conjuntamente por Aguas de Alicante y Aquatec. Piloto en varias captaciones del Alto Vinalopó en condiciones reales de funcionamiento. TRL 7-8.

### CAPACIDADES

Desarrollo conjunto de Aguas de Alicante y Aquatec, en el que los primeros han aportado su prolongada experiencia práctica en la gestión de captaciones subterráneas, y la empresa tecnológica ha contribuido con su conocimiento en sensorización, integración de datos y comunicaciones en el ciclo del Agua, realizándose una validación y mejora continua de la solución en condiciones reales de funcionamiento.

Adaptación a diferentes contextos (captaciones) y requerimientos.



• BENEFICIO ADICIONAL

**-20% del consumo energético y la mejora en la gestión hidrogeológica evitarán la sobreexplotación de acuíferos.**

**REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN**

- Aguas de Alicante – San Cristóbal.
- Benajama – Pozo San Juan.
- BI – Pozo nº8 (Hidraqua).

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

Los principales aspectos innovadores asociados son:

- Precisión en la medida, especialmente del nivel, tanto estático como dinámico.
- Medida simultánea de los parámetros mecánicos, eléctricos e hidrogeológicos, que permite la obtención de ratios fiables.
- Evaluación de la eficiencia y optimización del mantenimiento basado en costes.

**PRACTICIDAD DE USO**

El sistema puede operarse tanto en local, como a través de un interfaz web, o integrarse en cualquier centro de control. Proporciona un diagnóstico elaborado, que no requiere de posteriores análisis por parte del usuario, facilitando directamente indicaciones de estado, evolución, costes y optimización del mantenimiento.

**VALORES ADICIONALES**

El sistema permite también la obtención de información hidrogeológica avanzada (niveles, abatimiento, transmisividad del acuífero, interferencias entre pozos adyacentes).

La reducción del consumo energético (estimada en un 20%) junto con la mejora en la gestión hidrogeológica, que permite evitar la sobreexplotación de acuíferos, son las claves del valor de sostenibilidad de la propuesta.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

Dependiendo de las características de la captación, el coste puede oscilar entre 6k€ -10k€.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

El coste de mantenimiento se considera prácticamente nulo.

**AHORRO DE COSTES**

Los resultados del piloto llevado a cabo en Aguas de Alicante permiten estimar el ahorro de coste asociado al consumo energético en un 20% (en el caso de AMAEM, equivalente a 260k€ anuales).

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Ayanz, J., Mico, M., Caro, J.F. (2017) *Gestión de la producción eficiente de agua subterránea. XXXIV Jornadas Aeos – 2017 Tarragona.*
- Ayanz, J., Casals, I. (2017) *Energy Efficiency Optimization of Groundwater Abstraction. IWA Efficient Congress 2017. Bath, UK.*



## 03. Redes de interceptación de sólidos para el drenaje.

### RETO

En episodios de lluvias fuertes, los desbordamientos de los sistemas de alcantarillado unitario (CSO, Combined Sewer Overflow) a través de pozos, bombeos y aliviaderos, junto con los arrastres de residuos por la escorrentía, acaban en el medio receptor (ríos, mar, embalses, etc.) constituyendo una fuente de contaminación marina. La tipología de estos residuos es diversa, e incluye plásticos, toallitas higiénicas, materia orgánica, entre otros. De acuerdo con el estudio "Spatial and temporal trends of marine litter in the Spanish Mediterranean seafloor" algunas zonas del fondo marino del Mediterráneo en la costa española, tales como el Mar de Alborán o el Golfo de Alicante, muestran una gran acumulación de sólidos (principalmente plásticos) procedentes en muchos casos de estas fuentes.

De acuerdo con el marco normativo vigente, RD 1290/2012: "Los aliviaderos del sistema colector de saneamiento y los de entrada a la depuradora deberán dotarse de los elementos, pertinentes en función de su ubicación, antigüedad y el tamaño del área drenada para reducir la evacuación al medio receptor de, al menos, sólidos gruesos y flotantes. Estos elementos no deben reducir la capacidad hidráulica de desagüe de los aliviaderos, tanto en su funcionamiento habitual como en caso de fallo".

### SOLUCIÓN

Frente a soluciones de ejecución compleja y difícil mantenimiento, basadas en infraestructuras fijas (rejas, decantadores, filtros rotativos, etc.) se plantea el uso de redes de interceptación de contaminación sólida, también denominadas "trash traps". Estos sistemas se basan en una o varias redes removibles con forma de saco y paso de malla de varios centímetros, insertadas en puntos adecuados de la red de drenaje (aliviaderos, canales, etc.). Las redes son capaces de interceptar y retener la gran mayoría de los residuos sólidos sin disminuir de forma sensible la capacidad de drenaje. Como se ha mencionado, las redes deben ser removibles, es decir, permitir su extracción completa de forma sencilla para posterior vaciado, de forma similar a las redes de pesca. Ello facilita en gran medida el mantenimiento de estos puntos de interceptación, frente a las restantes alternativas existentes, de alto coste de mantenimiento.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Existen unos pocos casos de ensayos validados en entorno real, en Australia, EEUU y España (Alicante). Considerando los resultados positivos obtenidos en todos ellos, el grado de madurez puede considerarse de prototipo validado (TRL 7). Existen también otros ensayos en marcha con menor grado de avance, en Francia (Marsella) y Marruecos (Casablanca).

### CAPACIDADES

Aguas de Alicante ha desarrollado todas las fases del desarrollo de la solución, desde el análisis del problema en todos sus aspectos (hidráulico, diseño, implantación, mantenimiento), pasando por la ejecución e implantación, y la operación del sistema.

La Oficina Técnica de Aguas de Alicante llevó a cabo el diseño del sistema de anclaje de las redes; el área de Operaciones es responsable de la definición de requerimientos de éstas y de su gestión. Las redes han sido manufacturadas por proveedores de soluciones de la industria pesquera bajo la dirección de Aguas de Alicante.

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

La implantación se ha llevado a cabo en el barranco Bon Hivern de Alicante, en la zona conocida como La Sangueta, evitándose mediante la misma los vertidos de contaminantes sólidos por arrastres hacia la cercana Playa del Cocó. En el piloto, se instalaron 8 redes de Boca cuadrada 0,60x0,60m y largo 2m / 4m. En un solo episodio de lluvia, se ha llegado a interceptar 20 toneladas de residuos. Los resultados han sido supervisados por el Ayuntamiento de Alicante.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Las novedades principales se asocian a la practicidad de uso (véase aptdo. 7) y el reducido coste de implantación y mantenimiento, con un elevado ratios coste/eficiencia.

Se trata de una solución que destaca por su sencillez, frente a soluciones tradicionales “duras” basadas en infraestructuras metálicas, de hormigón, etc. de carácter fijo.

#### PRACTICIDAD DE USO

La posibilidad de extracción completa de las redes para su posterior transporte y vaciado en vertedero planta de tratamiento simplifica y acelera enormemente el mantenimiento del sistema frente a otras soluciones alternativas. La implantación es de coste reducido, requiriendo solamente un marco de anclaje para las redes como única infraestructura. El bajo coste de las redes posibilita tener varios juegos de las mismas para su inmediato reemplazo, o incluso la consideración de redes de un solo uso.

#### VALORES ADICIONALES

En el periodo agosto-octubre de 2019, las redes de intercepción en el piloto de La Sangueta (Alicante) han retenido 60 toneladas de sólidos que de otra forma hubieran llegado al mar. El sistema ha demostrado ser capaz de tratar grandes caudales (12m<sup>3</sup>/s). Es particularmente relevante la mínima reducción de la capacidad de drenaje asociada a esta solución, frente a otras opciones.

Se ha establecido un acuerdo de colaboración con la Universidad de Alicante (Ciencias del Mar) para la evaluación del sistema y la caracterización de los residuos capturados.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste aproximado de implantación para un caso de dimensiones similares al piloto de La Sangueta (12 m<sup>3</sup>/s caudal pico) es de 10-15k€.

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

En las pruebas piloto, el coste es el equivalente al de 2 jornadas de trabajo para extracción + limpieza + recolocación, si bien es perfectamente factible reducir el mismo mediante la optimización de las operaciones.

#### AHORRO DE COSTES

No determinado, a establecer mediante comparación con múltiples soluciones alternativas.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

• *Garcia-Rivera, S., Sanchez, J.L., Bellido, J.M. (2018) Spatial and temporal trends of marine litter in the Spanish Mediterranean seafloor, Marine Pollution Bulletin, Elsevier Ltd.*



Proyectos de innovación  
en Economía Circular

# Propuestas



El Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente impulsa la investigación científica y técnica en todos aquellos temas relacionados con el agua.



# 01 . Herramienta de control para la reducción de la huella energética en EDAR.

## RETO

Los procesos biológicos implicados en la depuración de las aguas residuales incrementan considerablemente la complejidad y vulnerabilidad de operación de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y más aún en el contexto de unas exigencias de calidad del agua cada vez mayores bajo la necesidad de minimizar la producción de residuos y el consumo energético. En la actualidad existe una amplia experiencia respecto a la implementación de diferentes sistemas de control para la optimización del funcionamiento de EDAR, tanto en bibliografía como específicamente por parte del grupo de investigación CALAGUA. Sin embargo, hasta la fecha, las aplicaciones de control son desarrolladas para cada EDAR en particular, teniendo en cuenta su configuración específica. Aún más, este tipo de aplicaciones resultan altamente inflexibles, dado que se desarrollan para una configuración determinada de la EDAR objetivo. Esto implica la necesidad de modificar el código fuente en caso de que se realice en la EDAR alguna ampliación o remodelación que afecte a los elementos que participan en los controladores. Por otro lado, hasta la fecha los sistemas de control para la optimización de la eliminación de nutrientes en EDAR se basan en sondas/analizadores de nutrientes. Dichas sondas/analizadores, se caracterizan hoy por hoy, por un significativo coste de operación (mantenimiento y supervisión), para que la fiabilidad de la medida sea adecuada.

## SOLUCIÓN

Herramienta que integra diferentes estrategias de control avanzados con el fin de garantizar la calidad de agua afluente en la EDAR con el mínimo coste energético asociado, reduciendo de esta manera la huella energética de la EDAR. Dicha herramienta de control representa una plataforma informática que permite la implementación de sistemas de control en EDAR de forma sencilla y guiada, otorgando además un elevado grado de flexibilidad que permite la introducción de cambios en la configuración y la incorporación de nuevos controladores. El software desarrollado responde a un intento por facilitar y extender la implantación de sistemas de control, proporcionando un entorno de implementación guiado y adaptable a las diferentes configuraciones que puedan existir. Con esta intención, los principios que han guiado su desarrollo son la estandarización, la extensibilidad, la flexibilidad y la usabilidad. Los sistemas de control incorporados, totalmente configurables, incorporan los principales sistemas de control a implementar en una EDAR para garantizar la calidad del efluente con el mínimo consumo energético. En particular, se integran controladores avanzados relacionados con la optimización del sistema de aireación y la eliminación biológica de nutrientes, minimización del ensuciamiento de membranas en tecnologías de tratamiento basados en biorreactores de membrana y optimización de la gestión de la línea de fangos para maximizar la recuperación de fósforo. Además, cabe resaltar que dentro de las posibles opciones de los controladores de eliminación biológica de nitrógeno, se incorpora un control basado en sondas de bajo coste, pH, potencial redox y oxígeno disuelto, que aporta una mayor información de los procesos de nitrificación/desnitrificación involucrados y además, un coste de operación de las sondas asociadas bajo.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Dicha plataforma informática ha sido implementada con éxito en más de 30 EDAR de España, obteniéndose adecuados resultados de funcionamiento y significativos ahorros energéticos.

## CAPACIDADES

CALAGUA – Unidad Mixta UV-UPV, Institut Universitari d'Investigació d'Enginyeria de l'Aigua i Medi Ambient – IIAMA, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022, València, Spain.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es)

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- FCC Aqualia.
- DAM.
- Canal Isabel II.
- FACSA.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Incorpora sistemas de control avanzados basado en la lógica difusa, con filosofías basadas en sondas de bajo coste. Filosofía que ha sido desarrollada a escala piloto y validada a escala real en un número significativo de EDAR. Además, dicha plataforma se puede vincular con un software de simulación de EDAR para realizar el diseño de las estrategias de control por simulación y así facilitar su implementación en la EDAR.

#### PRACTICIDAD DE USO

Es una herramienta que facilita la implementación de sistemas de control, proporcionando un entorno guiado y adaptable a las diferentes configuraciones de EDAR que puedan existir. Asimismo, para la comunicación con la instrumentación de la EDAR, se emplea el protocolo estándar de comunicación industrial OPC, ampliamente utilizado en el sector industrial.

#### AHORRO DE COSTES

Ha sido implementado con éxito en más de 30 EDAR de España, obteniéndose adecuados resultados de funcionamiento y significativos ahorros energéticos (hasta en un 60%).

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- M.V. Ruano; D. Aguado; A. Seco; J. Ferrer; A. Robles. (2019). *Multivariate statistic methods for validating pH and ORP data as control inputs for BNR at full-scale. Conference proceedings in 10th Symposium on Modelling and Integrated Assessment (Watermatex 2019).*
- M.V. Ruano; A. Robles; D. Medrano; P. Hermosilla; R. Usoz; E. Jiménez; M. Casao; J. Ribes; J. Serralta; A. Seco; J. Ferrer (2017) *Advanced control system based on pH, ORP and DO sensors for optimisation of full-scale WWTPs. Conference proceedings in 12th IWA Specialized Conference on Instrumentation, Control & Automation.*
- M.V. Ruano; A. Robles; A. Seco; J. Ferrer; J. Ribes (2017). *Benchmarking of control strategies implemented in a dedicated control platform for wastewater treatment processes. Conference proceedings in 12th IWA Specialized Conference on Instrumentation, Control & Automation.*
- M.V. Ruano; Angel Robles; Diana Medrano; Patricio Hermosilla; Marta Casao; J. Serralta; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer (2016). *Optimisation of alternating aerobic-anoxic cycles for enhanced biological nutrient removal in full-scale CSTR-based WWTPs based on pH, ORP and DO sensors. Conference proceedings in The 13th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies.Evaluating Impacts of Innovation.*
- M.V. Ruano; A. Robles; E. Jiménez; M. Casao; J. Ribes; J. Serralta; A. Seco; J. Ferrer. (2017) *Optimización de EDAR mediante sistemas de control basados en sensores de pH, REDOX y oxígeno. Retema: revista técnica de medio ambiente. (España): C & M Publicaciones S.L., 2017. ISSN 1130-9881.*
- M.V. Ruano; A. Robles; T. Gómez-Gil; E. Olivas; P. Hermosilla; J.A. Basiero; J. Serralta; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer. (2014). *LoDif BioControl: Plataforma para facilitar la implementación de algoritmos de control y optimización de procesos en las EDAR. 313883 - FUTURENVIRO. Junio 2014, pp. 59 - 62. 2014. ISSN 2340-2628.*
- A. Robles; M.V. Ruano; J. Ribes; J. Ferrer. (2013) *Advanced control system for optimal filtration in submerged anaerobicMBRs (SAnMBRs). Journal of Membrane Science. 430 - 3, pp. 330 - 341.*
- M.V. Ruano; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer. (2012) *An advanced control strategy for biological nutrient removal in continuous systems based on pH and ORP sensors. Chemical Engineering Journal. 183 - 1, pp. 212 - 221.*

## 02. Herramienta de simulación, diseño y optimización de EDAR.

### RETO

El problema al que se le da solución con el programa DESASS es al de dimensionar nuevas estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), así como a la remodelación de las ya existentes.

Actualmente el dimensionamiento de las EDAR se suele realizar mediante hojas de cálculo en base a parámetros estándar que en muchos casos no permiten considerar las características particulares de las aguas residuales a tratar.

### SOLUCIÓN

DESASS es un simulador de estaciones depuradoras que permite representar la mayoría de los procesos de tratamiento que tienen lugar en las EDAR. El programa permite simular desde esquemas tan sencillos como los procesos de eliminación de materia orgánica hasta EDAR completas que incluyan tratamiento de fangos. DESASS es capaz de representar el funcionamiento en estado estacionario y en estado transitorio de: decantadores primarios y secundarios, reactores de fangos activados anaerobios, anóxicos y aerobios, espesadores de fango, fermentadores, digestores aerobios y anaerobios y reactores biológicos de membrana (aerobios y anaerobios). El cálculo de estos elementos se realiza mediante el modelo matemático Biological Nutrient Removal Model nº2 (BNRM2), ampliado con los procesos que llevan a cabo las bacterias sulfatorreductoras. Este modelo matemático también fue desarrollado por el grupo CALAGUA .

DESASS se suministra en un CD acompañado con una mochila de protección que se conecta a un puerto USB, existiendo la versión local y la versión de red. El programa es idéntico, la diferencia es que en la versión local el programa se puede instalar en varios ordenadores pero solo funciona en el que tiene conectada la mochila USB mientras que en la versión de red (pensado para aulas informáticas) la mochila se conecta a un ordenador y el programa puede utilizarse en 50 ordenadores simultáneamente que estén conectados por red al ordenador que tiene la mochila USB.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La solución planteada es un producto comercial que ha sido comercializado a numerosas empresas del sector de tratamiento de aguas y está siendo utilizado por diversas universidades para la formación de sus alumnos. Asimismo, el grupo de investigación CALAGUA, al que pertenecen los investigadores que desarrollaron el programa, lo ha utilizado para el diseño de diversas EDAR en trabajos de consultoría realizados para distintas empresas.

### CAPACIDADES

El programa DESASS ha sido desarrollado conjuntamente por investigadores del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València y del Departamento de Ingeniería Química (DIQ) de la Universitat de València

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es)

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- **Universidades que utilizan el programa:** Universidad de Valladolid, Universitat de Girona, Universidad de Extremadura, Universidad de Alicante, Universidad de Granada, Universidad de Zaragoza, Universidad de Granada, Universidade da Coruña, Universitat Rovira i Virgili y Universidad Católica de Murcia.
- **Empresas que utilizan el programa:** Intercontrol Levante, Aguas Latinas de Mexico, Canal de Isabel II Gestión, Idom, Proyectos y Servicios, Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento.



#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

DESASS incluye un modelo matemático global, Biological Nutrient Removal Model N°2, que considera los principales procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en una EDAR, tanto en la línea de aguas como en la línea de fangos. El hecho de considerar en un único modelo los procesos aerobios y anaerobios permite obtener predicciones más realistas sobre el comportamiento de los distintos grupos de bacterias en los distintos tratamientos, así como simular la coexistencia de bacterias aerobias y anaerobias en determinados elementos.

DESASS es un programa en constante evolución en el que se van incorporando los nuevos procesos y tecnologías para el tratamiento de aguas residuales. Así, el programa es capaz de simular tecnologías tan novedosas como los reactores anaerobios de membrana, las nuevas tecnologías para la eliminación de nitrógeno (reactor BABE, SHARON...), procesos de fermentación-elutriación de fango primario...

#### PRACTICIDAD DE USO

DESASS es un programa muy sencillo de utilizar para personal con conocimientos básicos en materia de tratamiento de aguas residuales. La elevada velocidad de cálculo de este software permite comparar rápidamente los resultados de distintas alternativas de diseño siendo un sistema de soporte a la decisión para el responsable del dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Además, su gran flexibilidad permite al usuario combinar los distintos elementos para diseñar el esquema de tratamiento que mejor se adapte a las características concretas de la EDAR.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste del programa es de 1.500 € (+ I.V.A.)

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

Al tratarse de un programa informático el coste de mantenimiento está asociado a las posibles actualizaciones del software. Dichas actualizaciones tienen lugar en función de los resultados de las investigaciones realizadas por el grupo CALAGUA

#### AHORRO DE COSTES

El hecho de realizar un diseño adecuado de una nueva EDAR o la ampliación de una existente obviamente lleva asociado un ahorro de costes, tanto en la construcción de la EDAR como en la futura operación de la misma. Sin embargo, este ahorro no puede ser cuantificado.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Biological Nutrient Removal Model No.2 (BNRM2, Water Science and Technology, 67,7,1481-1489,2013)*
- *DESASS: A software tool for designing, simulating and optimising WWTPs. Environmental Modelling & Software. 23, pp. 19 - 26. 2008.*
- *DESASS: una herramienta informática para el diseño, simulación y optimización de EDARs. Tecnología del Agua. 258, pp. 66 - 72. 2005.*
- <https://aguas-residuales.es/es/servicios/desass-7-1-simulador-edar.html>

## 03. Tecnología AnMBR para el tratamiento de aguas residuales de cargas media y bajas a temperatura ambiente.

### RETO

El problema al que se le da solución con la tecnología de reactores anaerobios de membrana es al del tratamiento de las aguas residuales tanto urbanas como industriales.

Actualmente el tratamiento de las aguas residuales se realiza mediante procesos aerobios que generan grandes cantidades de fangos y consumen mucha energía en el proceso de aireación. Los procesos anaerobios, en cambio, transforman la materia orgánica de las aguas residuales en biogás (mezcla de metano y dióxido de carbono) que puede ser utilizado para la producción de electricidad. Además, la producción de fangos es muy inferior a la de los tratamientos aerobios. En la actualidad, únicamente en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de grandes poblaciones se utiliza la digestión anaerobia de fangos que trata de forma anaerobia alrededor del 40% de la materia orgánica presente en el agua residual afluente.

Los reactores anaerobios de membrana permiten tratar de forma anaerobia toda el agua residual que llega a una EDAR, eliminando por completo el coste de aireación, reduciendo la producción de fangos y transformando la materia orgánica biodegradable en una fuente de energía (biogás). Esta tecnología representa un cambio de paradigma en el sector de la depuración de aguas residuales urbanas, en el que el agua residual deja de ser considerada un residuo y pasa a ser considerada una fuente de recursos de donde se puede obtener energía (en forma de biogás) y agua con nutrientes que puede ser reutilizada para riego.

### SOLUCIÓN

La tecnología AnMBR consiste en la combinación de los procesos anaerobios de tratamiento con los procesos de filtración por membranas. Esta tecnología permite aprovechar las ventajas de los tratamientos anaerobios para el tratamiento de aguas residuales de baja carga, como son las aguas residuales urbanas.

Las principales ventajas de los procesos de tratamiento anaerobios frente a los procesos aerobios son:

- Menor consumo energético: La aireación supone un elevado porcentaje de los costes de operación de una EDAR.
- Producción de energía: El biogás generado puede utilizarse para producir electricidad.
- Menor producción de fangos: Los tratamientos anaerobios generan menos fangos que los aerobios.

Los procesos anaerobios también tienen inconvenientes que hasta el momento limitaban su aplicación a corrientes concentradas o a climas cálidos. Los inconvenientes son:

- La velocidad de crecimiento de los microorganismos anaerobios es menor que los aerobios: Esto provoca que sean necesarios elevados tiempos de retención celular y/o elevadas temperaturas para su proliferación.
- La sedimentabilidad de los fangos anaerobios es deficiente, por lo que no es posible utilizar un proceso de sedimentación para recircular los microorganismos al reactor.

Los elevados tiempos de retención celular necesarios unidos al hecho de que el tiempo de retención celular (TRC) y el tiempo de retención hidráulico (TRH) sean iguales (no hay recirculación de fangos) provoca que los volúmenes necesarios para el tratamiento anaerobio sólo sean razonables cuando el proceso se puede operar a temperatura elevada, es decir en climas cálidos o para tratar aguas muy concentradas en las que la producción de metano por metro cúbico tratado es elevada y permite el aumento de la temperatura.

Al acoplar la tecnología de membranas con los reactores anaerobios se consigue separar los tiempos de retención celular e hidráulico, lo que permite operar el sistema con elevados TRC (necesarios para la proliferación de microorganismos anaerobios) con bajos TRH (volumen de reactor reducido) incluso a temperatura ambiente.

En la tecnología AnMBR, la degradación de la materia orgánica tiene lugar en el reactor anaerobio. Desde dicho reactor los fangos son impulsados hasta los tanques de membrana donde el agua exenta de sólidos atraviesa la membrana. Los sólidos quedan retenidos en el licor mezcla y son recirculados al reactor. En las membranas de fibra hueca se crea una depresión en el interior de las membranas (<0.5 atm) que provoca que el agua atraviese dichas membranas. Para evitar el ensuciamiento de las membranas por los sólidos que se encuentran en el reactor se debe recircular el biogás formado.

#### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La solución planteada (tecnología AnMBR) es un producto que se ha validado a escala demostración y se está llevando a cabo la transferencia a escala industrial. Numerosos grupos de investigación están llevando a cabo estudios sobre la tecnología de reactores anaerobios de membrana. El grupo de investigación CALAGUA, formado por investigadores del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València y del Departamento de Ingeniería Química (DIQ) de la Universitat de València comenzó su estudio hace más de 10 años con el diseño, la construcción y la operación de una planta piloto de 2 metros cúbicos de volumen.

Los excelentes resultados obtenidos dieron lugar a la formación de un consorcio entre la UPV, la UV, Aqualia y Koch Membrane Systems para la realización del proyecto LIFE "Membrane for energy and water recovery". En este proyecto, que acabó recientemente (31-12-2018) se operó una planta piloto de 30 m<sup>3</sup> de volumen capaz de tratar las aguas residuales de una población de 200 habitantes.

Los resultados obtenidos demostraron la viabilidad técnica y económica de la aplicación de la tecnología AnMBR para el tratamiento de aguas residuales urbanas. En consecuencia, el desarrollo de la tecnología está listo para el escalado a escala industrial. De hecho, en la remodelación de la EDAR de Santa Rosa se cambió el proceso aerobio convencional por esta tecnología. Se trata de una pequeña EDAR que trata un caudal de 18 m<sup>3</sup>/d.

#### CAPACIDADES

El grupo CALAGUA formado por investigadores del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València y del Departamento de Ingeniería Química (DIQ) de la Universitat de València ha sido pionero en el desarrollo de la tecnología AnRBM. Esto se demuestra en la patente ES 2 315 178 B2, titulada "Método para el tratamiento de aguas residuales e instalación para llevar a cabo dicho método".

Aunque la patente no está licenciada, el interés que despierta esta nueva tecnología entre las empresas del sector y de las administraciones públicas es muy notable. Este interés queda patente en la decisión de la Unión Europea de crear un Action Group de la EIP on Water (European Innovation Partnership) denominado "Anaerobic MBR for WATER Resource Recovery in CIRCULAR Economy: WATER CIRCLE". Este Action Group liderado por la Universitat de València pretende impulsar la tecnología de reactores anaerobios de membranas para el tratamiento de aguas residuales poniendo en valor sus ventajas frente a los tratamientos convencionales de fangos activados siendo, además, una tecnología que cumple con los principios de la Economía Circular dentro del campo de la Gestión del Agua. Además, uno de los dos primeros Innovation Deals for Circular Economy aprobados por la Comisión Europea en 2016 es "Sustainable Wastewater Treatment Combining Anaerobic Membrane Technology and Water Reuse" y en él participan además de la Universitat de València y la Universitat Politècnica de València, instituciones públicas, universidades, centros de investigación, empresas y regantes de Portugal, Francia, Italia, Malta y España.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es).

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

**Aqualia (EDAR de Santa Rosa):** Aunque el grupo de investigación CALAGUA ha realizado varios trabajos de consultoría basados en el dimensionamiento de reactores anaerobios de membrana tanto para aguas urbanas (Torrent, Oliva, Almansa, Santa Rosa) como industriales (CITRESA), la única EDAR en la que finalmente se acabó implementando esta tecnología es la EDAR de Santa Rosa. Esta EDAR trata las aguas de un pequeño pueblo de Tarragona (18 m<sup>3</sup>/d) mediante un reactor AnMBR.

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Se trata de una tecnología totalmente innovadora en línea con los principios de la economía circular. En esta tecnología el agua deja de ser considerada un residuo y pasa a ser considerada como una fuente de recursos, fundamentalmente agua, energía y nutrientes. La tecnología AnMBR proporciona un efluente de elevada calidad que puede ser reutilizado. Además, este efluente contiene los nutrientes presentes en el agua residual que pueden ser utilizados como fertilizante o recuperados mediante diversos procesos. Por último, la materia orgánica se transforma en metano a partir del cual se genera energía eléctrica.

### PRACTICIDAD DE USO

La tecnología AnMBR permitirá a las EDAR ser autosuficientes energéticamente lo que hará su funcionamiento menos dependiente de las variaciones en el precio de la electricidad. Además, la menor producción de fangos también facilitará la gestión de los mismos.

### VALORES ADICIONALES

La tecnología presenta ventajas desde todos los puntos de vista económico, social y medioambiental.

Las ventajas desde el punto de vista económico son evidentes, importante reducción del consumo energético y menor producción de fangos. Desde el punto de vista social la tecnología AnMBR permite obtener un agua de excelente calidad con los nutrientes (nitrógeno y fósforo) presentes en las aguas residuales por lo que puede ser reutilizada para riego reduciendo la cantidad de fertilizantes necesarios. Desde el punto de vista medioambiental la tecnología AnMBR permite reducir en más de un 80% las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al proceso de tratamiento de aguas.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación dependerá del tamaño de la EDAR. El mayor coste reside en las membranas pero es previsible que conforme aumente el grado de implantación de la tecnología disminuya el coste de las mismas.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Los costes de operación de una EDAR dependen de muchos factores, fundamentalmente de la carga contaminante de las aguas residuales. En la tecnología AnMBR cuanto mayor sea la carga orgánica del agua residual menor será el consumo energético puesto que la materia orgánica es transformada en una fuente de energía. Sin embargo, la presencia de sulfatos en las aguas residuales provoca una disminución del rendimiento energético del proceso. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos tanto a nivel experimental como por simulación, considerando aguas residuales urbanas esta tecnología puede ser autosuficiente, es decir, generar más energía de la que consumen los distintos equipos utilizados.

Por lo que respecta al coste de reposición de las membranas, su vida útil es superior a los 10 años si las condiciones de operación (flujo transmembrana y caudal de aire para limpieza, fundamentalmente) son adecuadas.

### AHORRO DE COSTES

Una de las principales ventajas de la tecnología AnMBR es el ahorro de los costes energéticos. En comparación con un proceso convencional de fangos activados, la implantación de la tecnología propuesta puede suponer entre 0,3 y 0.4 kWh/m<sup>3</sup>.

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Performance of industrial scale hollow-fibre membranes in a submerged anaerobic MBR (HF-AnMBR) system at mesophilic and psychrophilic conditions. Separation and Purification Technology, 104, 290-296.*
- *Sub-critical long-term operation of industrial scale hollow-fibre membranes in a submerged anaerobic MBR (HF-AnMBR) system. Separation and Purification Technology, 100, 88 – 96.*
- *Design methodology for submerged anaerobic membrane bioreactors (AnMBR): A case study. Separation and Purification Technology, 141, 378-386.*
- *Exploring the limits of anaerobic biodegradability of urban wastewater by AnMBR Technology. Water Research and Technology, 4, 1877-1887.*



## 04. Tecnología de membranas para separación de metano disuelto en agua para su recuperación.

### RETO

La aplicación de procesos anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales es una opción muy atractiva para potenciar la recuperación de recursos contenidos en las mismas (p.ej. energía, nutrientes, agua regenerada) (Robles *et al.*, 2018).

No obstante, una fracción del metano producido en estos procesos sale con el efluente como gas disuelto y acaba siendo emitido a la atmósfera. Según diversos estudios, estas pérdidas de metano disuelto pueden alcanzar hasta el 88% del metano producido en el sistema, dependiendo del tipo de tecnología utilizada y de la temperatura de operación (Crone *et al.*, 2017). Estas pérdidas no solo repercuten negativamente en la energía recuperada por el proceso, sino que además suponen un elevado impacto ambiental debido a la emisión de gases de efecto invernadero (Smith *et al.*, 2012).

Debido a esto, la recuperación del metano disuelto en efluentes anaerobios resulta imperativa con el objetivo de potenciar la aplicabilidad de dichos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales.

### SOLUCIÓN

La tecnología de membranas de desgasificación ha sido tradicionalmente empleada para la purificación de gases o para el tratamiento de mezclas líquido-gas. Sin embargo, esta tecnología puede también aplicarse a la recuperación de gases disueltos en líquidos. La eficacia de captación de dichos gases depende fundamentalmente de la permeabilidad de los mismos frente al material y espesor de la membrana utilizada.

La implementación de membranas de desgasificación para el tratamiento de los efluentes de procesos anaerobios permitiría reducir la cantidad de metano emitido a la atmósfera, potenciando tanto la recuperación energética como la reducción de la huella de carbono del proceso.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El nivel de madurez de la tecnología expuesta se encuentra en torno a un TRL 2 – 4 (Prueba de concepto).

La tecnología de membranas de desgasificación lleva empleándose desde hace más de 40 años para la purificación de gases y tratamiento de mezclas líquido-gas, centrándose especialmente en la absorción/desabsorción y concentración de oxígeno para fines tanto clínicos como industriales (Wang *et al.*, 2017). No obstante, diversos estudios han mostrado la viabilidad operacional de dicha tecnología para la captación de metano de diferentes efluentes anaerobios (Cookney *et al.*, 2016; Henares *et al.*, 2017). Asimismo, la viabilidad energética de la alternativa descrita ha sido puesta de manifiesto en diversos estudios (Crone *et al.*, 2017; Henares *et al.*, 2017), mostrando su potencial aplicabilidad para dicho fin.

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana): CALAGUA – Unidad Mixta UV-UPV, Institut Universitari d'Investigació d'Enginyeria de l'Aigua i Medi Ambient – IIAMA, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022, València, Spain.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es).

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

La tecnología descrita no se encuentra actualmente implementada a escala industrial. No obstante, dicho sistema ha sido implementado para tratar el efluente de un biorreactor anaerobio de membranas (del inglés AnMBR) a escala demostración. Dicha demostración se ha realizado en el marco del proyecto "Membrane for ENERGY and WATER RECOVERY - MEMORY" (LIFE13 ENV/ES/001353), dentro del programa LIFE+ financiado por la Unión Europea, en cooperación con la empresa FCC Aqualia, S.A. Dicho proyecto resultó en recuperaciones de hasta el 80% del metano disuelto.

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Esta tecnología innovadora permitirá maximizar la valorización energética de la materia orgánica del agua residual mediante la recuperación del metano disuelto presente en el efluente de un proceso anaerobio.

### VALORES ADICIONALES

- 1. Recuperación energética:** Mediante la recuperación del metano disuelto en los efluentes anaerobios puede incrementarse significativamente la cantidad de energía recuperada del agua residual, mejorando así la viabilidad energética de dichos procesos.
- 2. Reducción de la huella de carbono:** La captación del metano disuelto reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero, reduciendo por ende el impacto ambiental del efluente producido. Asimismo, la energía recuperada mediante este proceso puede emplearse como sustento para el tratamiento de las aguas residuales, reduciendo parcialmente el consumo de energías no renovables.
- 3. Aplicabilidad de los procesos anaerobios:** La recuperación del metano disuelto en el efluente daría solución a uno de los principales inconvenientes asociados a los tratamientos anaerobios. Por tanto, permitiría una mayor extensión de diferentes tecnologías anaerobias altamente prometedoras (p.ej. AnMBR), reduciendo además el coste operacional del tratamiento de las aguas residuales.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

En la actualidad, las membranas dedicadas a la captación de metano disuelto no están extendidas a escala industrial, acotando su fabricación a módulos no industriales. Por ello, se estima que la adquisición de módulos de membranas de desgasificación a escala industrial podría encontrarse entre 37 - 45 €/m<sup>2</sup> de área de membrana. Suponiendo un caudal de tratamiento de 10,000 m<sup>3</sup>/d, la instalación de esta tecnología conllevaría una inversión de entre 75- 225 k€, con un periodo de amortización en torno a 10 - 20 años dependiendo de las condiciones de operación tanto del sistema de tratamiento anaerobio como del sistema de membranas de desgasificación. Sin embargo, dado que los materiales empleados para la confección de dichas membranas si son ampliamente extendidos (p.ej. polipropileno, polidimetilsiloxano), es de esperar que, de extenderse su aplicación, los módulos de membranas de desgasificación puedan adquirirse a precios mucho más competitivos.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Para estimar los costes de mantenimiento de la membrana de desgasificación se han contemplado tanto la frecuencia de lavado químico como la reposición al final de la vida útil de las membranas. Teniendo en cuenta ambos factores, se estiman unos costes de mantenimiento y reposición de en torno a 0,01 €/m<sup>3</sup> de agua tratada.

### AHORRO DE COSTES

Para estimar los costes de operación de la membrana de desgasificación se han contemplado tanto la cantidad de metano recuperado como los requisitos energéticos de la soplante asociada al proceso. Teniendo en cuenta ambos factores, se estima que podrían recuperarse entre 0,07 - 0,04 kWh por m<sup>3</sup> de agua tratada, lo que equivaldría a una ganancia de entre 0,006 - 0,003 €/m<sup>3</sup> de agua tratada. Teniendo en cuenta los costes de mantenimiento y reposición, el coste asociado a la implementación variaría entre 0,004 - 0,007 €/m<sup>3</sup> de agua tratada.

· BENEFICIO PRÁCTICO

La energía recuperada mediante este proceso puede emplearse como sustento para el tratamiento de las aguas residuales, reduciendo parcialmente el consumo de energías no renovables.

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

- Cookney, J., Mcleod, A., Mathioudakis, V., Ncube, P., Soares, A., Jefferson, B., & McAdam, E. J. (2016). Dissolved methane recovery from anaerobic effluents using hollow fibre membrane contactors. *Journal of Membrane Science*, 502, 141–150.
- Crone, B. C., Garland, J. L., Sorial, G. A., & Vane, L. M. (2017). Corrigendum to "Significance of dissolved methane in effluents of anaerobically treated low strength wastewater and potential for recovery as an energy product: A review". *Water Research*, 111, 420.
- Henares, M., Izquierdo, M., Marzal, P., & Martínez-Soria, V. (2017). Demethanization of aqueous anaerobic effluents using a polydimethylsiloxane membrane module: Mass transfer, fouling and energy analysis. *Separation and Purification Technology*, 186, 10–19.
- Robles, Á., Ruano, M. V., Charfi, A., Lesage, G., Heran, M., Harmand, J., Seco, A., Steyer, J.P., Batstone, D.J., Kim, J., Ferrer, J. (2018). A review on anaerobic membrane bioreactors (AnMBRs) focused on modelling and control aspects. *Bioresource Technology*, 270, 612–626.
- Smith, A. L., Stadler, L. B., Love, N. G., Skerlos, S. J., & Raskin, L. (2012). Perspectives on anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater: A critical review. *Bioresource Technology*, 122, 149–159.
- Wang, C. Y., Mercer, E., Kamranvand, F., Williams, L., Kolios, A., Parker, A., McAdam, E. J. (2017). Tube-side mass transfer for hollow fibre membrane contactors operated in the low Graetz range. *Journal of Membrane Science*, 523, 235–246.

## 05. Tecnología de membranas para separación de Nitrógeno de corrientes con elevada concentración de nitrógeno.

### RETO

El problema al que se le da solución con la tecnología de contactores de membranas es al de la eliminación de nitrógeno en corrientes con elevadas concentraciones de este contaminante.

En las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de grandes poblaciones que incluyen digestión anaerobia de fangos el agua de deshidratación de fangos presenta elevadas concentraciones de nitrógeno amoniacal (entre 600 y 1000 mg N/l). Actualmente esta corriente se recircula a cabeza de planta donde el nitrógeno se elimina mediante los procesos clásicos de nitrificación desnitrificación. Además del elevado consumo energético que suponen estos procesos el nitrógeno se desprende a la atmósfera en forma de nitrógeno gas impidiendo su recuperación. La fijación del nitrógeno atmosférico a través del proceso Haber-Bosch es el proceso industrial que más energía consume en el mundo.

La tecnología de contactores de membrana permite la recuperación del nitrógeno amoniacal presente en corrientes concentradas en forma de disolución concentrada de sulfato amónico.

### SOLUCIÓN

Los contactores de membranas de fibra hueca (HFMC) consisten en membranas hidrofóbicas permeables a gases utilizadas para extraer especies gaseosas de una disolución, haciendo pasar dichas especies a una disolución ácida en la que el gas se disuelve.

En esta aplicación se pretende recuperar nitrógeno amoniacal haciéndolo pasar a través de la membrana desde una corriente rica en nitrógeno hasta una disolución ácida, normalmente ácido sulfúrico. La fuerza impulsora de este proceso es la diferencia entre las concentraciones de amoníaco existentes a ambos lados de la membrana. Para ello el pH de la corriente rica en nitrógeno debe ser superior a 8.5. El amoníaco que atraviesa la membrana se disuelve en la disolución de ácido sulfúrico y debido al bajo pH se transforma en amonio. De esta forma, la concentración de amoníaco en el ácido siempre es cero, manteniéndose en todo momento la fuerza impulsora del proceso. Cuando el pH de la disolución ácida es superior a 2 conviene sustituir el ácido. Las HFMC proporcionan una gran superficie de contacto entre la corriente rica en nitrógeno y la disolución ácida.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La tecnología propuesta ha sido probada a escala de laboratorio y piloto con excelentes resultados. Diversos grupos de investigación han obtenido eficiencias de recuperación de nitrógeno superiores al 95% con diferentes corrientes tales como agua procedente de la deshidratación de fangos, aguas residuales de corrales y ganadería y aguas radioactivas. Además, en 2018, se implementó esta tecnología en la EDAR de Münster, en Alemania, para reducir la elevada concentración de nitrógeno amoniacal en el agua de deshidratación con una capacidad máxima de tratamiento 30 m<sup>3</sup>/h. Los resultados obtenidos muestran eficiencias de recuperación de nitrógeno superiores al 96%.

### CAPACIDADES

El grupo CALAGUA formado por investigadores del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València y del Departamento de Ingeniería Química (DIQ) de la Universitat de València está investigando la recuperación de nitrógeno amoniacal utilizando contactores de membrana.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es)

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

**EDAR de Münster:** Es la única EDAR a escala industrial que tiene implantada esta tecnología.



### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Se trata de una tecnología totalmente innovadora en línea con los principios de la economía circular. En esta tecnología el agua deja de ser considerada un residuo y pasa a ser considerada como una fuente de recursos, fundamentalmente agua, energía y nutrientes. La tecnología de contactores de membrana permite recuperar el nitrógeno obteniendo una disolución concentrada de sulfato amónico que puede ser utilizada como fertilizante.

Esta tecnología produce un triple beneficio, se evita el consumo energético asociado a la eliminación de nitrógeno en la EDAR, se obtiene un producto que puede ser utilizado como fertilizante y, por último, se evita el consumo energético asociado al proceso de fabricación de fertilizantes. El proceso industrial Haber-Bosch para la fabricación de amoníaco a partir de nitrógeno gaseoso es el proceso industrial con mayor consumo energético a nivel mundial.

### PRACTICIDAD DE USO

Los contactores de membrana representan una tecnología limpia, de fácil aplicación y con un reducido consumo energético. El paso del amoníaco a través de la membrana se produce por difusión por lo que no es necesaria la aplicación de presión a ninguna de las corrientes.

### VALORES ADICIONALES

Los contactores de membrana para la recuperación de nitrógeno presentan ventajas desde todos los puntos de vista económico, social y medioambiental.

Las ventajas desde el punto de vista económico son claras, se reduce el consumo energético en la EDAR por el nitrógeno que no se elimina y se obtiene un producto que puede ser comercializado como fertilizante. Desde el punto de vista social esta tecnología supone un impulso a la economía circular, el agua residual es la materia prima de este proceso. Desde el punto de vista medioambiental la recuperación de nitrógeno mediante contactores de membrana permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas tanto al proceso de depuración como al proceso de fabricación de fertilizantes.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación de esta tecnología dependerá del tamaño de la EDAR. El mayor coste reside en las membranas, pero es previsible que si esta tecnología llega a implantarse a escala industrial disminuya el coste de las mismas.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Los costes de mantenimiento están asociados al consumo de reactivos para subir el pH de la corriente rica en nitrógeno y a la reposición de las membranas. El coste de reactivos dependerá fundamentalmente de las características del agua, (pH alcalinidad y concentración de nitrógeno amoniacal). Por lo que respecta al coste de reposición de las membranas, debido a que se trata de una tecnología bastante reciente no se conoce con exactitud cuál es la vida útil de las membranas.

### AHORRO DE COSTES

Desde el punto de vista de la operación de la EDAR la reducción de costes se debería a dos factores: por un lado, se estima que los procesos de nitrificación y desnitrificación mediante los cuales se elimina habitualmente el nitrógeno en una EDAR presentan un consumo energético superior a los 5 kWh/kg de N eliminado, por otro lado el sulfato amónico producido podría ser comercializado. Además, desde un punto de vista global a esa reducción de costes habría que añadirle la energía no consumida en el proceso Haber-Bosch.

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Resource recovery from sulphate-rich sewage through an innovative anaerobic-based water resource recovery facility (WRRF). Water Science and Technology. 78, 1925–1936.*
- *Hollow fibre membrane contactors for ammonia recovery: Current status and future developments. Journal of Environmental and Chemical Engineering. 5, 1349–1359.*
- *Recovery of ammonia from swine manure using gas-permeable membranes: Effect of waste strength and pH. Waste Management. 38, 455–461.*



## 06. Tecnología para la recuperación de fósforo en forma de estruvita en corrientes con elevada concentración de fósforo.

### RETO

El fósforo es un recurso esencial para la vida y no renovable en escalas de tiempo razonables y con las tecnologías actuales. Actualmente, el fósforo necesario para la generación de fertilizantes se extrae de reservas de roca fosfática que se encuentran muy localizadas en el mundo. Las reservas de roca fosfática de calidad (con baja presencia de cadmio, fundamentalmente) son escasas, lo que originará que a medio/corto plazo el precio de este recurso se incremente notablemente. Así mismo, la Unión Europea es deficitaria en roca fosfática lo que implica que sea muy dependiente de las importaciones de este mineral. Por tanto, es preciso promover tecnologías que permitan recuperar parte del fósforo introducido a través de los fertilizantes. Gran parte de este fósforo acaba, a través de los desechos humanos y ganaderos, formando parte de las aguas residuales o de los purines. A partir de estas corrientes contaminadas en fósforo y otros contaminantes es posible, a través de tecnologías adecuadas, conseguir la recuperación de gran parte del fósforo presente en ellas.

### SOLUCIÓN

Cristalización de estruvita u otras sales de fosfato a partir de corrientes de aguas residuales concentradas en fósforo.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

TRL 7-9: desde plantas demostración hasta unas pocas instalaciones industriales.

La cristalización de estruvita puede eliminar 80% - 90% de fosfatos solubles y una menor cantidad de amoníaco soluble (20-30%) debido a la estequiometría equimolar de estruvita (Le Corre *et al.*, 2009). El exceso de amoníaco permanece en forma soluble y no se recupera por cristalización. Las tasas de recuperación de fósforo mejoran cuando la corriente tratada tiene un bajo contenido de sólidos (<2000 mg L<sup>-1</sup>) y tiene una concentración de fósforo superior a 50-60 mg P-PO<sub>4</sub> L<sup>-1</sup> (Mehta *et al.*, 2015; Salehi *et al.*, 2018). Por lo tanto, la recuperación de P por cristalización podría llevarse a cabo directamente desde diferentes corrientes residuales concentradas en P como orina, sobrenadante de espesadores digestores de EDAR urbanas o incluso a partir de efluentes industriales (principalmente de la industria de procesamiento de alimentos).

Hoy en día, se han identificado y probado más de 30 procesos para la recuperación de fósforo en EDAR a diferentes escalas (Cielik y Konieczka, 2017). Entre ellos, la precipitación/cristalización de sales de fosfato es, en la actualidad, una de las tecnologías más prometedoras para recuperar fósforo y nitrógeno que han sido ampliamente validadas en plantas de tratamiento de aguas residuales (Bouzay *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019a; Lu *et al.*, 2017; Peng *et al.*, 2018).

### CAPACIDADES

CALAGUA- Unidad Mixta UV-UPV.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es).

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

EDAR de El Cidacos (Calahorra, LA Rioja).

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Esta tecnología está encaminada hacia la recuperación de N y P en las EDAR en forma de un fertilizante de liberación lenta. Esta tecnología permitirá la transformación de las EDAR actuales en Biorrefinerías cuyo objetivo será la máxima valorización de los recursos presentes en el agua residual.

**PRACTICIDAD DE USO**

Se trata de sistemas probados ya a nivel industrial, aunque es necesario un estudio particularizado para cada caso.

**VALORES ADICIONALES**

La implementación de un sistema de recuperación de P en las EDAR presenta tanto beneficios directos como indirectos. Entre los beneficios directos se encuentra la venta de estruvita así como la reducción en la producción de fangos y en el consumo de polielectrolitos. Entre los beneficios indirectos se encuentra la reducción de problemas operacionales en las EDAR (se minimizan costes de mantenimiento debido a la reducción de la precipitación no controlada o la reducción de concentraciones de nutrientes en las corrientes de sobrenadante), así como beneficios desde un punto de vista ambiental (como la prevención de la eutrofización, la reducción de daños ambientales por la extracción de reservas de roca fosfórica o la reducción de la demanda de energía). Por lo tanto, los beneficios de las tecnologías de recuperación de P deben considerarse no solo desde el punto de vista económico, sino también desde una perspectiva más amplia, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y sociales.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

Los costes, sin ahorros e ingresos, de los sistemas de recuperación P mediante cristalización de estruvita son de aproximadamente 6 a 10 Los ingresos serían de alrededor de 4.74 €/ kg de P recuperado (Bouzas *et al.*, 2019).<sup>-1</sup> de P recuperado ó 0.8 a 1.7 €/PE<sup>-1</sup>/año<sup>-1</sup> (Bouzas *et al.*, 2019; Egle *et al.*, 2016).

**AHORRO DE COSTES**

Los ingresos serían de alrededor de 4.74 €/kg de P recuperado (Bouzas *et al.*, 2019).

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Bouzas, A., Martí, N., Grau, S., Barat, R., Mangin, D., Pastor, L., 2019. Implementation of a global P-recovery system in urban wastewater treatment plants. *J. Clean. Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.126>
- Cielik, B., Konieczka, P., 2017. A review of phosphorus recovery methods at various steps of wastewater treatment and sewage sludge management. The concept of "no solid waste generation" and analytical methods. *J. Clean. Prod.* 142, 1728–1740. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.11.116>
- Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., Zessner, M., 2016. Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Sci. Total Environ.* 571, 522–542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.019>
- Le Corre, K.S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P., Parsons, S.A., 2009. Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1080/10643380701640573>
- Li, B., Boiarkina, I., Yu, W., Huang, H.M., Munir, T., Wang, G.Q., Young, B.R., 2019. Phosphorous recovery through struvite crystallization: Challenges for future design. *Sci. Total Environ.* 648, 1244–1256. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.166>
- Lu, H., Wang, J., Wang, T., Wang, N., Bao, Y., Hao, H., 2017. Crystallization techniques in wastewater treatment: An overview of applications. *Chemosphere.* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.070>
- Mehta, C.M., Khunjar, W.O., Nguyen, V., Tait, S., Batstone, D.J., 2015. Technologies to Recover Nutrients from Waste Streams: A Critical Review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 45, 385–427. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.866621>
- Peng, L., Dai, H., Wu, Y., Peng, Y., Lu, X., 2018. A comprehensive review of phosphorus recovery from wastewater by crystallization processes. *Chemosphere.* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.098>
- Salehi, S., Cheng, K.Y., Heitz, A., Ginige, M.P., 2018. Re-visiting the Phostrip process to recover phosphorus from municipal wastewater. *Chem. Eng. J.* 343, 390–398. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2018.02.074>

## 07. Automatización del proceso de calibración de los parámetros de modelos de fangos activados mediante experimentos off line.

### RETO

Automatización del proceso de calibración de los parámetros de modelos de fangos activados mediante experimentos off line.

### SOLUCIÓN

Consiste en un dispositivo patentado por el grupo CalAgua de la Universitat de València y la Universitat Politècnica de València, que incluye todos los equipos necesarios para llevar a cabo los experimentos de calibración del fango activado (reactores, tanques, inyector de sustrato, agitadores, aireadores, sondas de oxígeno, pH y temperatura, armario de control, etc.). Este equipo permite llevar a cabo un gran número de experimentos de manera automatizada, entre los que destacan los experimentos para la calibración de modelos tipo ASM en sistemas de fangos activados, experimentos para el seguimiento del proceso, determinación de cinéticas de inhibición o detección de tóxicos en un agua residual. Para ello, se incluye un software de control del equipo, desde donde se configuran los diferentes tipos de experimentos y se obtienen los resultados haciendo uso de un PC convencional. Este software permite el análisis de los datos experimentales para la obtención de los parámetros relacionados con cada tipo de ensayo. Se adjunta documentación técnica donde se detallan las características y funcionalidades del equipo.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Tras la realización de varios prototipos en escala piloto para su validación, la tecnología se encuentra actualmente en fase de implantación real. Cabe destacar que, actualmente, no existe ningún equipo similar en el mercado que pueda realizar de forma automatizada los experimentos necesarios para la calibración de los parámetros más importantes en los modelos tipo ASM (constantes de semisaturación y velocidades de crecimiento de microorganismos aerobios).

### CAPACIDADES

El grupo CalAgua de la Universitat de València y la Universitat Politècnica de València, lleva trabajando en la calibración de parámetros de EDAR desde hace más de 20 años.

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es).

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- FACSA (EDAR de Almassora).
- Universidad de Granada.
- DAM (EDAR de Molina de Segura).

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Actualmente, no existe ningún equipo similar en el mercado que pueda realizar de forma automatizada los experimentos necesarios para la calibración de los parámetros más importantes en los modelos tipo ASM (constantes de semisaturación y velocidades de crecimiento de microorganismos aerobios). Únicamente existen los llamados respirómetros, que solo permiten determinar la velocidad de consumo de oxígeno puntual o su evolución temporal. Con estos respirómetros sólo se pueden hacer estudios y estimaciones cualitativas de algunos parámetros de operación, pero no es posible determinar el valor de los parámetros cinéticos y estequiométricos utilizados en los modelos ASM. El equipo está en continuo desarrollo, de manera que se pueden incorporar nuevos ensayos y funcionalidades en su programación a medida que se van desarrollando, como, por ejemplo, la cinética de producción de oxígeno en cultivos de microalgas.

· BENEFICIO PRÁCTICO

**optimizar la operación de las EDAR para conseguir alcanzar los límites de vertido con el menor coste económico y consumo energético en el proceso.**

**PRACTICIDAD DE USO**

La calibración de parámetros clave para el diseño y operación de EDAR es cada vez más importante para conseguir mayores rendimientos en el proceso de depuración. Tanto es así, que las entidades responsables de la gestión de las EDAR cada vez lo están exigiendo en un mayor número de concursos de explotación de EDAR, para asegurar que las empresas explotadoras lleven a cabo este tipo de ensayos. Es muy probable que en un futuro próximo estos experimentos formen parte del protocolo estándar de operación de las EDAR.

**VALORES ADICIONALES**

La disponibilidad de información del proceso biológico que se da en las EDAR permite optimizar la operación de las EDAR para conseguir alcanzar los límites de vertido con el menor coste económico y consumo energético en el proceso. Además, permite la simulación de la EDAR con las plataformas actuales de simulación para establecer estrategias de operación en caso de eventos puntuales o cambios en las características del agua residual influente.

Por tanto, la aplicación de esta tecnología permite obtener una mayor calidad ambiental del efluente obtenido en la EDAR con un menor coste económico para el sistema de gestión, lo que permitiría abaratar el coste de la depuración del agua que actualmente recae sobre los ciudadanos en forma de canon de saneamiento.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

El coste del equipo está valorado entre 30.000 y 35.000 €/ud.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

El coste de mantenimiento del equipo sería el relacionado con la limpieza y calibración de las sondas (se estima que será inferior a unos 200 €/año).

**AHORRO DE COSTES**

El ahorro de costes se obtendría en la explotación de la EDAR, puesto que se podrá optimizar su funcionamiento por lo que respecta al consumo energético en el sistema de fangos activados y la calidad del efluente. Sin embargo, es difícil valorar económicamente este ahorro puesto que depende de las condiciones de operación de cada EDAR.

Para tener una idea del ahorro de costes, se puede comparar con el coste que tiene la calibración de parámetros si se externaliza esta tarea. La contratación de los servicios de calibración a una empresa externa especializada podría suponer un incremento de costes neto de entre 4000 y 6000 € por cada calibración.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

Se adjunta el documento "Información\_Técnica\_Patente\_ES2351125" donde se detallan las características y funcionalidades del equipo desarrollado.



## 08. Nuevo Modelo de Gestión de Corrientes de Fango en EDAR para la recuperación de Nutrientes.

### RETO

El fósforo es un recurso no renovable y elemento esencial en agricultura y alimentación. En la actualidad el fósforo se extrae de explotaciones mineras, siendo su nivel de extracción tan elevado que pone en riesgo la disponibilidad de este recurso en las próximas décadas.

Debido a la actual escasez de las reservas de fósforo está cobrando cada vez más interés, el desarrollo de procesos que permitan recuperar del fósforo tras su uso. En concreto, aproximadamente el 17 % de fósforo consumido termina finalmente en las aguas residuales urbanas. Por ello, resulta interesante el desarrollo de procesos que permitan la recuperación del fósforo presente en el agua residual.

Gran parte de las aplicaciones existentes en la actualidad para recuperar el fósforo en las estaciones de tratamiento de aguas residuales (EDAR), se centran en su recuperación a final de línea. En concreto, en las corrientes de los sobrenadantes de deshidratación del fango biológico tras su digestión anaerobia. Sin embargo, en este punto gran parte del fósforo presente en el agua residual ha precipitado previamente de forma incontrolada durante la digestión anaerobia, reduciéndose considerablemente la disponibilidad del fósforo para poder ser recuperado. Por ello es necesario desarrollar nuevas estrategias de gestión de los fangos en las EDAR que permitan maximizar la extracción de fósforo para su posterior recuperación y minimizar los problemas de precipitación incontrolada de fósforo.

### SOLUCIÓN

En esta propuesta de CPI se muestra un método que permite la extracción de gran parte del fósforo presente en el fango biológico previamente a la digestión anaerobia de forma que se puede maximizar la recuperación de fósforo en las EDAR.

Este método se basa en la mezcla de los fangos primarios y secundarios, previamente espesados, en una cámara anaerobia para la extracción del fósforo del interior de las bacterias. Y posteriormente el fósforo extraído se separa del fango mediante un proceso de elutriación sobre el espesador por gravedad. De esta forma se obtiene un sobrenadante del espesador altamente enriquecido en fósforo sobre el cual se puede recuperar este recurso mediante procesos de cristalización posterior.

Este método de extracción se puede implementar en todas las EDAR con eliminación biológica de fósforo.

Las ventajas de este método de extracción son:

- Permite maximizar la extracción de fósforo del fango biológico y en consecuencia maximizar la recuperación de fósforo.
- Emplea instalaciones ya existentes en la EDAR reduciendo las necesidades de obra nueva.
- Reduce los problemas de precipitación incontrolada de fósforo en los digestores anaerobios, en las conducciones, bombas y centrifugas por las que circula el fango digerido.
- Debido a la fermentación del fango, el pH es lo suficientemente bajo para garantizar que no se produzca precipitación de fósforo durante el proceso de extracción.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El nivel de madurez del método desarrollado es alto (8-9) habiéndose testado a escala industrial en la EDAR de El Cidacos (Calahorra, La Rioja).

Actualmente la eliminación de fósforo en las EDAR tiene lugar por vía biológica, química o combinación de ambas (Cornel y Schaum, 2009). La combinación de la eliminación biológica de fósforo junto con la digestión anaerobia de fangos desencadena procesos de precipitación incontrolada de fósforo en los digestores, conducciones de fango digerido, bombas, centrífugas, etc. (Ohlinger *et al.*, 1998; Martí *et al.*, 2017). En la actualidad existen diferentes métodos para recuperar el fósforo en las corrientes de fango y sobrenadantes después de la digestión anaerobia: a partir del fango (Airprex®, Nuresys y Elophos®); a partir de los sobrenadantes de deshidratación del fango digerido (Naskeo®, Ostara Pearl®, PHOSPAQ® y STRUVIA™). El problema es que todas estas tecnologías se aplican tras la digestión anaerobia, quedando limitadas en su potencial de recuperación por las pérdidas de fósforo precipitado incontroladamente, tal y como se ha señalado anteriormente (Egle *et al.*, 2016).

Por ello se han desarrollado nuevas estrategias de gestión de los fangos para extraer y recuperar el fósforo antes de la digestión anaerobia. Una de ellas es la propuesta en la presente ficha de CPI, desarrollada por Pastor *et al.* (2008).

### CAPACIDADES

IIAMA. CALAGUA- Unidad Mixta UV-UPV

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es)

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

EDAR de El Cidacos (Calahorra, LA Rioja)

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Esta tecnología está encaminada hacia la recuperación de N y P en las EDAR. Esta tecnología permitirá la transformación de las EDAR actuales en Biorrefinerías cuyo objetivo será la máxima valorización de los recursos presentes en el agua residual.

### PRACTICIDAD DE USO

Se trata de un método probado ya a nivel industrial, aunque es necesario un estudio particularizado para implementarlo en cada EDAR teniendo en cuenta las instalaciones existentes (espesadores de fango primario, volúmenes de cámara de mezcla de fangos, etc.).

### VALORES ADICIONALES

El método propuesto presenta beneficios tanto directos como indirectos. Entre los **beneficios directos** se encuentra el incremento en la capacidad en la recuperación de fósforo en las EDAR frente a las tecnologías que lo recuperan tras la digestión anaerobia. Además, este incremento en la recuperación de fósforo se consigue minimizando los costes a incurrir en la modificación de la línea de fangos, ya que este método aprovecha al máximo las instalaciones existentes en las EDAR. Entre los **beneficios indirectos** se encuentra la reducción de problemas operacionales en las EDAR (se minimizan costes de mantenimiento debido a la reducción de la precipitación no controlada o la reducción de concentraciones de nutrientes en las corrientes de sobrenadante), así como beneficios desde un punto de vista ambiental (como la prevención de la eutrofización, la reducción de daños ambientales por la extracción de reservas de roca fosfórica o la reducción de la demanda de energía). Por lo tanto, los beneficios de este método de gestión de los fangos deben considerarse no solo desde el punto de vista económico, sino también desde una perspectiva más amplia, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y sociales.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

Los costes de implantación dependen de las instalaciones existentes en las EDAR donde se vaya a implementar. Especialmente en lo que respecta a los espesadores de fango primario y a los volúmenes de la cámara de mezcla de fangos primarios y secundarios. No obstante, cabe destacar que los costes de implementación son los más bajos posibles, requiriendo una mínima modificación de la línea de fangos, frente a otros métodos de extracción que requieren de la adquisición de nuevos equipos.

**BENEFICIO ADICIONAL**

Los beneficios de este método de gestión de los fangos deben considerarse no solo desde el punto de vista económico, sino también desde una perspectiva más amplia, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y sociales.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

Los costes de mantenimiento dependen de la configuración de la EDAR actual y de las necesidades de bombeo asociados a la solución propuesta. Estos costes de operación están asociados a los consumos energéticos de las bombas de elutriación del fango mixto sobre el espesador de fango primario.

**AHORRO DE COSTES**

Es importante recalcar que la implementación en una EDAR de este nuevo método de gestión de fangos, además de los beneficios asociados a la recuperación de fósforo, implica una reducción en los costes de mantenimiento que las EDAR están incurriendo en la actualidad asociados a los problemas de precipitación incontrolada. Esta reducción de costes de mantenimiento será proporcional al incremento en la extracción de fósforo previa a la digestión anaerobia.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Cornel, P., Schaum, C., 2009. Phosphorus recovery from wastewater: needs, technologies and costs. *Water Science and Technology*, 59, 1069–1077. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.045>.
- Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., Zessner, M., 2016. Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *The Science of the Total Environment*, 571, 522–542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.019>.
- Martí, N., Barat, R., Seco, A., Pastor, L., Bouzas, A., 2017. Sludge management modeling to enhance P-recovery as struvite in wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 196, 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.074>.
- Ohlinger, K. N., Young, T. M., & Schroeder, E. D., 1998. Predicting struvite formation in digestion. *Water Research*, 32(12), 3607–3614.
- Pastor, L., Martí, N., Bouzas, A., Seco, A., 2008. Sewage sludge management for phosphorus recovery as struvite in EBPR wastewater treatment plants. *Bioresour. Technol.* 99, 4817–4824. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.054>.



## 09. Aplicación de la tecnología de membranas en la línea de aguas de un esquema de tratamiento convencional para valorizar energéticamente la materia orgánica contenida en el agua residual aprovechando las infraestructuras existentes en las EDAR.

### RETO

Actualmente la eliminación de la materia orgánica contenida en las aguas residuales se lleva a cabo en la mayor parte de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) por vía aerobia, lo que supone un elevado coste energético asociado al sistema de aireación y la eliminación de un recurso, la materia orgánica, en lugar de aprovecharla para su valorización (por ejemplo, produciendo biogás y aprovechándolo energéticamente). Los costes de aireación en una EDAR convencional suponen entre el 45 y el 75% de los costes energéticos totales de la EDAR (Rosso *et al.*, 2008).

El esquema de tratamiento convencional para el tratamiento de las aguas residuales no cumple con los principios de la Economía Circular dentro del campo de la Gestión del Agua.

### SOLUCIÓN

Aplicación de la tecnología de membranas en la línea de aguas de un esquema de tratamiento convencional para incrementar el porcentaje de materia orgánica que puede ser valorizado en la digestión anaerobia. La filtración por membranas del efluente del decantador primario permitirá valorizar toda la materia orgánica suspendida y parte de la materia orgánica soluble en la digestión anaerobia, tratando en el proceso de fangos activados convencional únicamente una parte de la fracción soluble de los contaminantes. Para aprovechar al máximo las infraestructuras existentes en las EDAR que están actualmente en funcionamiento, la solución planteada se dirige principalmente a las EDAR que ya tienen digestión anaerobia en su línea de tratamiento de fangos.

La solución planteada constituye un paso más en el cambio de paradigma en el campo de la depuración del agua residual urbana hacia un tratamiento sostenible que resulte beneficioso desde un punto de vista económico, social y ambiental. El agua residual deja de ser considerada como un residuo para convertirse en una materia prima para la obtención de recursos de valor.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Actualmente la solución que se propone está siendo rigurosamente estudiada a escala piloto por el grupo de investigación CALAGUA, que es un equipo interuniversitario multidisciplinar formado por miembros del Departamento de Ingeniería Química de la Universitat de València (DIQ-UV) y miembros del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València (IIAMA-UPV).

Los trabajos científicos centrados en la utilización de membranas tras la decantación primaria son escasos, y limitados fundamentalmente a estudios a escala de laboratorio de corta duración. En todos ellos se destaca el papel del ensuciamiento de la membrana en el comportamiento del flujo transmembrana, lo cual afecta directamente a la economía del proceso de filtración. Ravazzini *et al.* (2005) compararon la filtración con membranas de ultrafiltración cross-flow del agua bruta y del efluente del decantador primario (en ambos casos previo a la filtración con membranas, el agua era tamizada por 0,56 mm), consiguiendo flujos por encima de 120 y 160 L/m<sup>2</sup>·h, respectivamente. Aunque estos autores afirman que es posible la filtración en continuo con ambos tipos de agua, sus ensayos en laboratorio no duraron más de una hora y media.

Modise *et al.* (2006) estudiaron en laboratorio el comportamiento de siete membranas de microfiltración comerciales para mitigar la contaminación (DBO, DQO, E. Coli, Coliformes Fecales, y Enterococos) de vertidos al medio receptor procedentes del decantador primario (como consecuencia de descargas de sistemas de alcantarillado unitarios), destacando la importancia del tamaño de poro y sugiriendo para este parámetro un valor de 0,2  $\mu\text{m}$ . Delgado *et al.* (2012) estudiaron el efecto de un proceso de coagulación/sedimentación previo a la filtración del efluente del decantador primario con membranas de ultrafiltración de fibra hueca (tamaño de poro 0,03  $\mu\text{m}$ ), demostrando una alta eficiencia en la eliminación de DQO (81-95%) que se consigue gracias a la membrana, siendo el efecto de la coagulación una reducción muy significativa del ensuciamiento de la membrana.

## CAPACIDADES

Grupo de investigación CALAGUA, que como se ha indicado en el punto anterior, está estudiando la solución propuesta a escala piloto. Este grupo cuenta con un equipo interuniversitario multidisciplinar formado por miembros del Departamento de Ingeniería Química de la Universitat de València (DIQ-UV) y miembros del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València (IIAMA-UPV).

Contacto: José Ferrer Polo (jferrer@hma.upv.es).

Son pocos los grupos de investigación que estén abordando el uso de membranas tras la decantación primaria o para tratar directamente el agua bruta sin decantar para aumentar la cantidad de materia orgánica que llega a la digestión anaerobia, como la compañía de ingeniería ambiental Carollo Engineers Inc. (California, EEUU), el grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Hokkaido (Japón), el Centro de Catálisis y Química Superficial de la Universidad de Leuven (Bélgica), o a nivel nacional el grupo de Ingeniería Química de la Universidad de la Laguna.

Sin embargo, sí que hay más grupos, entre ellos el grupo CALAGUA, que investigan la utilización de la tecnología de membranas en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Dentro de la Comunidad Valenciana, estarían:

- El Grupo de Procesos de Membrana, Tratamiento de Efluentes Líquidos y Optimización del Departamento de Ingeniería Química de la Universitat Politècnica de València.
- El Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales, de la Universidad de Alicante.
- El Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Jaime I.

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

La planta piloto está ubicada en la EDAR del Barranco del Carraixet (Valencia).

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Supone un paso importante hacia un esquema de tratamiento de aguas residuales basados en los principios de la Economía Circular.

Son pocos los grupos de investigación que estén abordando el uso de membranas tras la decantación primaria o para tratar directamente el agua bruta sin decantar para aumentar la cantidad de materia orgánica que llega a la digestión anaerobia.

## PRACTICIDAD DE USO

- Aprovecha al máximo las infraestructuras ya existentes en las EDAR.
- La solución propuesta se basa en la incorporación en las actuales instalaciones de una tecnología ya madura como es la de membranas.

## VALORES ADICIONALES

La solución propuesta tiene beneficios económicos y ambientales directos, ya que permitirá:

- Aumentar la cantidad de materia orgánica introducida en la digestión anaerobia y con ello el caudal de metano producido, y por ende la energía recuperada.

- Tratar en el proceso secundario convencional únicamente la fracción soluble de los contaminantes presentes en el agua residual, posibilitando con ello:
  - reducir el volumen de reacción necesario;
  - operar los reactores de fangos activados existentes con tiempos de retención celular superiores a los de diseño, favoreciendo la eliminación de microcontaminantes;
  - aumentar la capacidad de tratamiento de las EDAR existentes por el menor tiempo de retención hidráulico necesario en el proceso de fangos activados.
- Aumentar la eficiencia (energética, capacidad de tratamiento y eliminación de contaminantes) de las instalaciones existentes con un bajo coste de inversión y minimizando las necesidades de superficie.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación de la solución propuesta dependerá del tamaño de la EDAR. El mayor coste reside en las membranas pero es previsible que conforme aumente el grado de implantación de la tecnología disminuya el coste de las mismas. El coste de implantación dependerá también de la configuración y disposición en planta de los elementos que tenga la EDAR en la cual se vaya a implementar la solución (por ejemplo, que disponga o no de algún reactor o depósito donde alojar las membranas).

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Los costes de operación de una EDAR dependen de diversos factores, principalmente de la carga contaminante del agua residual que tiene que depurar. En la solución propuesta, el coste de mantenimiento incluye el coste de aireación de las membranas, el coste de filtración, el coste asociado a los contra-lavados y limpieza de las membranas, así como el coste de mantenimiento del equipo electro-mecánico (bombas, válvulas, soplante, variadores de frecuencia,...) necesario para su operación y automatización.

La vida útil de las membranas es superior a los 10 años si las condiciones de operación (flujo transmembrana y caudal de aire para limpieza, fundamentalmente) son adecuadas, por lo que el buen cuidado es fundamental para retrasar las necesidades de reposición.

### AHORRO DE COSTES

La filtración por membranas del efluente del decantador primario permitirá valorizar toda la materia orgánica suspendida y parte de la materia orgánica soluble en la digestión anaerobia. Por tanto, el ahorro en cada caso concreto dependerá de las características del agua residual que esté depurando la EDAR. Como valores orientativos, se puede indicar que con el esquema de tratamiento actual el porcentaje de materia orgánica de las aguas residuales valorizada en la digestión anaerobia está en torno al 40%, y mediante la solución propuesta se podría valorizar en torno al 60% de la materia orgánica. Esto supone:

- Ahorro en costes de aireación en el tratamiento secundario de la EDAR: en torno al 33% (ya que la solución propuesta reducirá la cantidad de materia orgánica que llega al tratamiento secundario en torno al 20%, es decir del 60% actual al 40% tras la implementación de la solución). Se trata de un ahorro significativo ya que los costes de aireación en una EDAR convencional suponen entre el 45% y el 75% de los costes energéticos totales de la EDAR (Rosso *et al.*, 2008)
- Incremento de la producción de metano en la línea de fangos de la EDAR: en torno al 20% (ya que la solución propuesta incrementará la cantidad de materia orgánica que se trata en la digestión anaerobia en torno al 20%, es decir del 40% actual al 60% tras la implementación de la solución).

En términos energéticos, la implantación de la tecnología propuesta puede suponer un ahorro de costes de entre 0,1 y 0,2 kWh/m<sup>3</sup>.

BENEFICIO ADICIONAL

Aumentar la eficiencia energética, la capacidad de tratamiento y la eliminación de contaminantes de las instalaciones existentes con un bajo coste de inversión y minimizando las necesidades de superficie.

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

- Delgado S., Vera L., González E., Martínez M., Vera L.M., Bravo L.R. (2012). Effect of previous coagulation in direct ultrafiltration of primary settled municipal wastewater. *Desalination* (304) 41–48.
- Kimura K., Honoki D., Sato T. (2017). Effective physical cleaning and adequate membrane flux for direct membrane filtration (DMF) of municipal wastewater: Up-concentration of organic matter for efficient energy recovery. *Separation and Purification Technology* (181) 37–43.
- Lateef S.K., Soh B.Z., Kimura K. (2013). Direct membrane filtration of municipal wastewater with chemically enhanced backwash for recovery of organic matter. *Bioresource Technology* 150 (2013) 149–155.
- Modise C.M., Bendick J.A., Miller C.J., Neufeld R.D., Vidic R.D. (2006). Use of Hydrophilic and Hydrophobic Microfiltration Membranes to Remove Microorganisms and Organic Pollutants from Primary Effluents. *Water Environment Research*, 78 (6) 557 - 564.
- Ravazzini A.M., van Nieuwenhuijzen A.F., van der Graaf J.H.M.J. (2005). Direct ultrafiltration of municipal wastewater: comparison between filtration of raw sewage and primary clarifier effluent. *Desalination*, 178 (2005), 51-62.
- Rosso, D., Stenstrom, M.K., Larson, L.E., 2008. Aeration of large-scale municipal wastewater treatment plants: state of the art. *Water Sci. Technol.* 57 (7), 973–978.

# 10. Control de la calidad microbiológica del agua y biopelículas asociadas a sistemas de distribución con la técnica de metagenómica dirigida.

## RETO

Control de la calidad microbiológica del agua y biopelículas asociadas a sistemas de distribución con la técnica de metagenómica de secuenciación dirigida, para poder guiar las prácticas operacionales en los sistemas de tratamiento.

## SOLUCIÓN

Aplicación de la secuenciación masiva de última generación para determinar el microbioma completo del sistema de distribución de agua potable, incluidas las biopelículas asociadas al mismo. De esta forma, queda caracterizada desde el punto de vista microbiológico tanto el agua como el sistema de distribución de la misma, revelando si se trata de un sistema "sano" tanto desde el punto de vista de calidad como estético (sabor y olor). Con la información obtenida, se obtendrán también las características funcionales del microbioma, lo que facilitará la toma de decisiones para un buen funcionamiento y control del sistema de distribución, protegiendo la salud del consumidor final. Además, la determinación de la ecología de las biopelículas presentes permitiría poder establecer una relación entre la presencia de ciertos tipos bacterianos con actividad patógena o con acción corrosiva y la naturaleza de los sistemas de distribución.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La metagenómica, o genómica de comunidades, es una disciplina emergente que busca entender los ecosistemas microbianos estudiando el contenido genómico de los microorganismos presentes en un ambiente sin necesidad de cultivarlos. Debido a que se estima que sólo el 1% de los microorganismos es cultivable, y que además un elevado porcentaje de los mismos se encuentran en estado viable no cultivable (VBNC), el empleo de técnicas metagenómicas ha demostrado ser una buena alternativa para estudiar las comunidades bacterianas presentes en prácticamente cualquier tipo de muestra, habiéndose aplicado ya al estudio del agua potable.

## CAPACIDADES

El Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la UPV, y más concretamente el grupo de investigación de Química y Microbiología del Agua (QMA) presentan una dilatada experiencia y han desarrollado numerosos protocolos para el análisis de microbiomas mediante metagenómica de secuenciación dirigida y su posterior análisis bioinformático.

Contacto: José Luís Alonso Molina (jalonso@ihdr.upv.es)

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- EMIVASA-Ajuntament de València. psoler@emivasa.es
- Empresa Mixta Valenciana de Aguas. icancar@globalomnium.com

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Los indicadores fecales (FIB) se usan tradicionalmente para controlar la calidad del agua, sin embargo estos no son indicadores reales. Mediante metagenómica de secuenciación dirigida, se identifica en un único análisis toda la comunidad microbiana de la muestra (microbioma) incluyendo bacterias de interés desde el punto de vista de Salud Pública hasta los grupos bacterianos con características funcionales importantes (corrosivas, degradadoras de sustancias tóxicas, formadoras de biopelículas, etc), permitiendo así caracterizar por completo el sistema de distribución de agua potable.

La metagenómica de secuenciación dirigida identifica en un único análisis toda la comunidad microbiana de una muestra (microbioma) incluyendo bacterias de interés de Salud Pública, así como grupos bacterianos con características funcionales importantes.

**PRACTICIDAD  
DE USO**

La técnica permite con un único análisis conocer la carga microbiana completa (microbioma) de la muestra. Respecto a las técnicas convencionales supone un ahorro económico, en tiempo y efectividad, generando mucha más información en un único análisis.

**VALORES  
ADICIONALES**

El conocimiento integral del sistema mediante el análisis metagenómico, permitirá un ahorro importante a la empresa explotadora, facilitando la toma de decisiones para un mejor funcionamiento del sistema. El tener conocimiento de los microorganismos potencialmente patógenos que están presentes en el sistema de distribución (agua, biopelículas) permitirá la protección del consumidor final.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

El coste del análisis completo por muestra es aproximadamente de 250 €.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

El coste del análisis completo por muestra es aproximadamente de 250 €.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- Y. Moreno; L. Moreno-Mesonero; I. Amorós; R. Pérez; J.A. Morillo; J.L. Alonso. Multiple identification of most important waterborne protozoa in surface water used for irrigation purposes by 18S rRNA amplicon-based metagenomics. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 221 - 1, pp. 102 - 111. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.008>
- P. Soler, Moreno-Mesonero, L., V.J. Macián and Moreno, Y. *Exploring Microorganisms: Recent Advances in Applied Microbiology*. 1, pp. 22 - 26. editado por Antonio Mendez-Vilas. Brown Walker Press/UniversalPublishers, Inc. ISBN-10: 1-62734-623-6. ISBN-13: 978-1-62734-623-8

# 11. Control de la calidad microbiológica (bacterias y protozoos patógenos) del agua regenerada con la técnica de metagenómica dirigida.

## RETO

La reutilización de las aguas residuales tratadas para distintos usos, como el riego de productos agrícolas ó recarga de acuíferos, se plantea como una de las alternativas más asequibles para el funcionamiento de distintos sectores de la población. Uno de los problemas de la reutilización de aguas residuales, es la presencia de microorganismos patógenos, que persisten a pesar de los distintos tratamientos de las aguas, lo que supone riesgo para la salud humana. En la actualidad la normativas solo contemplan la presencia de Escherichia coli , no detectando los patógenos presentes.

Se propone el "Control de la calidad microbiológica (bacterias y protozoos patógenos) del agua regenerada con la técnica de metagenómica dirigida"

## SOLUCIÓN

Las técnicas convencionales de detección de patógenos (bacterias y protozoos) cuya presencia en aguas regeneradas para riego, constituyen un riesgo para la salud no permiten detectarlos con rapidez y eficacia. La técnica de metagenómica dirigida permite el control de la calidad microbiológica todos los microorganismos patógenos (bacterias y protozoos) presentes en las aguas regeneradas con mayor rapidez y eficacia, que las técnicas convencionales. Además mediante esta técnica molecular se puede detectar de forma rápida la presencia de bacterias y genes resistentes a antibióticos, en las plantas de tratamiento y efluentes. Los estudios recientes sobre reutilización incluyen técnicas de metagenómica para determinar la capacidad de la planta de tratamiento de eliminar patógenos. Permiten conocer la dinámica de la compleja comunidad microbiana en muestras de agua a través de las diferentes etapas del tratamiento, incluyendo coagulación-filtración, sedimentación, filtros de arena y desinfección, , es decir permite detectar un amplio espectro de patógenos y su eliminación a través de las etapas de la planta depuradora.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La metagenómica, o genómica de comunidades, es una disciplina emergente que busca entender los ecosistemas microbianos estudiando el contenido genómico de los microorganismos presentes en un ambiente sin necesidad de cultivarlos. Debido a que se estima que sólo el 1% de los microorganismos es cultivable, el empleo de técnicas metagenómicas ha demostrado ser una buena alternativa para estudiar las comunidades bacterianas presentes en prácticamente cualquier tipo de muestra, habiéndose aplicado ya al estudio de aguas regeneradas para riego.

## CAPACIDADES

El Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la UPV dentro y más concretamente el grupo de investigación de Química y Microbiología del agua presentan dilatada experiencia y han desarrollado numerosos protocolos para el análisis de microbiomas mediante metagenómica dirigida y su posterior análisis bioinformático

Contacto: José Luís Alonso Molina (jalonso@ihdr.upv.es).

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- IPROMA.
- EMIVASA.

SOLUCIÓN

La técnica metagenómica permite conocer la dinámica de la compleja comunidad microbiana en muestras de agua a través de las diferentes etapas del tratamiento.

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

Los indicadores fecales, se usan tradicionalmente para controlar la calidad del agua, sin embargo estos no son indicadores reales. Mediante la metagenómica dirigida, identificamos en un único análisis toda la comunidad microbiana de la muestra (microbioma) incluyendo bacterias de interés desde el punto de vista de Salud Pública hasta los grupos bacterianos con características funcionales importantes (ciclos de Nitrógeno, Fósforo, Carbono, degradadoras de sustancias tóxicas, etc..) caracterizando por completo el riesgo existente en la reutilización de aguas residuales tratadas.

**PRACTICIDAD DE USO**

La técnica de metagenómica proporciona información sobre todo el microbioma de la muestra en un solo análisis, lo que supone un ahorro de tiempo y recursos para obtención de resultados.

**VALORES ADICIONALES**

Mediante el control de la calidad sanitaria del agua regenerada por metagenómica, se consiguen resultados de interés para el posterior uso del agua, con rapidez y mayor información, lo que permite tomar decisiones sobre los efluentes de las depuradoras que repercutan en el impacto medio ambiental que puedan tener con los consiguientes efectos económicos

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

El coste del análisis completo por muestra es aproximadamente de 250 €.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

El coste del análisis completo por muestra es aproximadamente de 250 €.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Y. Moreno; L. Moreno-Mesonero; I. Amorós; R. Pérez; J.A. Morillo; J.L. Alonso. Multiple identification of most important waterborne protozoa in surface water used for irrigation purposes by 18S rRNA amplicon-based metagenomics. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 221 - 1, pp. 102 - 111. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.008>.
- Eva Domenech, Inmaculada Amorós Yolanda Moreno, José L. Alonso. *Cryptosporidium and Giardia safety margin increase in leafy green vegetables irrigated with treated wastewater International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 221 pp 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.009>.



## 12. Control de la microbiología de los procesos de depuración biológica (Bacterias filamentosas, Bacterias de los ciclos del nitrógeno, carbono, azufre y fósforo arqueas metanógenas) con la técnica de metagenómica dirigida.

### RETO

El análisis de las poblaciones bacterianas que intervienen en los procesos de depuración biológicos (fangos activos, digestión anaerobia, biorreactores de membrana) es complejo. Con las técnicas convencionales de tinción y observación al microscopio no es posible determinar las diferentes poblaciones bacterianas que intervienen en la eliminación del carbono, fósforo y nitrógeno y, en la producción de metano. Estas técnicas convencionales sirven para una identificación preliminar de las bacterias filamentosas que pueden producir problemas de “bulking” o “foaming” pero es necesario recurrir a técnicas moleculares para la adecuada identificación de las bacterias que intervienen en los diferentes ciclos biológicos y de las bacterias filamentosas que proliferan en exceso en el reactor biológico.

### SOLUCIÓN

La técnica de metagenómica dirigida (NGS) permite el control y seguimiento de las comunidades bacterianas que intervienen en la eliminación del nitrógeno (amonio oxidantes, nitrito oxidantes, anammox, desnitrificantes), fósforo (acumuladoras de polifosfato), azufre (sulfatoreductoras) y en la digestión anaerobia (hidrolíticas, fermentadoras, acetogénicas, metanógenas) y las bacterias filamentosas que pueden producir bulking y/o foaming. Además, mediante esta técnica molecular se puede detectar de forma rápida la presencia de bacterias potencialmente patógenas (*Legionella*, *Mycobacterium*) que pueden estar presentes en los aerosoles que se producen en los reactores de fangos activos en las plantas de tratamiento. Con la técnica NGS se puede establecer la dinámica de las diferentes comunidades bacterianas y la relación con cambios en parámetros operacionales y físico-químicos en las EDAR.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La metagenómica, o genómica de comunidades, es una disciplina emergente que busca entender los ecosistemas microbianos estudiando el contenido genómico de los microorganismos presentes en un ambiente sin necesidad de cultivarlos. Debido a que se estima que sólo el 1% de los microorganismos es cultivable, el empleo de técnicas moleculares como la metagenómica dirigida ha demostrado ser una buena alternativa para estudiar las comunidades bacterianas presentes en prácticamente cualquier tipo de muestra, habiéndose aplicado ya al estudio de sistemas biológicos de depuración.

### CAPACIDADES

El Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la UPV dentro y más concretamente el grupo de investigación de Química y Microbiología del agua presentan dilatada experiencia y han desarrollado numerosos protocolos para el análisis de microbiomas mediante metagenómica dirigida y su posterior análisis bioinformático

Contacto: José Luís Alonso Molina (jalonso@ihdr.upv.es)

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM)
- FACSA

El empleo de técnicas moleculares como la metagenómica dirigida ha demostrado ser una buena alternativa para estudiar las comunidades bacterianas presentes en prácticamente cualquier tipo de muestra, habiéndose aplicado ya al estudio de sistemas biológicos de depuración.

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

Mediante la metagenómica dirigida, identificamos en un único análisis toda la comunidad microbiana de la muestra (microbioma) incluyendo bacterias de interés desde el punto de vista de Salud Pública (presentes en bioaerosoles) hasta los grupos bacterianos con características funcionales importantes (ciclos de nitrógeno, fósforo, carbono, formación de metano) caracterizando de un modo exhaustivo las bacterias relacionadas con la depuración.

**PRACTICIDAD DE USO**

La técnica de metagenómica proporciona información sobre todo el microbioma de la muestra en un solo análisis, lo que supone un ahorro de tiempo y recursos para obtención de resultados.

**VALORES ADICIONALES**

Mediante el control de la calidad sanitaria del agua regenerada por metagenómica, se consiguen resultados de interés, con rapidez y mayor información, lo que facilita la toma de decisiones sobre alteraciones en el proceso biológico en las EDAR, que repercutan en la mejora del proceso de depuración.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

El coste del análisis completo por la técnica metagenómica dirigida del gen 16S rRNA muestra es aproximadamente de 250 €.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

El coste del análisis completo por muestra es aproximadamente de 250 €.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Ferrer-Polonio E., Fernández Navarro J., Alonso-Molina J.L., Mendoza-Roca J.A., Bes-Pía A., Amorós I. (2019) *Towards a cleaner wastewater treatment: Influence of folic acid addition on sludge reduction and biomass characteristics. Journal of Cleaner Production. 232:858-866.*
- Luján-Facundo M.J., Fernández-Navarro J., Alonso-Molina J.L., Amorós-Muñoz I., Moreno Y., Mendoza-Roca J.A., Pastor-Alcañiz L. (2018) *The role of salinity on the changes of the biomass characteristics and on the performance of an OMBR treating tannery wastewater. Water Research. 142:129-137.*

# 13. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical con sustrato activo.

## RETO

Tratamientos de regeneración de aguas residuales en pequeñas comunidades, donde los costes de aplicación de tecnologías convencionales de eliminación de nutrientes las hacen inviables. En la actualidad, la administración de cuenca competente (Confederaciones Hidrográficas) tan solo exige en las autorizaciones de vertido cumplir con los límites en DQO, DBO5 y SST.

## SOLUCIÓN

En pequeñas poblaciones, debido a los bajos caudales de aguas residuales generados, la solución de un tratamiento terciario mediante humedales artificiales de tipo vertical subsuperficial con un sustrato activo puede ser una buena solución para obtener un efluente regenerado de alta calidad. Por sustrato activo se entiende aquel medio poroso en el que enraízan las plantas helófitas del humedal artificial y a través del cual circula el agua. Este medio poroso ha de tener capacidad de adsorción de nutrientes y compuestos orgánicos, además de contar con una buena conductividad hidráulica. La eliminación de nitrógeno amoniacal, importante elemento que demanda oxígeno en los cursos de agua, podría ser mejorada si se operan en modo llenado/vaciado intermitente.

Con el sustrato adecuado se podrían eliminar no solo nutrientes sino pesticidas y otros contaminantes emergentes.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Existen numerosos materiales que se han empleado, bien en instalaciones a escala real, bien en experiencias de laboratorio y/o piloto. Un material interesante es aquel que constituye un residuo sólido de otro proceso industrial, de manera que la gestión de un residuo sólido permitiera su uso para otra función. En estos momentos existen ejemplos más singulares con corcho de tapones de la industria vinícola o con fangos deshidratados de plantas potabilizadoras. En este último caso existen ya plantas piloto operando en la Comunidad Valenciana.

## CAPACIDADES

El IIAMA es pionero en la investigación del aprovechamiento de materiales residuales como sustratos de humedales artificiales.

Contacto: Miguel Martín Moneris (mmartin@hma.upv.es).

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Global Omnium.

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación que aporta esta tecnología es el bajo coste energético que supone, prácticamente nulo si se puede hacer circular el agua por gravedad y el aprovechamiento de un residuo sólido que hubiera acabado en un vertedero. No se generan nuevos residuos, como en otros sistemas de tratamiento avanzado de aguas residuales destinados a eliminar fósforo. Se habrá recuperado el fósforo de la agua y transferido al sustrato que, una vez agotado, podría emplearse como enmienda agrícola para recuperar el fósforo como nutriente para plantas.

## PRACTICIDAD DE USO

El empleo de humedales artificiales como infraestructuras para el tratamiento de aguas es muy adecuado en comunidades rurales de base económica agropecuaria puesto que la gestión puede integrarse en las actividades rutinarias agrícolas. No se requiere una alta especialización ya que no hay tecnología específica. En los casos en donde sea posible, el agua circulará por gravedad y será dosificada por medio de sifones hidráulicos, por lo que en ausencia de bombas, etc. el mantenimiento será muy sencillo y abordable fácilmente en poblaciones rurales.

### VALORES ADICIONALES

En el contexto actual de calentamiento global y modificación previsible del régimen pluviométrico que conocemos, la disponibilidad de agua regenerada de alta calidad para usos agronómicos y/o ambientales puede tener mucho valor en poblaciones rurales del interior de la Comunitat. En un contexto social en el que se pretende evitar la despoblación de las zonas interiores del país, la disponibilidad de agua puede ayudar a mantener actividades agrícolas y/o ganaderas. Además de los puestos de trabajo directos que puede dar el mantenimiento de estas instalaciones en zonas rurales.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación depende mucho de la escala de los humedales artificiales que se requiera. Hay que tener en cuenta que el material sustrato activo no supone un coste ya que hay que procurar que sea un residuo inerte de alguna actividad industrial. A partir de la información técnica que se dispone en la actualidad, un caudal tratable sería alrededor de 2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d. Esto significa que una EDAR que tratara unos 43800 m<sup>3</sup>/año (1000 ha, aprox) requeriría un humedal de afino de unos 60 m<sup>2</sup>. Sin contar con el coste del terreno, muy dependiente de la localización, la instalación podría suponer unos 300 €/m<sup>2</sup>.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento, si se consigue hacer circular el agua por gravedad, sería del orden de 10 céntimos/m<sup>3</sup> de agua tratada. Si hubiera que bombear, se debería incluir el coste energético, lo que en su conjunto no se superarían los 10 céntimos/m<sup>3</sup>.

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- M.V. Ruano; D. Aguado; A. Seco; J. Ferrer; A. Robles. (2019). *Multivariate statistic methods for validating pH and ORP data as control inputs for BNR at full-scale. Conference proceedings in 10th Symposium on Modelling and Integrated Assessment (Watermatex 2019).*
- M.V. Ruano; A. Robles; D. Medrano; P. Hermosilla; R. Usoz; E. Jiménez; M. Casao; J. Ribes; J. Serralta; A. Seco; J. Ferrer (2017) *Advanced control system based on pH, ORP and DO sensors for optimisation of full-scale WWTPs. Conference proceedings in 12th IWA Specialized Conference on Instrumentation, Control & Automation.*
- M.V. Ruano; A. Robles; A. Seco; J. Ferrer; J. Ribes (2017). *Benchmarking of control strategies implemented in a dedicated control platform for wastewater treatment processes. Conference proceedings in 12th IWA Specialized Conference on Instrumentation, Control & Automation.*
- M.V. Ruano; Angel Robles; Diana Medrano; Patricio Hermosilla; Marta Casao; J. Serralta; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer (2016). *Optimisation of alternating aerobic–anoxic cycles for enhanced biological nutrient removal in full-scale CSTR-based WWTPs based on pH, ORP and DO sensors. Conference proceedings in The 13th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies. Evaluating Impacts of Innovation.*
- M.V. Ruano; A. Robles; E. Jiménez; M. Casao; J. Ribes; J. Serralta; A. Seco; J. Ferrer. (2017) *Optimización de EDAR mediante sistemas de control basados en sensores de pH, REDOX y oxígeno. Retema: revista técnica de medio ambiente. (España): C & M Publicaciones S.L., 2017. ISSN 1130-9881.*
- M.V. Ruano; A. Robles; T. Gómez-Gil; E. Olivas; P. Hermosilla; J.A. Basiero; J. Serralta; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer. (2014). *LoDif BioControl: Plataforma para facilitar la implementación de algoritmos de control y optimización de procesos en las EDAR. 313883 - FUTURENVIRO. Junio 2014, pp. 59 - 62. 2014. ISSN 2340-2628.*
- A. Robles; M.V. Ruano; J. Ribes; J. Ferrer. (2013) *Advanced control system for optimal filtration in submerged anaerobicMBRs (SAnMBRs). Journal of Membrane Science. 430 - 3, pp. 330 – 341.*
- M.V. Ruano; J. Ribes; A. Seco; J. Ferrer. (2012) *An advanced control strategy for biological nutrient removal in continuous systems based on pH and ORP sensors. Chemical Engineering Journal. 183 - 1, pp. 212 - 221.*

## 14. Obtención de recursos hídricos para ecosistemas acuáticos mediante humedales artificiales.

### RETO

La escasez de agua para el mantenimiento de ecosistemas acuáticos es un problema actual que se va a acrecentar de acuerdo con las previsiones que se deducen de los diferentes escenarios de cambio climático. La distribución de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas está sometido cada vez a mayores tensiones y aunque el mantenimiento de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos es una restricción a las asignaciones, existe mucha controversia sobre la cuantificación de dichas asignaciones ambientales. La obtención de recursos hídricos alternativos supondría un balón de oxígeno para la planificación hidrológica. El agua residual urbana tratada y regenerada tomando como referencia la legislación española actual no puede considerarse por sí misma como un caudal ambiental que permita recuperar y/o mantener los ecosistemas acuáticos. Se trata de agua que aún contiene concentraciones excesivas de nitrógeno y fósforo, además de concentraciones significativas de algunos contaminantes emergentes que las EDAR convencionales no son capaces de eliminar completamente. Por otro lado, su riqueza biológica en fitoplancton y zooplancton es muy pobre; muy alejada del objetivo de buen estado ecológico de la masa receptora del vertido.

### SOLUCIÓN

La solución que se plantea es la construcción de humedales artificiales de flujo superficial conectados a la salida de las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) que permitan una renaturalización del efluente antes de ser incorporado al medio natural. Esta renaturalización debe permitir eliminar nutrientes y de compuestos orgánicos y promover el crecimiento de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos. Estos organismos serán exportados desde estos humedales hacia los ecosistemas acuáticos naturales, permitiendo su mantenimiento y mejora. En la comunidad valenciana existen varios enclaves naturales en los que podrían implementarse estos sistemas de conexión entre EDAR y espacios naturales: Clot de Galvany, desembocadura del río Mijares, Prat de Cabanes/Torreblanca, entre otros.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La solución planteada en el apartado 2 no es nueva; existen antecedentes de los cuales el concepto de Waterharmonica (Kampf, R. y F. Boogaard, 2016) es el que ha alcanzado mayor notoriedad, originario de Holanda e implementándose desde 1996, con 15 espacios en operación y 5 más fase de diseño (datos de 2016). En España, el principal caso de aplicación se puede encontrar en el Sistema d'Aiguamolls Construits (SAC) de la EDAR de Empuriabrava (Girona) que conecta el efluente de la EDAR de Empuriabrava con el Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. En la Comunitat Valenciana existen tres espacios en el Parque Natural de l'Albufera: los Tancats de la Pipa, Milia y l'Illa, cuyo funcionamiento fue diseñado y evaluado exitosamente dentro del proyecto europeo LIFE+12 ALBUFERA.

En otros países como Francia, Portugal, Holanda existen otras aplicaciones de este concepto (ejemplo Marais de Rochefort y otros que se pueden consultar en la web de Waterharmonica).

### CAPACIDADES

El IAMA es pionero en la investigación de humedales artificiales para estas aplicaciones. Desde 2009 realiza el seguimiento de la calidad del agua del Tancat de la Pipa y entre 2013 y 2016 coordinó el proyecto LIFE+12 ALBUFERA en el que se incluyeron el Tancat de Milia y el de l'Illa.

Contacto: Miguel Martín Moneris (mmartin@hma.upv.es)

· SOLUCIÓN

## Construcción de humedales artificiales de flujo superficial conectados a la salida de las EDAR para post-tratamiento de aguas residuales regeneradas.

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Los humedales de Milia y L'Illa son propiedad de ACUAMED y gestionados por empresas adjudicatarias mediante concursos públicos de duración anual. La empresa PAVASAL ha sido adjudicataria durante algunos años. También las empresas Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM) e Hidraqua participan o han participado en algún momento.

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación que aporta esta tecnología, humedales artificiales de flujo superficial para post-tratamiento de aguas residuales regeneradas, es la mejora de la riqueza biológica y biodiversidad de forma directa. Se trata de una implementación práctica frente a la retórica de las declaraciones bienintencionadas que no se traducen en acciones concretas.

### PRACTICIDAD DE USO

El empleo de humedales artificiales como infraestructuras para la mejora ambiental es técnicamente sencillo de gestionar pero conlleva un esfuerzo importante: hay que retirar vegetación periódicamente para que no haga impracticable el espacio y para generar hábitats diversos, hay que vigilar que el agua circule correctamente...

### VALORES ADICIONALES

Es habitual que estos espacios se abran al público y se dediquen a actividades de educación ambiental; también permiten promover el turismo ornitológico, lo que puede repercutir positivamente en la economía local. El disponer de un control de los espacios y una buena calidad del agua permite desarrollar actividades de reintroducción de especies protegidas: por ejemplo, en los Tancats del P.N. de l'Albufera se realizan reintroducciones de galápagos europeo, fartet, samaruc, fochas, etc.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación depende mucho de la escala de los humedales artificiales que se requiera. Dado el objetivo ambiental que se persigue, las superficies deben ser adecuadas para que las especies objetivo dispongan del suficiente hábitat. Pueden ser desde pequeñas charcas para anfibios de decenas de metros cuadrados hasta espacios de decenas de hectáreas. Por ello no es posible establecer un coste, ni tan siquiera un orden de magnitud, puesto que el coste del terreno es el principal factor económico. Bien es verdad que las obras de adecuación son muy sencillas: movimientos de tierras, excavaciones de balsas y canales, compactación y nivelación del terreno, etc.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento depende de los costes de bombeo del agua, de la gestión de la vegetación, del seguimiento que se realice de la calidad ambiental del espacio y del uso público que se haga del mismo. A partir de las estimaciones realizadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar, el coste por m<sup>3</sup> que circula a través del humedal artificial se puede situar en una horquilla entre 0,04 y 0,29 €/m<sup>3</sup>, dependiendo de las actividades que se realicen y el agua que circule.

**BENEFICIO ADICIONAL**

Serán espacios abiertos al público con actividades de educación ambiental, que promoverán el turismo ornitológico, lo que repercutirá positivamente en la economía local.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- Gargallo, S., Martín, M., Oliver, N., Hernández-Crespo, C., 2016. Sedimentation and resuspension modelling in free water surface constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 98, 318-329.
- Hernández-Crespo, C., N. Oliver, J. Bixquert, S. Gargallo y M. Martín (2016). Comparison of three plants in a surface flow constructed wetland treating eutrophic water in a Mediterranean climate., *Hydrobiologia*, 774:183-192.
- Kampf, R. & Claassen T. H. L. (2005). *The Use of Treated Wastewater for Nature: The Waterharmonica, a Sustainable Solution as an Alternative for Separate Drainage and Treatment. Proceedings of the 2nd IWALeading-Edge Conference on Water and Wastewater Treatment Technologies - Prague 2004 and WaterIntelligence Online. IWA Publishing 2005.*
- Kampf, R. and Boomen, R. v.d. 2013. *Waterharmonica's in the Netherlands (1996 – 2012), natural constructed wetlands between well treated waste water and usable surface water, Stowa 2013-08., Amersfoort, 102 p.*
- Martín, M., Oliver, N., Hernández -Crespo, C., Gargallo, S., Regidor, M.C., 2013. The use of free water surface constructed wetland to treat the eutrophicated waters of lake L'Albufera de Valencia (Spain). *Ecol. Eng.* 50, 52-61.
- Ostendorp, W. (1989). 'Die-back' of reeds in Europe – a critical review of literatura. *Aquatic Botany*, 35, 5-26.
- Rodrigo, M.A., C. Rojo, J.L. Alonso-Guillén y P. Vera (2013). Restoration of two small Mediterranean lagoons: the dynamics of submerged macrophytes and factors that affect the success of revegetation. *Ecological. Engineering.* 54, 1–15.
- Serie monográfica del proyecto LIFE ALBUFERA "Manuales técnicos para la gestión de humedales artificiales en espacios naturales". Varios autores.
  1. Gestión de la participación en humedales. Una aproximación desde el Life+Albufera.
  2. Manual técnico para una gestión óptima de la hidráulica en humedales restaurados para mejora del hábitat y de la calidad del agua.
  3. Gestión de humedales artificiales para mejorar el estado de conservación de las aves.
  4. Gestión de la vegetación para la mejora del hábitat y de la calidad del agua / Alternativas para la valorización de la biomasa vegetal de los humedales artificiales.
- Unión Europea, 2010: "Una infraestructura verde". Serie Naturaleza. ISBN 978-92-79-16144-8.
- Waterharmonica. Kampf, R. y F. Boogaard. <http://www.waterharmonica.nl/index.htm>



# 15. Recuperación y almacenamiento de agua en la ciudad mediante el empleo de tecnologías basadas en la naturaleza.

## RETO

La aglomeración de población en entornos urbanos sigue una tendencia creciente. Este incremento en ciudades tendrá su traslación en el incremento de las demandas de agua para consumo y para mantenimiento de zonas verdes, las cuales van a cobrar mayor protagonismo en la planificación urbana. Aunque las políticas de ahorro en el consumo y gestión eficiente están dando sus frutos, se hace necesario buscar recursos hídricos alternativos que complementen a los convencionales, y que, en el caso concreto que se plantea, eviten utilizar agua de la red de consumo de agua potable para usos que no requieren esa calidad como los indicados anteriormente.

Por otra parte, el crecimiento e impermeabilización de las ciudades tienen consecuencias en el ciclo hidrológico urbano, haciendo que los volúmenes de escorrentía en tiempo de lluvia sean muy importantes. Estas escorrentías pluviales, correctamente incorporadas a una cadena de tratamiento de sistemas urbanos de drenaje sostenible pueden mejorar mucho su calidad y ser aptas para esos consumos que no requieren una calidad de agua potable.

El reto es, por tanto, estudiar qué encaje pueden tener en las ciudades algunas de las técnicas basadas en la naturaleza en los denominados "Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible" (SUDS) para la recuperación, almacenamiento y reutilización del agua recogida en tiempo de lluvia.

## SOLUCIÓN

La solución planteada se basa en el uso de tecnologías basadas en la naturaleza, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Concretamente, aquellas tecnologías que permiten el almacenamiento de la escorrentía una vez filtrada: aljibes, algunas configuraciones de pavimentos permeables y estructuras de almacenamiento subterráneo.

- Los **aljibes** son utilizados para recoger aguas de las cubiertas, escorrentías que suelen tener un grado de contaminación relativamente reducido en comparación con las escorrentías de calzada. El almacenamiento en aljibes de cubiertas resulta viable en el espacio privado, donde el propietario de la cubierta que recoge sus aguas en el aljibe podrá reutilizarlas.
- Algunas configuraciones de **pavimento permeable** permiten el almacenamiento de la escorrentía filtrada en la capa estructural de gravas. El almacenamiento en pavimentos permeables o estructuras subterráneas constituyen actuaciones en el espacio público y, por tanto, implican una gestión municipal.
- Las **estructuras de almacenamiento subterráneo** de elementos prefabricados reticulares permiten mayores volúmenes de almacenamiento.

Desde cualquiera de estos elementos de almacenamiento, puede actuarse de tres formas:

- a) Uso en riego directo mediante acoplamiento a un sistema automatizado de riego.
- b) Uso en riego indirecto o pasivo mediante infiltración.
- c) Uso del agua mediante camiones cisterna mediante extracción puntual.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Las tres tecnologías mencionadas anteriormente se emplean ampliamente en los países anglosajones y otros países del norte de Europa. En España, su uso no está todavía generalizado, aunque cada vez son más las experiencias a pequeña o mediana escala que demuestran su éxito.

## CAPACIDADES

El IiAMA es un centro de referencia en España en el diseño y gestión de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y colabora estrechamente con los otros dos centros punteros españoles en esta materia: la Universidad de Cantabria y la Universidad de la Coruña.

Contacto: Ignacio André Doménech (igando@hma.upv.es)



## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- **Ayuntamiento de Benaguasil:** cubierta vegetada, balsas de laminación, pavimento permeable, aljibes.
- **Ayuntamiento de Xàtiva:** cubierta vegetada, cunetas vegetadas, balsas de laminación.
- **Ayuntamiento de Benicàsim:** pavimento permeable, aljibes.

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación de esta solución es la posibilidad de reducir el consumo de agua potable en usos urbanos que no lo requieren mediante la reutilización de aguas pluviales convenientemente filtradas a través de técnicas basadas en la naturaleza como los SUDS.

## PRACTICIDAD DE USO

La recuperación y almacenamiento de agua para su reutilización es especialmente interesante allí donde existe una escasez del recurso. El almacenamiento de agua en entornos urbanos ayuda a suplir la demanda de riego en la época de más demanda de riego. Por otra parte, las estructuras de almacenamiento, ya sean aljibes, pavimentos o estructuras enterradas deben estar allí donde esté la demanda (jardines esencialmente), por lo que la complejidad en la instalación para la reutilización del recurso es mínima.

## VALORES ADICIONALES

Además de los beneficios directamente ligados a la gestión de escorrentías, tanto en cantidad como en calidad, los valores adicionales que se obtendrían con la propuesta son los siguientes:

- Los **aljibes** mejoran la operatividad del sistema de alcantarillado, pues evitan la incorporación de agua relativamente limpia al mismo. Además, son un elemento de los llamados "edificios verdes" que contribuyen a la obtención de créditos en las certificaciones de sostenibilidad.
- Los **pavimentos permeables** permiten una gran variedad de diseños y mucha flexibilidad de adaptación a diferentes entornos urbanos.
- Las **estructuras de almacenamiento subterráneas** promueven espacios multifuncionales pues en su superficie admiten otros usos: zonas ajardinadas o áreas de tránsito peatonal o ligero.

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

- Aljibes: 250-400 €/m<sup>3</sup>.
- Pavimentos permeables: 20-35 €/m<sup>2</sup>.
- Estructuras subterráneas reticulares: 100-200€/m<sup>3</sup>.

Fuente: Guía básica de diseño de sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales en zonas verdes y otros espacios públicos. Ayuntamiento de Madrid.

## COSTE DE MANTENIMIENTO

- Aljibes: 1-5 €/m<sup>3</sup>/año.
- Pavimentos permeables: 1-3 €/m<sup>3</sup>/año.
- Estructuras subterráneas reticulares: 0,3-2,5 €/m<sup>3</sup>/año.

Fuente: Guía básica de diseño de sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales en zonas verdes y otros espacios públicos. Ayuntamiento de Madrid.

## ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Ayuntamiento de Madrid. 2018. Guía básica de diseño de sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales en zonas verdes y otros espacios públicos.*
- *Momparler Perales, Sara; Andrés Doménech, Ignacio; Hernández Crespo, Carmen; Vallés-Morán, F. J.; Martín Monerris, Miguel; Escuder Bueno, Ignacio; Andreu Álvarez, Joaquín. (2017) The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain. Journal of Cleaner Production (163)113 - 124. 10.1016/j.jclepro.2016.05.153*
- *Valerio C. Andrés -Valeri; Sara Perales Momparler; Luis Angel Sañudo Fontaneda; Andrés Doménech, Ignacio; Daniel Castro-Fresno; Escuder Bueno, Ignacio. (2016). Sustainable Drainage Systems in Spain. Sustainable Surface Water Management: A Handbook for SUDS (355 - 370). Wiley. 978-1-118-89770-6.*
- *Woods-Ballard, P., Wilson, S., Udale-Clarke, H. Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R. 2015. The SuDS Manual. CIRIA, London, UK.*
- *Zubelzu, Sergio; Rodríguez Sinobas, Leonor; Andrés Doménech, Ignacio; Castillo-Rodríguez, J.T.; Perales Momparler, Sara. 2019. Design of water reuse storage facilities in Sustainable Urban Drainage Systems from a volumetric water balance perspective. The Science of The Total Environment (663)133 - 143. 10.1016/j.scitotenv.2019.01.342*

# 16. Empleo de biojardineras para el tratamiento y regeneración de aguas grises.

## RETO

La aglomeración de población en entornos urbanos sigue una tendencia creciente. Este incremento en ciudades tendrá su traslación en el incremento de las demandas de agua para consumo y para mantenimiento de zonas verdes, las cuales van a cobrar mayor protagonismo en la planificación urbana. Aunque las políticas de ahorro en el consumo y gestión eficiente están dando sus frutos, se hace necesario buscar recursos hídricos alternativos que complementen a los convencionales.

La regeneración de aguas residuales es una de estas posibilidades. A nivel europeo, España es el país que más agua residual tratada reutiliza; y dentro de España, en la Comunidad Valenciana es un recurso significativo. Según el informe anual de la EPSAR (2018), se ha reutilizado unos 139 Hm<sup>3</sup>, que suponen un 31,46% del volumen depurado. La mayoría de este volumen, un 83%, se emplea en agricultura, suponiendo los usos urbanos el 1,2%.

La principal dificultad es la creación de una red de distribución de agua residual regenerada para riego de parques y jardines, principalmente en las zonas urbanas consolidadas. En los nuevos desarrollos urbanísticos sí que se podría plantear la instalación de esta red, pero su viabilidad económica dependería de la distancia a la EDAR y de los requerimientos energéticos asociados a la distribución.

El reto es cómo emplear agua residual urbana regenerada de forma localizada con el menor gasto energético.

## SOLUCIÓN

La solución planteada es el uso de tecnologías basadas en la naturaleza, como los humedales artificiales de flujo vertical subsuperficial en el tratamiento de aguas grises de viviendas a escala edificio o conjunto de edificios próximos.

Las aguas grises son aquellas que provienen de usos domésticos como duchas y lavamanos, que no llevan una carga microbiológica tan alta como las que se generan en el inodoro y cuyo tratamiento para alcanzar una calidad apta para riego es más sencillo.

La idea es disponer en las viviendas de una doble red de saneamiento: gris y negra. La gris se derivaría para alimentar humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical que es lo que constituye lo que se podría denominar como biojardineras. Estas biojardineras pueden emplearse como espacios verdes de separación urbana, ya que al ser de tipo vertical pueden adoptar la forma superficial que se desee. El agua tratada podrá ser almacenada y empleada como agua de riego para las zonas verdes del entorno. El diseño de las biojardineras se haría de manera que la alimentación del agua gris fuera por gravedad.

La solución propuesta también reduciría el caudal dirigido a la EDAR de tratamiento para las aguas negras.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Los humedales artificiales de flujo vertical se emplean a pequeña escala con notable éxito y dentro de sus aplicaciones entra el tratamiento de aguas grises (Arden et Ma, 2018). Esta aplicación urbana no es tan común como otras, pero los resultados consultados en la bibliografía muestran su utilidad.

## CAPACIDADES

El IIAMA es pionero en la investigación de humedales artificiales para estas aplicaciones, habiendo colaborado con el Instituto de Tecnología del Agua (UPV) en la búsqueda de soluciones para el tratamiento y gestión de aguas grises.

Contacto: Ignacio André Doménech (igando@hma.upv.es).

· RETO

## Emplear agua residual urbana regenerada de forma localizada con el menor gasto energético.

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación que aporta esta solución es la posibilidad de descentralizar la depuración, regeneración y aprovechamiento urbano de aguas grises a pequeña escala.

### PRACTICIDAD DE USO

Partiendo de que que aproximadamente el 50% del agua residual doméstica en una vivienda es agua gris, por cada habitante se podría disponer de unos 50 l/día. Para un edificio de ocho alturas, cuatro viviendas por piso y una ocupación media de 2 personas por vivienda, se podrían recuperar cerca de 2000 l/d que podrían proporcionar riego de mantenimiento para una zona verde de 400 m<sup>2</sup>. A esta zona verde hay que sumar la que ocupa el humedal, que podría emplearse como barrera vegetal anti ruido/polvo/contaminantes atmosféricos, etc., ya que el carrizo puede llegar a alcanzar alturas de varios metros. Todo ello, con un coste energético nulo en el tratamiento, ya que el agua circula por gravedad.

El mantenimiento del humedal artificial sería como el de cualquier zona verde, y al no haber elementos electromecánicos el riesgo de mal funcionamiento es nulo.

### VALORES ADICIONALES

La propuesta evita que parte del caudal de agua residual vaya a la EDAR del municipio, lo que se traduce en menores costes de funcionamiento de esta instalación (bombeos en la red de saneamiento, en la EDAR, disminución de los aportes de oxígeno en los reactores biológicos, menor producción de fangos, etc.) y permite el ahorro de agua en el riego de parques y jardines. Ambos aspectos tienen implicaciones económicas y ambientales. En los aspectos sociales, la instalación de tecnologías basadas en la naturaleza próximas a la población permite concienciarla sobre la generación de residuos y el uso de los recursos naturales.

Además, la solución propuesta puede integrarse con otras iniciativas para la mejora de la gestión ambiental de los residuos del barrio/municipio. Por ejemplo, el carrizo cosechado periódicamente de los humedales artificiales puede emplearse en la elaboración de compost a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación sería de unos 10 €/m<sup>3</sup> anuales tratados.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Los costes de explotación anuales se situarían en el entorno de 0,2 €/m<sup>3</sup>.

SOLUCIÓN

Mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical, biojardineras, el agua tratada puede almacenarse y ser usada para el riego de las zonas verdes del entorno.

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

- Arden S., Ma, X. 2018. *Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. Science of the Total Environment*, 630, 587-599.
- Aizenchtadt, E., Ingman, D., Friedler, E. 2009. *Analysis of the long-term performance of an on-site greywater treatment plant using novel statistical approaches. Urban Water Journal*, 6: 5, 341-354.
- Christova-Boal, D., Eden, R. E., McFarlane, S. 1996. *An investigation into greywater reuse for urban residential properties. Desalination*, 106: 391 – 397.
- Cobacho Jordán, R., Martín Moneris, M., Palmero Molina, C., Cabrera Rochera, E. 2012. *Key points in the practical implementation of greywater recycling systems. The Spanish situation in the global context. Water Science and Technology: Water Supply*, Vol.12, 406-414.
- Domenech, L., Saurí, D. 2010. *Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan area of Barcelona. Resources, Conservation and Recycling*, 55: 53-62.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., Ledin, A. 2002. *Characteristics of grey waste water. Urban Water*, 4 : 85 - 104.
- Gross, A., Shmueli, O., Ronen, Z., Raveh, E., 2007. *Recycled vertical flow constructed wetland (RVFCW) - a novel method of recycling greywater for irrigation in small communities and households. Chemosphere* 66, 916–923.
- Halalshah, M., Dalahmeh, S., Sayed, M., Suleiman, W., Shareef, M., Mansour, M., Safi, M. 2008. *Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. Bioresource Technology*, 99: 6635 – 6641.
- International Water Association. 2010. *International Statistics for Water Services. Specialist Group - Statistics and Economics*.
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T., Judd, S. 1999. *Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water*, 1: 285-292.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2007. *Informe sobre la situación actual y evolución de los ingresos y tarifas de los servicios urbanos del agua. Madrid*.
- Shin, H. S., Lee, S. M., Seo, I. S., Lim, K. H., Song, J. S. 1998. *Pilot-scale SBR and MF operation for the removal of organic and nitrogen compounds from greywater. Water Science and Technology*, 36 (6): 79 – 88.
- Toifi, M., Diaper, C., O' Halloran, R. 2008. *Assessing the performance of small scale greywater treatment systems under controlled laboratory conditions. Water practice and technology*.

# 17. Construcción y explotación de gemelos digitales de redes de distribución de agua en un entorno GIS

## RETO

Los modelos hidráulicos de las redes de distribución de agua son cada vez más necesarios para gestionar los abastecimientos de modo eficiente y seguro.

Hasta hoy construir un modelo de una red ha sido una tarea tediosa que conlleva recopilar mucha información, depurar los datos y aplicarlos correctamente. El modelo debe además calibrarse para reproducir fielmente la realidad. Sin embargo, la revolución digital va a suponer un cambio importante en el futuro de los modelos hidráulicos al permitir acceder a una gran cantidad de información fácilmente, mucha de ella en tiempo real. Así los modelos hidráulicos simplificados de antaño están destinados a evolucionar poco a poco hacia los denominados gemelos digitales, que actúan como una réplica fiel a la realidad en la que los gestores podrán apoyarse para la toma de cualquier decisión.

## SOLUCIÓN

La migración de los modelos hidráulicos hacia los gemelos digitales exige una puesta a punto de muchos conceptos, que van desde la estandarización de los datos manejados a la confección de herramientas que permitan manejarlos con facilidad e integrarlos con otras plataformas utilizadas hoy en día por las empresas gestoras del agua, en el contexto de la que se conoce como la transformación digital 4.0.

El objetivo global que se plantea es altamente ambicioso, y de suficiente envergadura como para formar parte de un proyecto a nivel empresarial. Pero todo ladrillo hace pared, y lo que se plantea en concreto en esta actuación es avanzar por ahora en la estandarización de los datos, y el desarrollo de una plataforma de simulación hidráulica capaz de manejar grandes volúmenes de información, ajustados lo más posible a la realidad física. A tal fin, el grupo REHDISP del IIAMA está desarrollando la plataforma gratuita QGISRed sobre QGIS, como un plugin capaz de ofrecer las bases para construir modelos de detalle de las redes de distribución de agua cada vez más próximos a los gemelos digitales.

La nueva extensión QGISRed superará en breve todas las prestaciones del programa EPANET, tanto a nivel de cálculo como de interfaz gráfica, explotando las capacidades de manejo de datos geográficos que ofrece la plataforma de software libre QGIS

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El nivel de madurez de la extensión QGISRed sería equivalente a 7, esto es de validación de la extensión y aplicación en sistemas reales. De hecho, existe ya una versión operativa en el repositorio de QGIS, la cual se puede descargar directamente como un complemento de QGIS (versión en pruebas 0.7), o bien desde el repositorio GitHub <https://github.com/neslerel/QGISRed>, donde se aloja el código de QGISRed que interactúa con QGIS. Desde que se subió la primera versión a primeros de septiembre de 2019, y ante de su lanzamiento oficial previsto para finales de Octubre, ya tiene 800 descargas sin haberlo anunciado.

En su versión actual supera, en las prestaciones ya desarrolladas, a cualquier otro software libre equiparable. Faltan desarrollar algunas prestaciones adicionales para superar a cualquier otro software libre equivalente, como por ejemplo EPANET. Una vez alcanzado el nivel TRL 9, al que se espera llegar en algunos meses, la versión libre de QGISRed superará en bastantes aspectos a EPANET. Además servirá de plataforma para el lanzamiento de numerosas prestaciones adicionales, ya no gratuitas, que competirán en precio y capacidad con las ofrecidas por los paquetes comerciales más avanzados, en el ámbito de simulación de las redes de abastecimiento.

#### CAPACIDADES

La nueva extensión de QGIS, denominada QGISRED, de carácter libre y con prestaciones profesionales, será presentada como un desarrollo realizado por el grupo REDHISP del IIAMA, gracias a una Ayuda de Personal de Apoyo Tecnológico concedida por la GV en 2017.

Contacto: Fernando Martínez Alzamora (fmartine@hma.upv.es)

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- Al ser una aplicación libre, en inglés y español por ahora, su rango de implantación se extiende a todo el mundo. Por ahora hay 800 descargas registradas, solo de las versiones de prueba, sin haberlo anunciado oficialmente.
- En su desarrollo se están ensayando redes de prueba como la BWSN2 con 12.000 nudos y la red de detalle de la ciudad de Valencia y su Area Metropolitana de Valencia con más de 100.000 nudos

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

En la nueva extensión QGISRed se pretende ir más allá de las prestaciones que actualmente ofrece el software de referencia EPANET utilizado en todo el mundo. En particular, la capacidad para manejar modelos de detalle e incluir todos los componentes de la red en el modelo gracias al soporte GIS, permitirá poner los primeros pasos para construir el futuro gemelos digitales de las redes, lo que supone una innovación muy relevante en el estado actual del arte. Otras muchas prestaciones innovadoras serán posibles en el futuro, derivadas de los gemelos digitales o de otras consideraciones, ya en el ámbito de lo que serán las smart cities.

#### PRACTICIDAD DE USO

La estandarización de los datos y la gratuidad del producto, además de su robustez de cálculo y de manejo de la información, a la que se están dedicando muchos esfuerzos, harán posible en breve que cualquier abastecimiento pueda conectar sus datos con la nueva extensión, que esperamos tenga gran aceptación, tanto en nuestras fronteras como fuera de ellas.

#### VALORES ADICIONALES

Una buena gestión de los abastecimientos de agua está muy vinculada con aspectos sociales y medioambientales. La seguridad del suministro, tanto en cantidad como en calidad, es un deber de las entidades municipales con la población a la que sirven. En el futuro los modelos de calidad, la seguridad del suministro, el análisis de riesgos, la gestión de la demanda en situaciones de sequía, etc. serán ofrecidos como nuevas prestaciones de la extensión QGISRed. Asimismo está previsto incorporarle nuevas herramientas destinadas a la detección y localización de fugas, o al ahorro en el consumo energético, como una componente medioambiental del producto.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

Actualmente se necesita el apoyo económico a fondo perdido para culminar la versión gratuita de QGISRed y costear su lanzamiento oficial. El coste total se estima en 20.000 € para un plazo de ejecución de 6 meses. En ese tiempo se podría pasar de TRL 7 al máximo nivel de madurez TRL 9. Dicha versión básica superaría todas las prestaciones actuales de la última versión de EPANET y sentaría las bases para incorporar un gran abanico de nuevas prestaciones en el futuro, solo ofrecidas hoy parcialmente por los productos comerciales.

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

El equipo actual de desarrollo es pequeño. Una plantilla adecuada para dar soporte a la extensión sería un programador, y una persona dedicada al marketing, formación y relaciones públicas, además de la dirección para el desarrollo de nuevas prestaciones a cargo del PDI del IIAMA. La plataforma de difusión QGIS es gratuita. El grupo REDHISP crearía además una web propia para alojar tutoriales, noticias, avances etc. El coste total de mantenimiento del equipo se estima en 50.000 €/año. Sin embargo, se espera obtener ingresos mediante la venta de licencias de las aplicaciones específicas derivadas de la aplicación básica gratuita.

**· BENEFICIO PRÁCTICO**

**En el futuro, los modelos de calidad, la seguridad del suministro, el análisis de riesgos, la gestión de la demanda en situaciones de sequía, etc. serán ofrecidos como nuevas prestaciones de la extensión QGISRed.**

**AHORRO  
DE COSTES**

El coste actual de las licencias de los productos comerciales dirigidos a simular el comportamiento de las redes de abastecimiento puede suponer una inversión inicial entre 20.000 y 50.000 €, más un contrato de mantenimiento de unos 10.000 € anuales. Y ello con un número reducido de licencias.

La extensión QGISRed, ofreciendo muchas de las prestaciones básicas de estos productos, y algunas más avanzadas, sería gratuita. Podría ser utilizada por todo el personal de la empresa, tras unos cursos previos de formación. Supondría la popularización del uso de los modelos en las empresas gestoras del agua.

Solo algunas prestaciones específicas serían de pago, pero a un coste mucho menor, pues irían dirigidas también a un grupo de usuarios mucho más reducido. Dichas prestaciones podrían también particularizarse a petición del cliente, lo que no permiten los productos comerciales.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- *Repositorio GitHub con el código de conexión con QGIS y los Manuales en español e inglés, adaptados a las prestaciones actuales de la aplicación gratuita: <https://github.com/neslerel/QGISRed>.*
- *Comunicación Congreso CWWI 2019, celebrado en Septiembre en Exeter (UK), que ha supuesto el primer anuncio oficial de la nueva extensión QGISRed: [https://www.researchgate.net/publication/336170857\\_Upgrade\\_of\\_the\\_QGISRed\\_application\\_for\\_the\\_free\\_analysis\\_of\\_WDN\\_under\\_GIS\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/336170857_Upgrade_of_the_QGISRed_application_for_the_free_analysis_of_WDN_under_GIS_environment)*



# 18. Monitorización de redes de riego en tiempo real en un entorno GIS y programación óptima de los riegos para minimizar el coste energético.

## RETO

A diferencia de los sistemas de distribución de agua potable, donde se disponen de medios y recursos para gestionar el agua de forma eficiente, y construir modelos hidráulicos o gemelos digitales en el futuro para facilitar la toma de decisiones, el mundo del riego está bastante más atrasado en este aspecto. Sin embargo, maneja unos caudales y unas potencias muy superiores a las de los abastecimientos de agua. Sistemas de riego con un potencia instalada superior a 1 Mw se cuentan por decenas en nuestro país.

La agricultura, en general, no dispone de los recursos, ni de las exigencias por parte de los usuarios o de la Administración que les motive a realizar una gestión más eficiente de sus instalaciones. Tan solo el elevado coste energético que conlleva hoy en día presurizar las redes para poder modular el suministro de agua conforme a los programas de riego establecidos o solicitados por los regantes, puede ser un estímulo.

## SOLUCIÓN

En el grupo de Redes Hidráulicas REDHISP del IIAMA llevamos años desarrollando soluciones informáticas dirigidas a optimizar el uso del agua y la energía en redes de riego. El grupo ha participado recientemente el proyecto AGADAPT de la Climate KIC <https://www.climate-kic.org/projects/agadapt-adapting-water-use-by-the-agriculture-sector>, y en el proyecto FIGARO del VII PM <http://www.figaro-irrigation.net>, aportando soluciones prácticas en este sentido. En tiempos pasados se desarrolló también la aplicación HURAGIS sobre ArcGIS, la cual finalmente quedó obsoleta por desgracia, al cambiar el entorno de programación.

Sin embargo, todos estos esfuerzos no se han materializado hasta hoy en una plataforma informática de uso general, que se haya implantado en las grandes instalaciones de riego de nuestro entorno. Tan solo el núcleo de estas aplicaciones, el optimizador energético, ha sido personalizado para algunas explotaciones particulares atendiendo a sus necesidades y las solicitudes de las ingenierías que colaboras en su explotación. El optimizar por ahora es un servicio API/REST que conecta con otras plataformas de gestión implantadas en las CCRR. Por otra parte, se está desarrollando con motivo de una Tesis Doctoral, la conexión entre el modelo hidráulico de la red de riego y el optimizador energético en tiempo real para la red piloto del sector XI de Picassent, la cual forma parte de las CCRR del canal Júcar-Turia.

La solución que se propone es adaptar los desarrollos de la extensión QGISRed para QGIS, actualmente en estado muy avanzado, y destinada a facilitar la construcción de modelos de redes de agua a presión a partir de información GIS o CAD, para incorporar en ella la problemática propia de las redes de riego, incluyendo hidrantes multiusuarios, subunidades de riego por goteo, estructuras autoportantes para riego por aspersión, cañones, etc, así como la programación de riegos por turnos, por sectores, bajo petición del usuario, etc. Finalmente, cabría añadir al modelo las balsas, estaciones de bombeo con BVF y BVV, contratos eléctricos, tarifas, etc.

Con todo ello, se podría reproducir en una primera fase el comportamiento real de las instalaciones de riego en unas determinadas condiciones de explotación, y evaluar su consumo y coste energético. Se prevé incluso poder alimentar el modelo en tiempo real para visualizar sobre la plataforma QGIS el modo de operación de la red, aprovechando la experiencia piloto en la red de Picassent.

A continuación se conectaría la extensión QGISRed con el optimizador ya desarrollado, u otros con más capacidades en el futuro, para anticipar los programas de riego más eficientes desde el punto de vista energético, ante unas demandas o turnos previsto a corto plazo (de un día a una semana). Además del caso de inyección directa, el



optimizador podría contemplar también la gestión del agua almacenadas en las balsas y la gestión de los recursos veces obtenidos a través de canales de riego con una gran rigidez en el aporte de los volúmenes requeridos, o desde perforaciones a gran profundidad. La reutilización de aguas depuradas o desaladas podría contemplarse igualmente, así como el uso parcial de energía fotovoltaica.

#### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Actualmente, el nivel de desarrollo de la aplicación base QGISRed que permite modelar el sistema hidráulico podría calificarse de TRL 7, equivalente a la validación de la extensión y aplicación en sistemas reales. De hecho, existe ya una versión operativa en el repositorio de QGIS, la cual se puede descargar directamente como un complemento de QGIS (versión en pruebas 0.7), o bien desde el repositorio GitHub <https://github.com/neslerel/QGISRed>, donde se aloja el código de QGISRed que interactúa con QGIS. Desde que se subió la primera versión a primeros de septiembre de 2019, y antes de su lanzamiento oficial previsto para finales de Octubre, ya tiene 800 descargas sin haberlo anunciado.

Si embargo, dicho simulador está orientado por ahora a reproducir el comportamiento de las redes urbanas de abastecimiento de agua. Para adaptar la aplicación con el fin de reproducir el comportamiento de las redes de riego se necesitaría un esfuerzo adicional de al menos 3 meses, que podrían alargarse hasta 6 meses a medida que se añaden nuevas prestaciones

Puesto que el modelado en tiempo real de la red piloto de Picassent está muy avanzado, con recogida de datos ya en tiempo real, carga del modelo y calibración finalizado, todo ello en el entorno de EPANET, acoplar dicho modelo en la nueva extensión de QGISRed, y desarrollar visualizadores específicos para mostrar la evolución de los riegos y del consumo energético y de sus valores acumulados, podría conducir finalmente a un nivel de desarrollo de la aplicación final calificado como TRL 9. Ello podría formar parte de un Living Lab, para mostrar que la gestión eficiente de la energía en redes de riego en tiempo real es hoy posible y podría estar al alcance de cualquier CR (Comunidad de Regantes).

No existe nada semejante hoy por hoy en nuestro país que integre en tiempo real la monitorización de los datos de campo en redes de riego (presiones, caudales, energías, estado elementos de regulación, etc) , su visualización en una plataforma GIS, su conexión con el modelo hidráulico, y la utilización de dicho modelo, junto las peticiones de los usuario y las restricciones del sistema, para programar los riegos a corto plazo del modo más eficiente.

#### CAPACIDADES

La adaptación de QGISRed para optimizar el uso del agua y la energía en redes de riego sería presentada como un desarrollo realizado por el grupo REDHISP del IIAMA, con el apoyo de la entidad que financiara el coste de la adaptación. Las herramientas para confeccionar el modelo hidráulico y visualizar los resultados sobre QGIS serían gratuitas. El optimizador debe configurarse para cada caso particular, y conllevaría la suscripción de un contrato con cada CR interesada.

Contacto: Fernando Martínez Alzamora (fmartine@hma.upv.es)

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Actualmente el optimizador energético de redes de riego ha sido desarrollado y verificado para las redes de riego de la CR. de Señera (Valencia), del Pantano Estrecho de Peñarroya (C.Real), de Almazora (Castellón), Balazote (Albacete), Picassent sectores IV y IX (Valencia). Otras muchas CCRR se han interesado por el optimizador.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La posibilidad hoy en día de integrar los optimizadores energéticos en la gestión del riego es un hecho. Sin embargo, no hay demostradores operativos en nuestro conocimiento. Tan solo llevar a buen puerto la presente propuesta sería un avance de gran envergadura el mundo del riego y en la gestión eficiente de los recursos naturales, tanto del agua como de la energía, en un sector que consume en España el 70 % de la demanda de agua y el 4 % de la demanda de energía.

#### PRACTICIDAD DE USO

El mundo del riego necesita de aplicaciones y demostradores que muestren que es posible gestionar redes muy complejas con varias estaciones de bombeo, varias balsas, contratos específicos con penalizaciones por exceso de potencia, más de 1000 válvulas en operación, etc. con los sistemas GIS actuales, conectados en tiempo real con los datos de campo, y con el soporte de un modelo hidráulico para optimizar los riegos garantizando las presiones, y reduciendo el consumo energético, o mejor los costes energéticos, al mínimo. Solo de la mano de futuros demostradores efectivos y fáciles de usar, el campo se dejará aconsejar por las nuevas tecnologías, pues la reticencia de los agricultores a cualquier innovación que altere sus costumbres o criterios es muy elevada.

#### VALORES ADICIONALES

Las ventajas de un optimizador energético, y algún día también del uso del agua si se ampliara la nueva aplicación para estimar al mismo tiempo las necesidades de agua, como ya realizaba en su momento la aplicación HuraGIS desarrollada por nuestro grupo o aplicando los avances realizados en el entorno de los proyectos AGADAPT y FIGARO, son evidentes a) desde el punto de vista económico (actualmente el coste energético está paralizando la explotación de muchas redes de riego), b) desde el punto de vista medioambiental (por el ahorro de agua y la reducción de emisiones de CO<sup>2</sup> vinculadas al ahorro energético), y c) desde el punto de vista social por la comodidad y satisfacción que ello puede suponer al regante. En ocasiones, el agricultor puede incluso beneficiarse a la hora de introducir sus productos en el mercado, que comienzan a exigir a los productos que venden la etiqueta de haber sido elaborados bajo criterios de eficiencia hídrica y energética.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

Actualmente se necesita el apoyo económico a fondo perdido para adaptar la aplicación QGISRed al objeto de particularizarla para manejar los nuevos componentes físicos y los requerimientos propios de las redes de riego. El coste total se estima en 15.000 € para un plazo de ejecución de 4 meses. En ese tiempo se podría pasar del actual TRL 7 de QGISRed al máximo nivel de madurez TRL 9 en su aplicación al mundo del riego, con un demostrador on line para la red piloto del Sector XI de Picassent. Dicha versión básica superaría a cualquier otro producto, pues no existe nada similar en el mercado y tan completo. En el futuro podrían incorporarse estimaciones de necesidades de riego basadas en sondas de humedad, fotografías infrarrojas con drones e imágenes de satélites, temas en los cuales otros miembros del equipo tienen hoy en día ya gran experiencia.

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de la aplicación orientada a la gestión del agua de riego, incluido el optimizador, requeriría la asistencia de un programador para llevar a cabo futuros avances, y una persona dedicada al marketing, formación y relaciones públicas, además de la dirección para el desarrollo de nuevas prestaciones a cargo del PDI del IIAMA. La plataforma de difusión QGIS es gratuita, así como la adaptación de la extensión QGISRed para modelar redes de riego. El grupo REDHISP crearía además una web propia para alojar tutoriales, noticias, avances etc. El coste total de mantenimiento del equipo se estima en 30.000 €/año. Sin embargo, se espera obtener ingresos mediante la adaptación del optimizador a cada caso real, para las CCRR que estuvieran interesadas.

#### AHORRO DE COSTES

El ahorro energético contrastado de algunas CCRR donde se ha implantado el optimizador oscila entre los 50.000 € y los 300.000 € al año. Los agricultores sin embargo no están muchas veces dispuestos a sacrificar sus criterios y costumbres de riego por conseguir tales ahorros, lo que dificulta enormemente la implantación de los optimizadores. Solo el día en que la gestión de las CCRR la lleven empresas independientes contratadas al efecto y de la confianza de los regantes, la implantación de un optimizador se justificará por sí sola, ante los notables ahorros que conlleva. Quizás haya que esperar a que las nuevas generaciones de agricultores tomen el relevo. Por ahora no queda más que desarrollar demostradores y confiar que la administración introduzca estímulos para su implantación.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Repositorio GitHub con el código de conexión con QGIS y los Manuales en español e inglés, adaptados a las prestaciones actuales de la aplicación gratuita:* <https://github.com/neslerel/QGISRed>.
- *V Jornadas de Ingeniería del Agua, Nov. 2017. A Coruña:* [https://www.researchgate.net/publication/321026733\\_Optimizacion\\_Energetica\\_en\\_Tiempo\\_Real\\_de\\_la\\_Programacion\\_del\\_Riego\\_mediante\\_Algoritmos\\_Geneticos\\_Multi-objetivo\\_Paralelos](https://www.researchgate.net/publication/321026733_Optimizacion_Energetica_en_Tiempo_Real_de_la_Programacion_del_Riego_mediante_Algoritmos_Geneticos_Multi-objetivo_Paralelos)



# 19. Soluciones de inteligencia artificial para automatizar e incorporar el conocimiento experto en la gestión de sistemas multiembalse.

## RETO

Las cuencas hidrográficas del levante español, sujetas a un clima mediterráneo y a un uso intensivo del agua para la agricultura, llevan décadas sufriendo estrés hídrico, como ponen de manifiesto los déficits reconocidos en sus planes de cuenca. Dicho estrés ha sido abordado fundamentalmente mediante medidas de gestión de la oferta de agua (embalses, pozos, trasvases, reutilización, desalación, etc.) y medidas de gestión de la demanda (modernización de regadíos, ajuste de dotaciones de riego, mejora de la eficiencia de abastecimientos urbanos, mercados de agua, etc.). Dicho mosaico supone una elevada complejidad para la gestión del recurso hídrico. Pese a estas medidas, la sostenibilidad del uso del agua no está aún garantizada. Los déficits siguen existiendo, la calidad del agua se sigue deteriorando y la amenaza del cambio climático se cierne sobre sistemas ya en precario equilibrio. Peor aún, algunas de las medidas realizadas no se emplean o lo hacen por debajo de su capacidad por razones técnico-económicas. Es necesario integrar dichas medidas y todas las fuentes de suministro disponibles en una gestión óptima del agua que garantice sus sostenibilidad económica y ambiental.

La actual planificación y gestión del agua, pese a su buen desempeño, no ha sido capaz de integrar plenamente los recursos disponibles (superficiales, subterráneos y no convencionales) en la satisfacción de demandas. Es necesario integrar eficazmente todos los recursos disponibles en la planificación y gestión hídrica, y conciliar medidas de gestión de oferta y de demanda. Para llevar a cabo esta conciliación es necesario realizar una gestión conjunta de todos los recursos y demandas disponibles empleando criterios sostenibilidad económica, social y ambiental; y gestionar anticipadamente las sequías mediante una predicción dinámica de recursos y demandas con 6-7 meses de antelación, frente a la temporada de riego.

## SOLUCIÓN

Para abordar la necesidad anterior se propone crear una plataforma hidroeconómica de apoyo a la gestión de sistemas integrados del agua capaz de:

- Analizar conjuntamente la componente hidrológica, económica y ambiental.
- Realizar predicciones de los recursos y demandas a varios meses vista de forma dinámica.
- Sugerir alternativas óptimas de operación teniendo en cuenta el recurso disponible y previsto, la demanda prevista, los costes y beneficios asociados a cada fuente de recurso y demanda y sus impactos medioambientales.
- Explorar las consecuencias hidrológicas, económicas y medioambientales de las decisiones propuestas por los gestores.

Dicha plataforma integrará predicciones meteorológicas, modelos hidrológicos distribuidos, modelos hidroeconómicos de gestión de recursos hídricos y modelos agrohidrológicos. Ofrecerá previsiones e información sobre temperaturas, lluvias, aportaciones hidrológicas, necesidades de riego, cultivo y producción agrícolas, volúmenes en embalses, caudales circulantes, decisiones operativas (suestras de embalses, trasvases y uso de desalación y reutilización), costes del agua, beneficios económicos, indicadores de sequía e indicadores ambientales. Dichas previsiones se obtendrán para las normas de explotación actuales, para una operación óptima (buscando el máximo rendimiento económico y medioambiental posible) y para las decisiones de operación que especifiquen los usuarios de la herramienta.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El nivel de madurez de la solución propuesta se halla actualmente en TRL4, ya que existen investigaciones que han validado diversas combinaciones de sus componentes en un entorno experimental. Sin embargo, algunos componentes individuales se hallan ya en el mercado (TRL9).

En la planificación hidrológica en España se utilizan modelos de gestión de recursos hídricos desarrollados con el Sistema de Ayuda a la Decisión AQUATOOL del IIAMA de la UPV para planificación. En este caso, se propone un prototipo que aproveche los desarrollos previos pero con el objetivo de optimizar la explotación dinámica del sistema con integración de herramientas de predicción de recursos y demandas. La tecnología propuesta se sustenta en predicciones meteorológicas y en modelos matemáticos de procesado y análisis de datos y de toma de decisiones.

### CAPACIDADES

España es uno de los países del mundo con mayor experiencia en planificación y gestión de cuencas. El IIAMA es pionero en el desarrollo de SAD para planificación y gestión de recursos hídricos. El IIAMA dispone de experiencia en el desarrollo de modelos hidroeconómicos, y en la combinación de sistemas expertos (inteligencia artificial) y algoritmos evolutivos y estocásticos para el apoyo a las decisiones. También dispone de experiencia en la integración de la predicción meteorológica e hidrológica en la gestión de cuencas, y en metodologías para la predicción de la demanda en tiempo real, incluyendo la teledetección.

Contacto: Manuel Pulido Velázquez (mapuve@hma.upv.es).

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

No existen referencias de clientes en España en los que esta solución esté implantada.

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación es el desarrollo de herramientas hidroeconómicas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión dinámica del sistema, usando herramientas de simulación (que permita introducir decisiones de forma iterativa) y de optimización (teniendo en cuenta objetivos económicos y ambientales), combinadas con sistemas expertos. Las principales innovaciones tecnológicas previstas son:

- La adquisición, regionalización y procesado de predicciones meteorológicas.
- La previsión conjunta de los recursos disponibles, las demandas agrícolas y las decisiones de operación
- La paralelización de los sistemas de predicción.
- La integración explícita de análisis económicos y medioambientales en la predicción.
- El tratamiento de la incertidumbre y su incorporación a la toma de decisiones, aspecto clave en la gestión anticipada del sistema.
- La combinación de sistemas expertos (inteligencia artificial) y algoritmos evolutivos y estocásticos para el apoyo a las decisiones.

### PRACTICIDAD DE USO

Aunque el uso de sistemas de apoyo a la decisión (e.j. AQUATOOL) está muy extendido en la planificación hidrológica en España, el uso de herramientas para la gestión dinámica y en tiempo real de sistemas multiembalse es mucho menos frecuente. Además, la componente económica no es con frecuencia incorporada en la evaluación de decisiones. Las herramientas actuales de predicción de recursos y demandas a corto plazo y estacionales (ej. antes de la temporada de riego) permiten, junto con los sistemas expertos y técnicas de análisis de sistemas, nuevos avances en el desarrollo de este tipo de herramientas.

Mediante una herramienta de este tipo es posible analizar el riesgo de impacto de sequías antes de la campaña de riego, incluyendo el impacto económico, que evaluamos mediante modelos de programación matemática o bien modelos econométricos basados en el histórico del valor de la producción de cultivos (Lopez-Nicolás *et al.*, 2017). La gestión en tiempo real puede hacerse compatible con el sistema de indicadores de sequías en uso (incorporando su predicción), que también pueden ser diseñados mediante criterios experto (Zaniolo *et al.*, 2018)

· BENEFICIO PRÁCTICO

**Será posible analizar el riesgo de impacto de sequías antes de la campaña de riego.**

**VALORES ADICIONALES**

Los modelos hidroeconómicos permiten tener en cuenta los impactos económicos en la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos, junto con otros criterios ambientales, prioridades legales, etc.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

**AHORRO DE COSTES**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Macian-Sorribes, H., Pulido-Velazquez, M., 2019. *Inferring operating rules in multireservoir water resource systems: a state-of-the-art review*. WIRES Water (pendiente de publicación).
- MacianSorribes, H., A. Tilmant, M. PulidoVelazquez, 2017. *Improving operating policies of largescale surfacegroundwater systems through stochastic programming*. Water Resources Research 53(2), 1407-1423, doi: 10.1002/2016WR019573.
- Macián-Sorribes, H., Pulido-Velazquez, M., 2017. *Integrating historical operating decisions and expert criteria into a DSS for the management of a multireservoir system*. J. Water Resources Planning and Management 143(1), doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000712.
- Macián-Sorribes, H., Pulido-Velazquez, M., Tilmant, A., 2015. *Definition of efficient scarcity-based water pricing policies through stochastic programming*. Hydrol. Earth Syst. Sci. 19, 3925–3935. doi:10.5194/hess-19-3925-2015
- Harou, J.J., Pulido-Velazquez, M., Rosenberg, D.E., Medellín-Azuara, J., Lund, J.R., Howitt, R.E., 2009. *Hydro-economic Models: Concepts, Design, Applications, and Future Prospects*. J. of Hydrology, 375(3-4), 627–643, doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.037
- Lopez-Nicolas, A, PulidoVelazquez, M., MacianSorribes, H., A. 2017. *Economic risk assessment of drought impacts on irrigated agriculture*. Journal of Hydrology 550, 580–589, doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.05.004
- Zaniolo, M., M. Giuliani, A. Castelletti, M. Pulido-Velazquez, 2018. *Automatic design of basin-specific drought indexes for highly regulated water systems*. Hydrol. Earth Syst. Sci. 22, 2409–2424. doi:10.5194/hess-22-2409-2018.



## 20. Sistema de apoyo a la decisión para la gestión forestal de base ecohidrológica en cuencas de cabecera de clima semiárido.

### RETO

El cambio climático afecta negativamente a los ecosistemas forestales de acuerdo con el tipo de bosque y las condiciones específicas. En cualquier caso, esto está provocando que los bosques sean menos resilientes contra perturbaciones (incendios, plagas, sequías, etc), con impactos negativos tanto ambientales como condiciones socioeconómicas en zonas rurales.

La gestión forestal en la cabecera de las cuencas puede modificar la producción de escorrentía y la recarga a los acuíferos además de incrementar la resiliencia de las mismas frente al cambio climático. En las zonas semiáridas, el agua es un factor crucial, y aunque las interacciones entre bosques y agua son muy complejas, diversos estudios han demostrado el potencial de técnicas de silvicultura para aumentar la producción de agua en la cuenca.

Es necesario estudiar estrategias de gestión forestal a escala de cuenca que mejoren la resiliencia de los bosques al cambio climático, incrementando la resiliencia de la cuenca a los incendios forestales y otras perturbaciones inducidas por el clima, como la escasez de agua y la degradación ambiental. La complejidad de la toma de decisiones en este sentido requiere de herramientas de apoyo a la decisión basadas en el estado del arte sobre la simulación de los procesos que tienen lugar.

### SOLUCIÓN

Desarrollar un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) multiobjetivo para guiar a los gestores forestales en la toma de decisiones respecto a la adaptación al cambio climático de la gestión forestal. Se logrará a través del estudio y la optimización de las prácticas de manejo forestal a escala de cuenca, incorporando el cambio climático. La herramienta SAD debe apoyarse en modelos de simulación detallada de los procesos que tienen lugar.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El Nivel de Madurez de la solución propuesta se halla actualmente en TRL4, ya que existen investigaciones que han validado diversas combinaciones de sus componentes en un entorno experimental.

Los resultados de la gestión de bosques en cuencas semiáridas en cuanto a aumento de disponibilidad de agua pueden no ser suficientes para rentabilizar la gestión, siendo necesario abordar otros bienes/servicios para poner a tierra la silvicultura orientada a la ecohidrología (Gonzalez-Sanchis *et al.*, 2015). La gestión forestal aumenta la productividad forestal, pero también contribuye para reducir el riesgo de incendios forestales, aumenta la resiliencia del ecosistema, aumenta la disponibilidad de agua, mejora el crecimiento y el vigor de los árboles, incrementa el valor del paisaje, etc. La relevancia de cada bien y servicio no solo dependerá de las condiciones forestales locales, sino también de las condiciones ecológicas y necesidades de economía social de la cuenca.

García-Prats *et al.* (2016) estudió la optimización de la producción combinada de biomasa y agua como estrategia para la gestión forestal en una cuenca semiárida, incorporando el potencial de los pagos por servicios ambientales para hacer económicamente viable su implementación. Para integrar los beneficios de la gestión forestal a escala de cuenca es necesario el uso de modelos ecohidrológicos capaces de reproducir no solo la conectividad hidrológica de la cuenca, sino también la dinámica de cada tipo de vegetación, como el modelo TETIS-VEG desarrollado en el IIAMA (Gonzalez-Sanchis *et al.*, 2019). García-Prats *et al.* (2018) aplican una Red Bayesiana para evaluar los posibles efectos indirectos y tradeoffs cuando la gestión forestal orientada a la hidrología se aplica a un ecosistema forestal mediterráneo real. Se incluyeron ciclos de agua, carbono y nitrógeno y el riesgo de incendios forestales.

El IIAMA tiene experiencia en el desarrollo de herramientas multiobjetivo con el empleo de los algoritmos más avanzados para ello, como son los algoritmos evolutivos de última generación (ej. Borg; Hadka y Reed, 2012).

Un ejemplo ha sido su aplicación al diseño de caudales ecológicos de ríos teniendo en cuenta simultáneamente tanto el impacto sobre la fauna piscícola (tanto especies nativas como invasoras) como el impacto económico ligado al valor de la producción agrícola de regadío.

#### CAPACIDADES

El equipo de investigación del IIAMA (grupo REFOREST, coordinado por el profesor Antonio del Campo) tiene una amplia experiencia en hidrología forestal, restauración forestal, biogeoquímica del suelo, relaciones planta-suelo-atmósfera y modelación de solutos y transporte de agua en suelos. La investigación de estas líneas se centra en la necesidad de obtener los criterios hidrológicos para gestionar y comprender los bosques mediterráneos.

El Grupo de Investigación de Modelación Hidrológica y Ambiental del IIAMA (coordinado por el profesor Félix Francés) tiene amplia experiencia en la modelación medioambiental hidrológica distribuida y ecohidrología (modelo TETIS; <http://luvia.dihma.upv.es/>)

El grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del IIAMA tiene una amplia experiencia en el desarrollo de herramientas para planificación y gestión de recursos hídricos. El grupo del profesor Manuel Pulido ha desarrollado metodologías y herramientas innovadoras para el desarrollo de modelos hidroeconómicos con numerosos ejemplos de aplicación a diversas temáticas relacionadas con la gestión del agua en casos de Europa, América (California, Río Grande) y Asia (cuencas de Tigris-Eúfrates). El grupo dispone de experiencia en el desarrollo y aplicación de sistemas expertos y algoritmos de optimización estocásticos y evolutivos para optimización multiobjetivo con diversas aplicaciones a la gestión de sistemas de recursos hídricos.

Contacto: Manuel Pulido Velázquez ([mapuve@hma.upv.es](mailto:mapuve@hma.upv.es)) y Antonio Del Campo García ([ancamga@upv.es](mailto:ancamga@upv.es)).

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

No existen referencias de clientes en España en los que esta solución esté implantada. Existe un proyecto LIFE en curso, Resilient Forests, <http://www.resilientforest.eu/> (liderado por el prof. A. del Campo) en el que se está desarrollando un primer prototipo de SAD para gestión forestal multiobjetivo considerando el impacto sobre los recursos hídricos, además de otros atributos como riesgo de incendios, biomasa y resiliencia del bosque. Entre los casos de estudio (España, Alemania, Portugal) se encuentra el estudio piloto en la cuenca del Carrixent (Sierra Calderona), con participación del Ayuntamiento de Serra.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación es el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones multiobjetivo en la gestión forestal en zonas semiáridas (bosque mediterráneo) integrando para ello los resultados de modelos de simulación avanzados que tienen en cuenta los distintos procesos que tienen lugar en la cuenca.

#### PRACTICIDAD DE USO

El principal producto del proyecto es el aumento de la resiliencia de las áreas forestales y rurales frente a los impactos negativos del cambio climático, por ejemplo con el aumento en la producción de agua, y en el crecimiento y vigor de los árboles en zonas forestales. La herramienta tiene aplicación para el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático, pero también de mitigación, al considerar el papel del bosque en la captura de emisiones de CO<sup>2</sup>.

#### VALORES ADICIONALES

Los modelos hidroeconómicos permiten tener en cuenta los impactos económicos en la toma de decisiones, junto con otros criterios ambientales, prioridades legales, etc.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej.€/m<sup>3</sup>).

• BENEFICIO PRÁCTICO

**Aumento de la resiliencia de las áreas forestales y rurales frente a los impactos negativos del cambio climático, por ejemplo con el aumento en la producción de agua, y en el crecimiento y vigor de los árboles en zonas forestales.**

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).

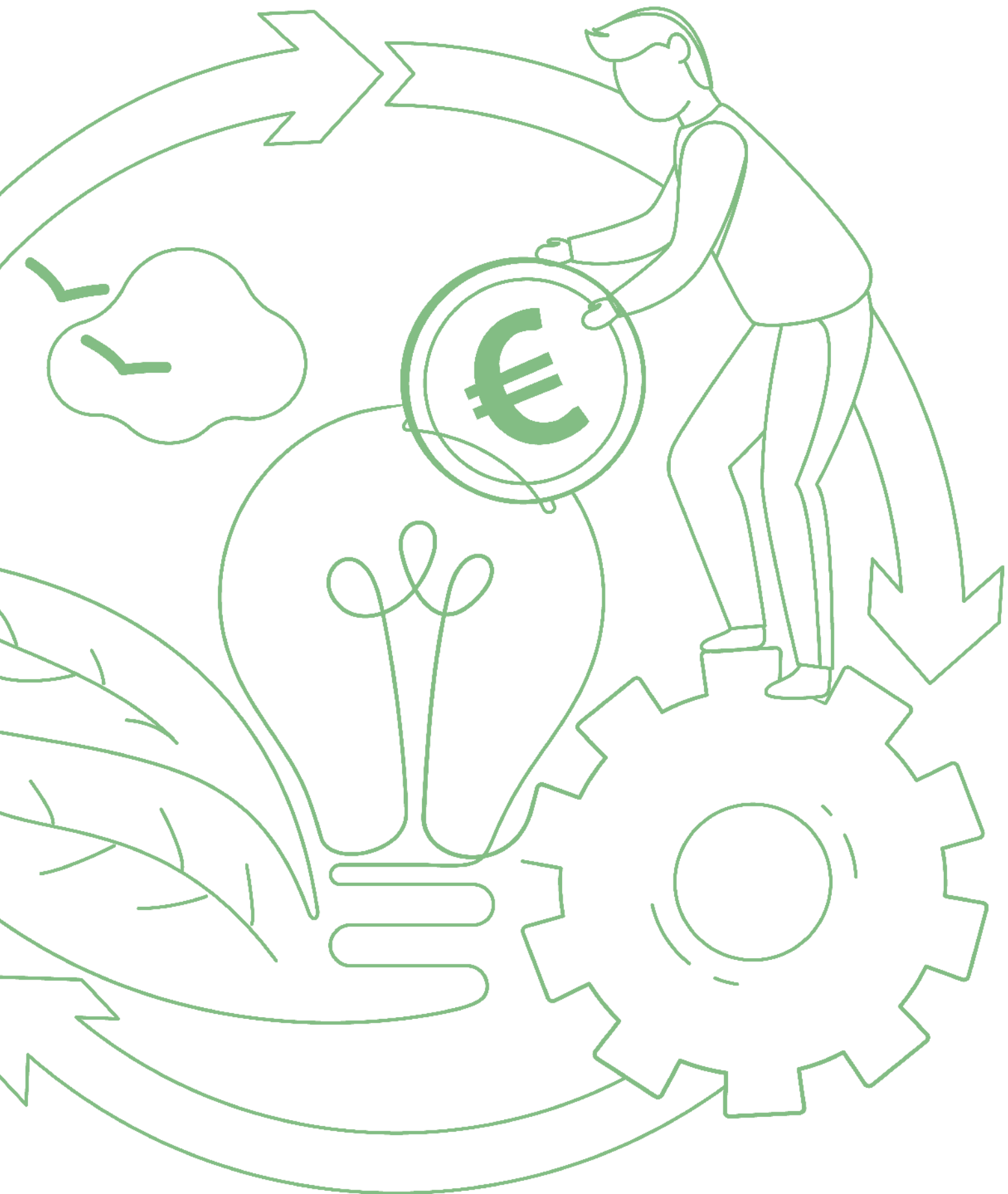
**AHORRO DE COSTES**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- González-Sanchis, M., Ruiz-Pérez, G., Del Campo, A. D., García-Prats, A., Francés, F., & Lull, C., 2019. Managing low productive forests at catchment scale: Considering water, biomass and fire risk to achieve economic feasibility. *Journal of Environmental Management*, 231, 653-665.
- Hadka D, Reed P. 2012. Borg: An Auto-Adaptive Many-Objective Evolutionary Computing Framework. *Evolutionary computation* 21(2): 231-259.
- García Prats, A.; Campo García, A. D. del; Pulido-Velazquez, M., 2016. A hydroeconomic modeling framework for optimal integrated management of forest and water. *Water Resources Research* 52(10), 8277-8294, doi: 10.1002/2015WR018273
- García-Prats, A., González-Sanchis, M., Del Campo, A.D., Lull, C., 2018. Hydrology-oriented forest management trade-offs: a modeling framework coupling field data, simulation results and Bayesian Networks. *Sci. Total Environ.* 639, 725-741
- González-Sanchis, M., Campo, A.D.D., Molina, A.J., Fernandes, T.J., 2015. Modeling adaptive forest management of a semi-arid Mediterranean Aleppo pine plantation. *Ecol. Model.* (0304-3800) 308, 34-44
- Martínez-Capel, F., Macián-Sorribes, H.; Muñoz-Mas, R.; Barea-Sánchez, C.; Martínez-Morlanes, MP; Marcos-García, P; Pulido-Velazquez, M, et al., 2019. Optimización multiobjetivo de caudales ecológicos en escenarios futuros: especies nativas, invasoras y beneficio agrícola. III Congreso Ibérico de Restauración Fluvial RESTAURARIOS. Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF).









Proyectos de innovación  
en Economía Circular

# Propuestas



INSTITUTO UNIVERSITARIO DEL AGUA  
Y DE LAS CIENCIAS AMBIENTALES

El Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante, IUACA, tiene como finalidad principal propiciar el mejor conocimiento y la gestión de los recursos hídricos y analizar todos los aspectos asociados que tienen relación con la conservación y mejora del medio ambiente.



# 01. . Transparencia y acceso a la información en el sector del agua.

## RETO

La superación de las deficiencias e inseguridad jurídica en materia de transparencia y acceso a la información en el sector del agua. Clarificación de la información que es necesario ofrecer y suministrar al ciudadano, de oficio y a instancia de parte, y aquella sobre la que debe limitarse el acceso y garantizar la confidencialidad.

## SOLUCIÓN

Se plantea la elaboración de guías temáticas personalizadas para orientar a las Administraciones, Corporaciones de Derecho Público, entidades y empresas que operan en el sector del agua sobre sus obligaciones de información tanto activa (en sus webs institucionales) como pasiva. El alcance de las obligaciones de transparencia difiere según la naturaleza de la entidad sujeta a la obligación de informar y la tipología de vectores informativos que manejan.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

No existen guías de transparencia específicas para las Administraciones hidráulicas, comunidades de usuarios, entidades públicas y empresas gestoras de suministros urbanos y saneamiento (mixtas y concesionarios).

Es posible, atendiendo a un estudio normativo y jurisprudencial previo, así como a un análisis pormenorizado de la doctrina establecida por el Consejo de Transparencia y Buen Gobierno nacional y los Consejos de Transparencia equivalentes que han creado las Comunidades Autónomas, identificar los contenidos informativos que deben publicarse de oficio en las webs de las entidades, o suministrarse a instancia de parte.

La identificación en una guía de cada uno de estos vectores de información ayudaría al responsable de la institución o entidad correspondiente a discernir qué asuntos y temas deben ser publicitados y con qué alcance, teniendo en cuenta también la necesidad de garantizar el respeto a determinados derechos, como la privacidad, así como el interés público, que imponen limitaciones al despliegue de información.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
 Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).  
**Investigador responsable:** Andrés Molina Giménez.  
**Contacto:** andres.molina@ua.es  
 iuaca@ua.es

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

La innovación consiste en crear una guía adaptada a la normativa, jurisprudencia y doctrina de los Consejos de Transparencia, adaptada al sector del agua, y en particular, a cada institución que opera en el sector de manera personalizada, teniendo en cuenta la multiplicidad de actores existentes y el hecho de que no todos ellos tienen las mismas obligaciones de suministro activo y pasivo de la información.

## PRACTICIDAD DE USO

Facilitaría la toma de decisiones en cuanto a los datos y documentos que es necesario publicitar y aquellos cuya publicidad debe ser omitida total o parcialmente.

## VALORES ADICIONALES

Tiene un gran valor económico, al optimizar los medios destinados a cumplir las obligaciones de transparencia en cada Institución.

Su valor social es indudable, puesto que la guía permitiría a los operadores del agua ser más transparentes y a los ciudadanos conocer qué aspectos de la operación de la actividad pueden conocer y por tanto fiscalizar. No puede haber participación pública en el sector del agua si no se dispone de información. Para ello, es preciso poder acceder fácilmente a una información veraz, actualizada, accesible, comprensible, y que incluya tanto la información sensible como no sensible. Todo ello está en las bases del principio democrático recogido en nuestra Constitución..

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

El coste de redacción de la guía depende del tipo de entidad, su tamaño, competencias, etc.

Para Administraciones hidráulicas los costes pueden ser del orden de los 10.000 a 15.000 euros.

Para Administraciones regionales con competencias en materia de agua, la misma cantidad.

Para las Corporaciones de Derecho Público se calculan 4.500 euros.

Para operadores del servicio de abastecimiento de agua y saneamiento, en localidades de hasta 50.000 habitantes, se calcula un coste aproximado de 7.500 a 10.000 euros. Conforme se incrementa el número de habitantes suministrados el coste podría elevarse, aunque no sustancialmente dado que las obligaciones de transparencia son en su mayor parte comunes. Justificaría el incremento de costes el hecho de que, como señala el Borrador de Nueva Directiva de calidad de aguas potables, así como la doctrina del Consejo de la Transparencia y Buen Gobierno de España, en aplicación del principio de proporcionalidad, las operadoras de suministros más complejos pueden estar sujetas a obligaciones de transparencia adicionales.

## COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

Debería revisarse la guía periódicamente, para adaptarla a las novedades legislativas, reglamentarias, jurisprudenciales y a la doctrina de los Consejos de Transparencia, con un coste estimado de 2.000 euros anuales.

## AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

El ahorro de costes vendría asociada a la menor litigiosidad derivada de reclamaciones de acceso a la información desatendidas o atendidas inadecuadamente.

## ANEXOS Y REFERENCIAS

- Barrero, C., Guichot, E., Horgué, C. (2014). "Publicidad activa", en: Guichot, E. (coord.), *Transparencia, acceso a la información y buen gobierno. Estudio de la Ley 19/2013 de 9 de diciembre*. TécnoS, Madrid,
- Blanes Climent, M.A. (2013) *La transparencia informativa de las administraciones públicas. El derecho de las personas a saber y la obligación de difundir información pública de forma activa*. Aranzadi, Pamplona.
- Blanes Climent, M.A. (2016) "La transparencia de las empresas privadas que prestan servicios públicos", disponible en: <https://miguelangelblanes.com/2016/02/08/la-transparencia-de-las-empresas-privadas-que-prestan-servicios-publicos/>
- De Stefano, L. et al., (2011) *Transparencia en la gestión del agua en España: fortalezas y debilidades*, en: Hernández Mora, N. y De Stefano, L. (coords.) *Transparencia en la gestión del agua en España*, Fundación Botín.
- Molina Molina, J. (2018) "Transparencia en la gestión del agua", *Revista Internacional Transparencia e Integridad*, n° 6, enero-abril
- Sanz, A. (2011) "Transparencia económica y financiera y mecanismos de gestión", en: Hernández Mora, N. y De Stefano, L. (coords.) *Transparencia en la gestión del agua en España*, Fundación Botín.
- Tamames, R. y Aurin, R. (2015) *Gobernanza y gestión del agua: modelos público y privado*. Profit Editorial,
- Resolución del Parlamento Europeo, de 8 de septiembre de 2015, sobre el seguimiento de la Iniciativa Ciudadana Europea Right2Water (2014/2239(INI)). Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P8-TA-2015-0294+0+DOC+XML+V0//ES>
- Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. COM/2017/0753. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

## VALORES

Su valor social es indudable, puesto que la guía permitiría a los operadores del agua ser más transparentes y a los ciudadanos conocer qué aspectos de la operación de la actividad pueden conocer y por tanto fiscalizar. No puede haber participación pública en el sector del agua si no se dispone de información. Para ello, es preciso poder acceder fácilmente a una información veraz, actualizada, accesible, comprensible, y que incluya tanto la información sensible como no sensible.

## ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Dictamen del Comité Europeo de las Regiones: Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. (2018/C 361/08) (DOCE 5/10/2018). Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018AR0924&from=EN.content/ES/ALL/?uri=COM%3A2017%3A753%3AFIN>*
- *Digital Market Strategy: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/shaping-digital-single-market>*
- *XXXII Jornadas de Coordinación de los Defensores del Pueblo, Santiago de Compostela, 4 de octubre de 2017. Disponible en: <https://www.valedordopobo.gal/wp-content/uploads/2017/10/DOCUMENTO-DE-CONCLUSIONES-XXXII-JORNADAS-DE-COORDINACION-DE-DEFENSORES-1.pdf>*

## 02. Fuentes de energía alternativa.

### RETO

La implantación de fuentes de energía alternativa no está exenta de conflictos sociales. La implantación de centrales de energía eólica, siendo una producción limpia y que se encuadra en las fórmulas propuestas para reducir los gases de efecto invernadero, está siendo cuestionada especialmente por grupos ambientalistas locales que señalan los impactos socio-ambientales que afectan a su comunidad y su territorio.

Mientras que las metodologías de evaluación de impacto ambiental están bien desarrolladas desde su implantación en la década de los setenta del siglo XX, e introducidas en la legislación española a partir de la entrada de España en la UE, no ocurre lo mismo con las metodologías de Evaluación de Impacto Social, que solo se han desarrollado recientemente y son escasamente referidas por la legislación vigente.

No obstante, los conflictos sociales asociados a la implantación de conjunto de producción eólica aparecen constantemente, asociados a la identificación de impactos por parte de las comunidades y grupos locales afectados. Estos conflictos solo pueden ser bien gestionados previa identificación de impactos que sirva de base para el diseño de propuestas de eliminación, minimización o compensación y que, en definitiva, sirvan para gestionar los conflictos sociales.

### SOLUCIÓN

Diseño de una metodología sistematizada que permita a las empresas e instituciones públicas identificar los impactos sociales positivos y negativos que producen las instalaciones de producción de energía eólica a fin de desarrollar estrategias proactivas que reduzcan los conflictos sociales que ponen en peligro la ejecución de los proyectos eólicos.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Esta metodología se está implantando en la actualidad para una empresa minera brasileña (la segunda mayor del mundo) y tan solo necesitaría de una adaptación a las características y contextos de producción de la energía eólica.

Esta metodología está recogida en el manual sobre evaluación de impacto social publicado por la Universidad de Alicante: Evaluación de Impacto Social: teoría, métodos y casos (A. Aledo y J. A. Domínguez, Eds., 2018).

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).

Unidad Mixta (CIEMAT-UA) en Investigación Social en Desarrollo y Medio Ambiente de la Universidad de Alicante. Primer centro español y latinoamericano especializado en evaluaciones de impacto social.

Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante.

Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).

**Investigador/es:** Antonio Aledo (Universidad de Alicante) José Andrés Domínguez (Universidad de Huelva), Jacques Demajorovic (Centro Universitario FEI-Sao Paulo)

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)

[antonio.aledo@ua.es](mailto:antonio.aledo@ua.es)

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Primer producto especializado en Evaluaciones de Impacto Social que ofrece una metodología sistematizada para la identificación y gestión de riesgos sociales relacionados con intervenciones en el medio.

### PRACTICIDAD DE USO

Gestión de conflictos sociales relacionados con la instalación de centrales de energía.

· SOLUCIÓN

Diseño de una metodología sistematizada que permita a las empresas e instituciones públicas identificar los impactos sociales positivos y negativos que producen las instalaciones de producción de energía eólica a fin de desarrollar estrategias proactivas que reduzcan los conflictos sociales que ponen en peligro la ejecución de los proyectos eólicos.

**VALORES ADICIONALES**

- Reducción de los impactos sociales negativos producidos por la instalación y funcionamiento de centrales eólicas.
- Maximización de los impactos sociales positivos producidos por la instalación y funcionamiento de centrales eólicas.
- Reducción de los conflictos sociales y de los riesgos de paralización de proyectos.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
Dependiendo del porte de la central, media de coste de evaluación **35.000 €**.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

**AHORRO DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
Reducción de costes económicos asociados a la paralización y retraso de implantación y funcionamiento de la central, así como reducción de los costes de gestión y personal ocupados por la gestión del conflicto.



## 03. Deficiencias en la comunicación pública ante el riesgo de inundaciones por lluvias torrenciales para municipios de la Comunidad Valenciana.

### RETO

Deficiencias en la comunicación pública ante el riesgo de inundaciones por lluvias torrenciales para municipios de la Comunidad Valenciana.

### SOLUCIÓN

Las siete muertes ocasionadas por el fenómeno climático de gota fría experimentado entre el 10 y el 14 de septiembre de 2019 exigen una mejora en la capacidad de comunicación de los gestores del riesgo para transmitir en tiempo real aquellas informaciones claves que sirvan para proteger a los ciudadanos y sus bienes.

Se propone el diseño de una app de comunicación pública sobre riesgos de inundaciones y lluvias torrenciales. Los Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones apuntan a: 1) la necesidad de mejorar los canales de comunicación con la población afectada en las tres fases de desastre (pre-durante-post) a fin de evitar los impactos negativos; 2) El uso de las TICs para conseguir este fin.

Se propone el diseño de una App de comunicación pública sobre riesgos de inundaciones y lluvias torrenciales siguiendo el modelo implantado en el municipio brasileño de Blumenau (Paraná) "AlertaBlu", que proporciona información: a) meteorológica; b) zonas de riesgo; c) actuación de protección civil.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El ejemplo de AlertaBLu en Blumenau ha sido estudiado por los proponentes durante una estancia para investigadores seniors "Salvador de Madariaga". Asimismo, se ha llevado a cabo una investigación sobre el Plan de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones del municipio de Alicante en un Trabajo de Fin de Máster en el MÁSTER UNIVERSITARIO EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES de la Universidad de Alicante (defendido en septiembre de 2019).

La Unidad Mixta (CIEMAT-UA) en Investigación Social en Desarrollo y Medio Ambiente de la Universidad de Alicante que dirige el proponente tiene larga experiencia en el análisis de desastres y trabaja con la spin-off EISMethods de la Universidad de Huelva.

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):

- Unidad Mixta (CIEMAT-UA) en Investigación Social en Desarrollo y Medio Ambiente de la Universidad de Alicante.
- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).
- Grupo de Investigación en Clima y ordenación del territorio de la Universidad de Alicante.
- EISMethods, spin-off de la Universidad de Huelva.

**Investigador/es:** Antonio Aledo y Astrid Marcos Sanz

**Contacto:** iuaca@ua.es  
antonio.aledo@ua.es

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Primera App de información integrada empleada para emergencias climáticas a escala local en España.

### PRACTICIDAD DE USO

La Generalitat Valenciana, a través de sus Planes de Actuación Municipal ante el riesgo de inundaciones apuesta por: 1) la necesidad de mejorar los canales de comunicación con la población afectada en las tres fases de desastre (pre-durante-post) a fin de evitar los impactos negativos. Se apuesta por el uso de las TICs para conseguir este fin.

• BENEFICIO PRÁCTICO

Se propone el diseño de una App de comunicación pública sobre riesgos de inundaciones y lluvias torrenciales siguiendo el modelo implantado en el municipio brasileño de Blumenau

**VALORES ADICIONALES**

El último desastre ocasionado por la gota fría ocasionó la muerte de siete personas. Una mejora significativa de los canales de comunicación mediante las TICS habría evitado un número tan alto de fallecimientos.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
50.000 €.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
Un funcionario de protección civil encargado de su gestión.

**AHORRO DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
El ahorro en vidas humanas no es mensurable en términos económicos.



## 04. Herramienta para la gestión de los riesgos sociales de obras hidráulicas.

### RETO

Las grandes obras de infraestructura hidráulica generan cambio social con consecuencias no totalmente conocidas. Producen efectos positivos, pero inevitablemente también otros de carácter negativos que se distribuyen de forma desigual entre la población. Se ha comprobado estadísticamente que la afectación negativa recae sobre los grupos más vulnerables.

Las grandes instituciones globales para el desarrollo (PNUD, Fondo Monetario Internacional o Banco Mundial) exigen que los proyectos vayan avalados por estudios de impacto social dirigidos a identificar los riesgos sociales que ocasionan los proyectos, evaluar sus impactos positivos y negativos y proponer medidas para maximizar los positivos y minimizar los negativos. Esta herramienta metodológica se conoce como EVALUACIÓN DE IMPACTO SOCIAL (EIS).

### SOLUCIÓN

La EIS es una herramienta para la gestión de los riesgos sociales consiste en la siguientes fases:

1. Estudio de base
2. Análisis de stakeholders
3. Identificación de impactos
4. Evaluación de impactos
5. Diseño de propuestas
6. Seguimiento e informe final

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Esta metodología ha sido aplicada en diferentes contextos sobre grandes obras hidráulicas por los proponentes:

1. EIS de la ampliación del canal de Panamá.
2. EIS de la represa hidroeléctrica de Porto Primavera (Paraná, Brasil).
3. EIS del proyecto hydroaysen (Patagonia chilena).

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):

- Unidad Mixta (CIEMAT-UA) en Investigación Social en Desarrollo y Medio Ambiente de la Universidad de Alicante.
- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).
- Grupo de Investigación en Clima y ordenación del territorio de la Universidad de Alicante.
- EISMethods, spin-off de la Universidad de Huelva.

**Investigadores:** Antonio Aledo y José Andrés Domínguez Gómez.

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)

[antonio.aledo@ua.es](mailto:antonio.aledo@ua.es)

### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Esta metodología ha sido desarrollada teórica y metodológicamente por A. Aledo y J. A Domínguez en el manual sobre evaluación de impacto social publicado por la Universidad de Alicante: Evaluación de impacto social: teoría, métodos y casos (Aledo y J. A Domínguez Eds., 2018).

· BENEFICIO PRÁCTICO

La metodología EIS robustece esta estrategia, proporcionando una evaluación de riesgos e impactos sociales, los cuales son objeto prioritario de acciones de responsabilidad social.

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

La metodología EIS, de carácter participativo, es promovida como una técnica de innovación social para la gestión de riesgos sociales por parte de las instituciones globales y por parte del mercado global que comienza a exigir a las empresas, además de estudios de viabilidad económica y evaluación ambiental, planes para la gestión de los riesgos sociales que toda intervención en el medio ocasiona.

**PRACTICIDAD DE USO**

La Generalitat Valenciana está promoviendo políticas de responsabilidad social. La metodología EIS robustece esta estrategia, proporcionando una evaluación de riesgos e impactos sociales, los cuales son objeto prioritario de acciones de responsabilidad social.

**VALORES ADICIONALES**

Las Evaluaciones de Impacto Social focalizan su acción sobre los grupos más vulnerables, que generalmente son invisibilizados por los grandes proyectos. La aparición de conflictos sociales ligados a la errona gestión de los riesgos sociales sobre grupos vulnerables -pero altamente movilizados- ha ocasionado un boom de estas metodologías en grandes proyectos de intervención en el medio.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

Dependiendo de la magnitud del proyecto evaluado.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

**AHORRO DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

El "efecto rebote" constituye un coste a las empresas. Se entiende por efecto rebote los costes económicos producidos por los conflictos sociales e impulsados por grupos altamente movilizados que se posicionan en contra del proyecto por los efectos negativos que produce y por su errónea o nula gestión. Ha quedado demostrado que los costes económicos del efecto rebote superan ampliamente los costes de aplicar las EIS.

## 05. Incremento de la oferta de recursos hídricos para el regadío.

### RETO

Aprovechamiento de los efluentes vertidos al mar Mediterráneo procedentes de numerosas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) en la provincia de Alicante (Sur Este de España). Dicho aprovechamiento se pretende realizar desde una perspectiva holística de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Uso Conjunto y Economía Circular cuyos principales beneficios repercutirán especialmente en:

- Numerosas comunidades de regantes (CR) del litoral alicantino, y del Sur Este de España, que presentan habitualmente restricciones en la dotación de recursos hídricos suministrada.
- Diversos acuíferos del litoral alicantino, y del Sur Este de España, que sufren explotación intensiva como consecuencia de las elevadas tasas de bombeo para suplir, principalmente, las demandas agrícolas mencionadas.

La Estrategia actual en la zona de estudio fijada es nula, dado que los citados efluentes son vertidos al Mediterráneo con tasas anuales constantes (alrededor de 35 hm<sup>3</sup>/año lo que supone el 29% del caudal total tratado en la provincia de Alicante según Jodar-Abellan et al. 2019a; y Jodar-Abellan et al. 2019b).

### SOLUCIÓN

Se pretende incrementar la oferta de recursos hídricos para el regadío, así como modificar sustancialmente el origen de los citados recursos (sustituyendo paulatinamente los aportes subterráneos por los efluentes vertidos al Mediterráneo, con la finalidad de fijar tasas de bombeo "sostenibles" en las formaciones subterráneas y de reducir el déficit hídrico que a menudo presentan las CR).

Para ello, se plantea la construcción de balsas de regadío localizadas evidentemente junto a las EDAR que las provean de los citados efluentes y de las CR que destinen dichos efluentes al regadío.

Con objeto de reducir costes, y de restaurar las reservas de las formaciones acuíferos, se deben instalar balsas de regadío con mecanismos de recarga artificial de acuíferos en superficie (habitualmente de menor coste que la recarga en profundidad: Jodar-Abellan et al. 2017). La naturaleza kárstica (fracturada) de numerosos acuíferos de la provincia de Alicante facilita la recarga en superficie. Cabe destacar que, en caso de realizar dicha recarga de acuíferos, la propia capacidad autodepuradora del subsuelo reducirá los costes de tratamiento de los efluentes que se pretenden destinar al regadío.

Con la finalidad de interpretar el comportamiento del sistema antes y después de la solución propuesta, resulta necesario realizar una modelización del mismo en la que se establecerían diferentes escenarios de gestión de recursos con sus correspondientes costes asociados. En este caso, las herramientas (modelos matemático-hidrológicos y econométricos) a implementar serían: el modelo de hidrología superficial *Soil & Water Assessment Tool* (SWAT); el modelo de hidrología subterránea SWAT-MODFLOW-NWT; el modelo de gestión de recursos hídricos y de uso conjunto (SIMGES) del marco de trabajo Aquatool; y el modelo econométrico *Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library* (Gretl).

Dichas metodologías han sido implementadas, por el investigador responsable de la presente ficha técnica, en diferentes casos de estudio del Sur Este español. Esta información puede ser consultada en: Jodar-Abellan et al. 2019c; Jodar-Abellan et al. 2018a; Jodar-Abellan et al. 2018b; Jódar-Abellán, 2017; Jódar-Abellán & García-Aróstegui, 2016; Jódar-Abellán et al. 2016.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

En síntesis el trabajo propuesto consta de **dos grandes fases**:

**1ª fase:** modelación del sistema y presentación de las estrategias de gestión.

**2ª fase:** instalación de las balsas de regadío con posibilidad de que éstas presenten mecanismos de recarga artificial de acuíferos en superficie. Como resulta evidente el número de balsas, su localización, etc. así como las tasas de bombeo en los acuíferos y el efluente, procedente de las EDAR, suministrado a dichas balsas son “ítems” que serán determinados en la primera fase de modelación del sistema.

A nivel global, este tipo de estudios han sido ampliamente acometidos. Cabe destacar por ejemplo las experiencias de recarga realizadas en el Estado de California (EEUU). En España, destaca especialmente la zona del río Llobregat (en la ciudad de Barcelona), junto con determinadas actuaciones puntuales de recarga de acuíferos en Segovia, Almería, etc. (Jódar-Abellán, & Andreu-Rodes, 2015).

## CAPACIDADES

Universidad de Alicante:

- Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales; y Departamento de Ingeniería Civil.

**Investigador:** Antonio Jódar Abellán (antonio.jodar@ua.es).

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

El trabajo propuesto, junto con las metodologías indicadas, sería uno de los primeros casos en España donde se aprovecharán efluentes depurados para abastecer a las CR al tiempo que recargar los acuíferos sobreexplotados.

## PRACTICIDAD DE USO

Con el trabajo propuesto se favorece una planificación hídrica eficiente que evidentemente comenzará en un ámbito de estudio local, pero que fácilmente puede ser extrapolado a zonas de estudio de mayor entidad.

## VALORES ADICIONALES

En cuanto al ámbito económico y social, el presente proyecto repercutiría muy favorablemente en las Comunidades de Regantes, las cuales habitualmente presentan pérdidas económicas derivadas de la escasez de recursos hídricos.

En el plano medioambiental, se conseguiría reducir paulatinamente el estado de explotación intensiva de las formaciones acuíferas, de modo que éstas serían capaces de suministrar el caudal base y/o ecológico a determinados ríos y ramblas de los ecosistemas asociados.

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

La 1ª fase del trabajo propuesto presentaría costes prácticamente nulos dado que se trabajaría en síntesis con diferentes modelos (software). Sería necesaria, no obstante, la existencia de un técnico y/o trabajador que realizara dichos cálculos y fijara los mencionados escenarios de gestión: **12.000 €/año**.

En cuanto a la 2ª fase, los costes de la misma dependen principalmente del tamaño del área de estudio a considerar, ya que ello determinará el número de balsas de regadío a instalar, etc. En cualquier caso 15.000 € entrarían en un rango de precio coherente para acometer la instalación de 1 ó 2 balsas.

## COSTE DE MANTENIMIENTO

Los principales problemas asociados a las balsas de regadío y a los dispositivos de recarga artificial de acuíferos en superficie se encuentran relacionados con la colmatación del lecho de la balsa, así como con el correcto estado químico del volumen de agua embalsado (cambios en las condiciones redox). En síntesis el mantenimiento de dichos dispositivos de recarga rondaría los 3.000 €/año.

## AHORRO DE COSTES

Actualmente los efluentes vertidos al Mar Mediterráneo en la provincia de Alicante rondan los 35 hm<sup>3</sup>/año (Jodar-Abellan et al. 2019a; Jodar-Abellan et al. 2019b). Dicho caudal debe cumplir determinadas exigencias normativas (parámetros de calidad del agua) para poder ser vertido al mar. La calidad de este efluente (procedente del tratamiento primario y secundario o biológico en las EDAR) es, en la mayoría de los casos, apta para el regadío. Por ello, su uso favorecería la reducción progresiva de los aportes subterráneos, en ocasiones con elevada salinidad (aguas salobres) que deben ser tratados previo uso en el regadío.

En segundo lugar, las comunidades de regantes en ocasiones presentan pérdidas económicas debido a la marchitez de los cultivos (consecuencia directa de la prioridad en el abastecimiento que poseen las demandas urbanas frente a las agrarias), por lo que un incremento de la oferta hídrica suministrada al regadío puede reducir las citadas pérdidas.

## ANEXOS Y REFERENCIAS

- Jodar-Abellan, A.; López-Ortiz, M.I.; Melgarejo-Moreno, J. *Wastewater Treatment and Water Reuse in Spain. Current Situation and Perspectives*. *Water*. 2019a, 11 (8): 1551. <https://doi.org/10.3390/w11081551>.
- Jodar-Abellan, A., Fernández-Aracil, P., & Melgarejo-Moreno, J. 2019b. *Assessing Water Shortage through a Balance Model among Transfers, Groundwater, Desalination, Wastewater Reuse, and Water Demands (SE Spain)*. *Water*. 11 (5): 1009-1027. <https://doi.org/10.3390/w11051009>.
- Jodar-Abellan, A., Valdes-Abellan, J., Pla, C., & Gomariz-Castillo, F. 2019c. *Impact of land use changes on flash flood prediction using a sub-daily SWAT model in five Mediterranean ungauged watersheds (SE Spain)*. *Science of the Total Environment*. 657: 1578-1591. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.034>.
- Jodar-Abellan, A., Ruiz, M., & Melgarejo, J. 2018a. *Evaluación del impacto del cambio climático sobre una cuenca hidrológica en régimen natural (SE, España) usando un modelo SWAT. /Climate change impact assessment on a hydrologic basin under natural regime (SE, Spain) using a SWAT model*. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 35 (3): 240-253. <http://dx.doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.564>.
- Jodar-Abellan, A., Valdes-Abellan, J., Pla, C., & Gomariz-Castillo, F. 2018b. *Temporal evolution of urban growth and its impact on runoff rates generation*. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 13 (7): 975-984. DOI: 10.2495/SDP-V13-N7-975-984.
- Jódar-Abellán, A., & García-Aróstegui, J.L. 2016. *Artificial groundwater recharge in the MASub Boquerón and integrated management of water resources with Optiges*. *Geogaceta*. 59 (1): 51-54. 2173-6545. Disponible en: [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/geo59/geo59\\_13p51\\_54.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/geo59/geo59_13p51_54.pdf)
- Jódar-Abellán, A., Albaladejo-García, J.A. and Prats-Rico, D. 2017. *Artificial groundwater recharge. Review of the current knowledge of the technique*. *Revista de la Sociedad Geológica de España*. 30 (1): 85-96. Disponible en: [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/30\(1\)/RSGE\\_30\(1\)\\_art7.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/30(1)/RSGE_30(1)_art7.pdf).
- Jódar-Abellán, A. 2017. *Optimización de Recursos Hídricos en la Cabecera de la cuenca del Segura (Sureste de España)*. Editorial Académica Española (EAE), Editor: C.Pinzari, ISBN: 978-620-2-23425-2. 77 pag. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/319465361\\_Optimizacion\\_de\\_Recursos\\_Hidricos\\_en\\_la\\_Cabecera\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_Segura\\_Sureste\\_de\\_Espana](https://www.researchgate.net/publication/319465361_Optimizacion_de_Recursos_Hidricos_en_la_Cabecera_de_la_cuenca_del_Segura_Sureste_de_Espana).
- Jódar-Abellán, A., Jiménez-Guerrero, P., y García-Aróstegui, J.L. 2016. *Influencia del cambio climático en el excedente de escorrentía de la cuenca del Segura. Aproximación al caso de estudio mediante los modelos hidrológicos de Thornthwaite y Témez. Capítulo XXIV (pp: 186-199)*. Libro: *Desafíos del Derecho de Aguas [Variables jurídicas, económicas, ambientales y de Derecho comparado]*. Teresa M. Navarro Caballero (Ed). 1ª ed., 2016. Libro publicado como Monografía n° 26 de la REVISTA ARANZADI DE DERECHO AMBIENTAL. Editorial Thomson Reuters Aranzadi, S.A. ISBN: 978-84-9135-339-3. Disponible en: <https://proview.thomsonreuters.com/launchapp/title/aranz/monografias/176373054/v1/document/176373774/anchor/a-176373774>.
- Jódar-Abellán, A. & Andreu-Rodes, J.M. 2015. *Technique of artificial recharge of aquifers: experiences made in Spain and the Segura basin*. 9ª ed. CONAMA Local 2015: empleo, energía y clima. Málaga, España. 7-8 octubre 2015. Comunicación tipo póster. Disponible en: <http://www.conamalocal2015.conama.org/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=257&id=622&op=view>

## 06. Nuevas alternativas de transporte inteligente y sostenible.

### RETO

Las ciudades están abriéndose a las nuevas alternativas de transporte inteligente y sostenible propias de los nuevos tiempos y necesidades sociales. En este escenario, las formas de transporte tradicional conviven con otras emergentes como las bicicletas y motos compartidas, los vehículos de movilidad personal (VMP), plataformas de ride-hailing, carsharing, etc., planteando grandes desafíos e interrogantes en las ciudades donde se implantan. Así, la carencia de estudios rigurosos sobre sus impactos relacionados con la movilidad sostenible, unida a las presiones de otros colectivos, están provocando que las administraciones adopten medidas sin unas mínimas garantías acerca de sus efectos sobre el bienestar de sus ciudadanos y visitantes.

Estas tendencias en movilidad urbana no solo responden a cuestiones económicas, de comodidad o de cambios de hábitos y de consumo en las personas, sino que deben contribuir a reducir los persistentes problemas de congestión, emisiones de gases contaminantes, ruido o inseguridad vial, entre otros, al tiempo que liberar espacio ocupado por el vehículo privado y dedicarlo al peatón. Estos efectos, pilares fundamentales vinculados a la movilidad sostenible, han de ser analizados en detalle para que esas políticas públicas sean aquilatadas y contribuyan a avanzar hacia la movilidad sostenible en las ciudades.

### SOLUCIÓN

En consecuencia, el principal objetivo de esta investigación consiste en una estimación de la entrada de los servicios de “ride-hailing” sobre la congestión, emisiones contaminantes y demanda de estacionamiento en todas aquellas ciudades españolas donde operen este tipo de servicios y deseen conocer esos efectos.

Con ello, se pretende dotar a las administraciones de unos resultados contrastados a partir de los cuales generar un marco regulatorio que permita avanzar en el reto de la movilidad sostenible.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

En España no existen investigaciones sobre los efectos que este tipo de servicios produce en las ciudades donde opera en cuanto a congestión y seguridad vial se refiere, y los estudios de casos internacionales sobre los que nos apoyamos no muestran resultados concluyentes.

Un informe realizado por MADD (Mothers Against Drunk Driving) muestra que este tipo de servicios ofrece resultados positivos en términos de seguridad vial ya que los jóvenes prefieren utilizar este servicio antes de conducir ellos mismos sus vehículos si han ingerido alcohol (Meyer, 2016). Los resultados del estudio son compatibles con otros datos: la entrada de Uber en Seattle redujo en un 10% las detenciones por conducir en estado de embriaguez. Además, tras la puesta en servicio de UberX en ciudades de California, los accidentes mensuales relacionados con el alcohol disminuyeron un 6,5% entre los conductores menores de treinta años (Meyer, 2016). Por el contrario, y tras analizar los datos de víctimas mortales en accidentes de tráfico por conducción bajo los efectos del alcohol dentro de las 100 áreas metropolitanas más grandes de Estados Unidos entre 2005 y 2014, no se encontró una relación de estas muertes con la entrada de estos servicios (Brazil y Kirk, 2016). Del mismo modo, Yin hao, Majid y Daku (2018) indicaron que, tras analizar ciertas ciudades de Sudáfrica, la entrada de Uber no parecía afectar a la reducción de la accidentalidad.

Acerca de la congestión, existen al menos dos perspectivas contrapuestas respecto a que la entrada de estos servicios puede tener un impacto en la movilidad urbana, en particular, en la congestión de tráfico.

Con la entrada de nuevos operadores en las ciudades entran en circulación nuevos vehículos, por lo que estos servicios podrían inducir un volumen de tráfico adicional y aumentar la congestión de tráfico. Por otro lado, como proveedor de servicios de viajes compartidos, reducirían el tráfico mediante el desvío de viajes que de otro modo se realizarían en vehículo privado de ocupación individual (Li, Hong and Zhang, 2017).



Sin embargo, numerosos estudios se han realizado al respecto sin hallazgos concluyentes (Alexander y González, 2015). Por otro lado, un grupo de investigadores, guiados por la profesora Daniela Rus del MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL), desarrollaron un algoritmo que encontró que 3.000 vehículos para cuatro personas podrían atender el 98% de la demanda de los taxis en la ciudad de Nueva York, con un tiempo de espera promedio de 2,7 minutos; *“Este tipo de servicios tienen un enorme potencial de impacto social positivo con respecto a la congestión de tráfico, la contaminación y el consumo de energía”*, según Rus (Mlot, 2017).

#### CAPACIDADES

Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Departamento de Ingeniería Civil, Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).

**Investigador/es:** María Flor García, Armando Ortuño Padilla.

**Contacto:** iuaca@ua.es

arorpa@ua.es

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Como se ha señalado, no existen referencias en el marco español.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Dentro de las plataformas digitales, existe una tipología que ha supuesto una profunda innovación en lo referido al acceso a diversos bienes y servicios. Se trata de las plataformas P2P (peer to peer) que ponen en contacto a particulares que ofertan con aquellos que demandan. En los últimos años, el sector del transporte ha liderado la inversión en este tipo de plataformas, especialmente en aquellas destinadas al transporte discrecional de viajeros en automóvil. Por eso, creemos que es de vital importancia el análisis de los impactos que este tipo de servicios generan en las ciudades donde operan para proponer medidas de actuación congruentes.

#### PRACTICIDAD DE USO

La metodología llevada a cabo en esta investigación puede trasladarse a cualquier ciudad de España. Así mismo, los resultados obtenidos pueden ayudar a las mismas a mejorar su sistema integrado de transporte público urbano sin necesidad de incrementar la inversión.

#### VALORES ADICIONALES

- **Económicos y medioambientales:** la movilidad sostenible es un elemento clave en el funcionamiento de una ciudad. Un ambiente más sano, con menos emisiones de gases de efecto invernadero, congestión y accidentes urbanos, contribuye a reducir sustancialmente los costes urbanos de todo tipo. La congestión de tráfico, según las estimaciones de la Unión Europea, cuesta anualmente a los países desarrollados un 1% del PIB (aproximadamente 220 €/año por persona), en términos de tiempo perdido, mayor gasto en combustible, deterioro ambiental y urbano, accidentalidad, etc.
- **Sociales:** reducción de la accidentalidad, especialmente, la que afecta a los jóvenes durante los fines de semana. Además, se consiguen ciudades más limpias, libres de tráfico, donde ese espacio ocupado por el vehículo privado se destine al peatón, un mayor número de zonas verdes y de recreo, etc., en definitiva, una ciudad donde desplazarse sea sencillo y económico.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

1. Compra de datos: para la realización del trabajo será necesaria la compra de los siguientes datos diarios a las empresas que prestan servicios de “ride-hailing” en las ciudades de estudio:

- Número de desplazamientos en horas punta los martes, miércoles y jueves.
- Distancia media de los desplazamientos, en kilómetros y tiempo.
- Principales modos de transporte elegidos si no existiera ese servicio en las ciudades de estudio (a ser posible, coincidente con las horas punta), para estimar la transferencia desde otros modos de transporte.
- Flota actual (diferenciando entre vehículos de combustión, eléctricos e híbridos).
- Flota futura que esperan alcanzar.

VALORES

El objetivo de esta investigación consiste en una estimación de la entrada de los servicios de “ride-hailing” sobre la congestión, emisiones contaminantes y demanda de estacionamiento en todas aquellas ciudades españolas donde operen este tipo de servicios y deseen conocer esos efectos.

- Total compra de datos: 6.000 €.
- 2. Elaboración de encuestas a los usuarios del resto de modos de transporte público que prestan servicio en la ciudad para conocer sus hábitos de movilidad: 6.000 €.
- 3. Trabajo de gabinete: 18.000 €.
- 4. Total trabajo: **30.000 €**.

**AHORRO DE COSTES**

Gracias a los resultados de esta investigación las administraciones públicas pueden legislar en favor de una movilidad más sostenible para las ciudades, con lo que se estima un ahorro aproximado del 1% del PIB de esa ciudad derivados de la reducción de la congestión, ruido, contaminación, accidentalidad, etc.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Alexander, I., González, M.C. (2015). *Assessing the impact of real-time ridesharing on urban traffic using mobile phone data*. Proc. UrbComp, pp. 1-9.
- Brazil, N., & Kirk, D. S. (2016). *Uber and Metropolitan Traffic Fatalities in the United States*. American Journal of Epidemiology Advance Access published July 22, 2016, 1-7.
- Li, Z., Hong, Y. and Zhang, Z. (2017). *Do On-demand Ride-sharing Services Affect Traffic Congestion? Evidence from Uber Entry*. [Online] Available from SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2838043> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2838043>
- Meyer, J. (2016). *Uber-Positive: Why Americans Love the Sharing Economy*. New York, United States: ENCOUNTER BOOKS.
- Mlot, S. (2017). *Uber y Lyft son esenciales para reducir los problemas de tráfico según MIT*. [Online] Available from: <http://latam.pcmag.com/reviews-electronicos-ratings-comparativos/18062/news/uber-y-lyft-son-esenciales-para-reducir-los-problemas-de-tr>.
- Yin hao, J., Majid, F., & Daku, M. (2019). *Estimating effects of Uber ride-sharing service on road traffic-related deaths in South Africa: a quasi-experimental study*. Epidemiol Community Health, 1-9.



## 07. Microcontaminantes en aguas residuales.

### RETO

Las estaciones de tratamiento de aguas residuales convencionales (EDAR), diseñadas para eliminar materia orgánica, no están adaptadas para eliminar gran parte de los compuestos de preocupación emergente (fármacos, pesticidas, productos de higiene y cuidado personal, etc.) detectados en las aguas residuales. La eliminación de estos microcontaminantes es un reto de cara a la reutilización de las aguas y a la minimización de los efectos sobre el medioambiente y la salud.

Se propone un estudio en planta piloto para evaluar la eliminación de los microcontaminantes presentes en aguas residuales mediante la combinación de la tecnología biorreactor de membrana sumergida (SMBR) con procesos de oxidación avanzada (O3/UV) y carbón activado.

### SOLUCIÓN

Las tareas propuestas son:

- Caracterización de los microcontaminantes presentes en las aguas residuales de entrada a la EDAR en que se realice la investigación: 3 meses
  - Subtareas: puesta a punto de técnicas analíticas, campaña de muestreo y selección de los microcontaminantes objeto de estudio en función de su presencia en las aguas y el riesgo que su presencia implica (incluido en lista de prioritarios, etc.).
- Diseño y montaje de la planta piloto: 3 meses
  - Se propone la construcción de un SMBR con una capacidad de 700 L, con membranas de ultrafiltración.
  - Generador y destructor de ozono, depósito para tratamiento del agua con ozono, lámpara UV y filtro de carbón activado.
- Puesta en marcha y estabilización del SMBR: 3 meses
  - Se sembrará el SMBR con el licor mezcla de la EDAR. Se configurará la planta y se realizará la estabilización de la biomasa. Una vez que se alcance el estado estable para el SMBR en las condiciones de funcionamiento (tiempo de retención de lodo y velocidad de carga orgánica), se procederá a la experimentación.
- Periodo de demostración en el SMBR: 8 meses
  - Se tomarán muestras de influente y efluente del SMBR.
  - Se analizará la presencia de microcontaminantes en las muestras líquidas mediante cromatografía gaseosa/líquida acoplada a MS.
  - Se analizará la presencia de microcontaminantes en las muestras líquidas tras la etapa O3/UV y tras el filtro de carbón.
  - Se analizará el contenido en materia orgánica y nutrientes, sólidos suspendidos volátiles de licor mixto (MVSS) y los sólidos suspendidos totales (TSS) de acuerdo con los métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales.
  - Evaluación de los resultados obtenidos durante la demostración y elaboración de informes y/o artículos científicos/asistencia a congresos: 1 mes

El proyecto tiene una **duración de 18 meses**.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La tecnología de biorreactor de membrana (BRM) combina la degradación biológica con la separación física con membrana, obteniendo efluentes libres de sólidos en suspensión (SS). Debido a la mayor concentración de SS y los mayores tiempos de retención celular a los que operan estos sistemas, diversos autores como Radjenovic et al. (2009), han reportado una mayor eliminación de ECs en sistemas biorreactor de membrana que en tratamiento convencional de fangos activados.

Los procesos de oxidación avanzada (AOPs) transforman los microcontaminantes presentes en agua mediante la aplicación de un agente oxidante como el ozono, entre otros. Los carbones activados pueden eliminar una amplia variedad de compuestos que están presentes en las aguas superficiales y residuales tales como pesticidas, compuestos de alto peso molecular, alcoholes, surfactantes, compuestos fenólicos, etc

En la última década, el IUACA ha realizado proyectos de investigación centrados en la eliminación de microcontaminantes (pesticidas, fármacos, hormonas, etc.) presentes en aguas residuales en los que se ha combinado la tecnología SMBR con postratamientos (membranas de nanofiltración u ósmosis inversa, ozono, ultravioleta, carbón activado). Algunos de estos proyectos son:

- Proyecto LIFE15-EMPORE ENV/ES/000598. "Development of an efficient and sustainable methodology for emerging pollutants removal in WWTPs".
- Eliminación de contaminantes emergentes mediante procesos anaerobios y aerobios en serie y tratamientos complementarios: sistema combinado UASB+SMEBR+O3/AC. Cod.: CTM2016-76910-R
- Tratamientos combinados para la degradación y eliminación de contaminantes emergentes en aguas. Cod: CTM2013-46669-R.
- Tratamiento de aguas superficiales y aguas residuales con membranas para obtener efluentes de alta calidad. Cod: CTM2010-15348.

Referencias:

Radjenovic, J., Petrovic, M., Barceló, D. (2009). Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment. *Water Research*, 43 (3), 831-841.

## CAPACIDADES

Bernal-Romero del Hombre Bueno, M.A., Prats, D. Grupo investigador del Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

En la Comunidad Valenciana, la tecnología biorreactor de membrana es empleada en algunas plantas de tratamiento de aguas residuales como la EDAR Arenales del Sol de Alicante.

En el ámbito privado, la empresa Helados Alacant (AIADHESA), situada en San Vicente del Raspeig (Alicante) trata sus efluentes en un sistema biorreactor de membrana. La UA colabora desde hace años con esta entidad a través del proyecto "Control de la depuradora de AIADHESA".

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

La combinación de tecnologías propuesta (SMBR+ O3/UV + Carbón activado) permite la eliminación de contaminantes emergentes y sustancias prioritarias de los efluentes de las estaciones de tratamiento de aguas residuales, obteniéndose un efluente de buena calidad.

## PRACTICIDAD DE USO

A pesar de mejorar la eliminación de microcontaminantes respecto al tratamiento convencional de fangos activados, la tecnología SMBR no es capaz de eliminar completamente los contaminantes más recalcitrantes (ej. diclofenaco, carbamazepina, terbutilazina, etc.) presentes en las aguas residuales. Se precisa para ello la combinación de tecnologías para obtener un efluente de buena calidad y libre de microcontaminantes.

· INNOVACIÓN

## La combinación de tecnologías propuesta (SMBR+ O3/UV + Carbón activado) permite la eliminación de contaminantes emergentes y sustancias

### VALORES ADICIONALES

La tecnología propuesta permitirá obtener efluentes de mayor calidad, libres de sólidos en suspensión y materia orgánica, y con una menor carga de microcontaminantes, lo que repercutirá positivamente en un menor impacto ambiental.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El proyecto tendrá una duración de 18 meses, siendo el presupuesto total **95.000 - 115.000 €** (sin IVA).

### COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

### AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- Se muestran referencias a algunos artículos y tesis elaborados por el grupo investigador relacionados con la eliminación de microcontaminantes:
- Bernal Romero del Hombre Bueno, M.A.; Boluda-Botella, N.; Prats Rico, D. (2019). Removal of emerging pollutants in Water Treatment Plants: adsorption of methyl and propyl paraben onto powdered activated carbon. *Adsorption: Journal of the International Adsorption Society*. 25, pp. 983 - 999. ISSN 0929-5607. <https://doi.org/10.1007/s10450-019-00120-7>
- Bernal-Romero del Hombre Bueno, M.A., Boluda-Botella, N., Prats, D. (2018). Mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by a combined UASB MBR system. *The Built Environment. Urban Growth 2018*. pp. 293-302. Wessex Books. ISBN 978-1-78466-259-2. <https://doi.org/10.2495/UG180271>
- Bernal, M.A., Domínguez, L., Rodríguez, M., Prats, D. (2014). Influence of sludge retention time on filtration performance and biomass characteristics in a hollow fiber membrane bioreactor. *WIT Transactions on the Built Environment (Online)*. 145. ISSN 1743-3509.
- Mendes-Predolín, L. (2018). Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación acoplada a un MBR para minimizar el ensuciamiento de la membrana y obtener efluentes de alta calidad. Tesis, universidad de Alicante.
- Moya-Llamas, M.J. (2018). Efecto de la carga orgánica en la eliminación de microcontaminantes, materia orgánica y nutrientes en un sistema UASB-MBR escala piloto para el tratamiento de aguas residuales de tipo urbano. Tesis de doctorado, universidad de Alicante.
- -Vasques-Rodríguez, E. (2018). Eliminación de microcontaminantes orgánicos presentes en aguas residuales urbanas mediante MBR combinado con oxidación avanzada y con filtración por membranas. Tesis de doctorado, universidad de Alicante.



## 08. Descontaminación sostenible de caudales de escorrentía urbana.

### RETO

Descontaminación sostenible de caudales de escorrentía urbana.

### SOLUCIÓN

Desarrollo de filtros compuestos por material poroso y/o desarrollo de pavimentos porosos que sean susceptibles de ser empleados en sistemas filtrantes para implementar sistemas urbanos de desarrollo sostenible para actuar frente a la escorrentía urbana, pero también frente a su contaminación.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Nivel 4 Análisis de laboratorio del prototipo o del proceso.

Actualmente trabajamos en laboratorio para comprobar la efectividad de determinados materiales para descontaminar aguas contaminadas con metales pesados. La experimentación se está llevando a cabo mediante experimental desarrollado en columnas de laboratorio.

### CAPACIDADES

Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante.  
Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).

**Investigadora:** Concepción Pla

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)  
[c.pla@ua.es](mailto:c.pla@ua.es)

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

El interés creciente en los SUDS, para garantizar una gestión adecuada de los recursos hídricos en áreas urbanas, ha sido demostrado por las corporaciones municipales mediante la implantación de estos sistemas en las ciudades. Estos sistemas cumplen varias funciones como (1) ofrecer, ante los patrones de lluvia cambiantes como consecuencia del cambio climático, un drenaje similar al que ocurriría en áreas no urbanizadas; (2) compensar la pérdida de superficie permeable debida al aumento de la urbanización, dada la alta capacidad de estos sistemas para almacenar temporalmente las aguas de escorrentía producidas en eventos de lluvia y liberarla posteriormente de manera gradual y controlada; (3) amortiguar el efecto de los caudales de escorrentía generados en carreteras, descarga de sistemas de drenajes superficiales y fugas en los sistemas colectores, responsables de contribuir a la contaminación urbana difusa. Dichos sistemas pueden actuar como elementos filtrantes que disminuyen la carga contaminante de los caudales urbanos y, permiten su posterior infiltración (una vez limpios) a zonas profundas; y (4) contribuyen a evitar la fragmentación de los hábitats naturales en las ciudades, con la implantación de zonas vegetadas que actúan como corredores de fauna evitando el aislamiento de hábitats como consecuencia del desarrollo de zonas urbanizadas.

### PRACTICIDAD DE USO

El uso de los SUDS como elementos filtrantes para reducir la carga contaminante existente en los caudales de escorrentía urbana es un aspecto que no se ha investigado en detalle y que se debería plantear como una buena práctica ambiental a implementar en las ciudades. Aunque no específicamente aplicado a sistemas de drenaje, el empleo de materiales porosos que actúan como elementos filtrantes de efluentes contaminados ha sido empleado con éxito en distintos campos. Dados los buenos resultados demostrados con el empleo de materiales filtrantes, la exportación de este tipo de materiales como elementos integrados en los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) podría conseguir, además del control y modulación de los caudales de escorrentía, la limpieza y descontaminación del agua recogida mediante procesos pasivos de filtrado, que a continuación, podría continuar su camino dentro del ciclo hidrológico, pasando, después de infiltrarse hacia zonas profundas, a constituir flujos de agua subsuperficiales y subterráneos libres de contaminación.

· PRACTICIDAD DE USO

El uso de los SUDS como elementos filtrantes para reducir la carga contaminante existente en los caudales de escorrentía urbana es un aspecto que no se ha investigado en detalle y que se debería plantear como una buena práctica ambiental a implementar en las ciudades.

**VALORES  
ADICIONALES**

La implantación de SUDS, como solución alternativa a los sistemas de drenaje convencionales en las ciudades, contribuye a respetar el régimen hidrológico natural, preservar la calidad de las aguas, mejorar el valor del entorno y del paisaje y fomentar la reutilización del agua.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

En función de las obras de ejecución que se desarrollen.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

En función del material seleccionado como material filtrante y de la calidad del agua que se trate.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

• Pla, Concepción & Benavente, D. & Valdes-Abellan, Javier & Jódar-Abellán, Antonio & Trapote, Arturo. (2019). *Eliminación de metales pesados en aguas de escorrentía urbana: resultados preliminares. Congreso Nacional del Agua. Orihuela.*

## 09. Compliance del derecho administrativo aplicable en materia de gestión de aguas.

### RETO

La dificultad existente a la hora de delimitar las responsabilidades jurídicas entre las distintas administraciones, a nivel local autonómico y estatal, implicadas en la gestión de las aguas, con la consiguiente pérdida reputación pública.

Esta realidad se ha puesto de relieve este verano en las playas valencianas con cierres continuados por causa de vertidos incontrolados, con bacterias fecales, procedentes de distintas infraestructuras gestionadas por la administración local y autonómica, con una ausencia de control por parte de la estatal. Situación que ha derivado en la apertura de diligencias de investigación penal por la Fiscalía.

### SOLUCIÓN

*Compliance* del derecho administrativo aplicable en materia de gestión de aguas. Elaboración de una guía de legislación aplicable y propuesta de mecanismos de coordinación y cooperación, identificando los riesgos jurídico-administrativos.

A través de un conjunto de procedimientos y buenas prácticas que clarifiquen y mejoren los cauces colaborativos entre las distintas administraciones implicadas se garantizará un mejor cumplimiento de acervo comunitario y facilitará la toma de decisiones administrativas reduciendo los riesgos asociados a las mismas.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

En la actualidad la normativa por la que se establece la distribución de competencias administrativas y la normativa ambiental –especialmente europea- no están interrelacionadas, dificultando el cumplimiento del derecho comunitario, se hace necesario un mecanismo de autoregulación y control que evite el menoscabo jurídico y económico de la Administración.

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):

- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).

**Investigador/es:** Gabriel Real Ferrer

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)

[gabriel.real@ua.es](mailto:gabriel.real@ua.es)

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

En la actualidad no existe a nivel de la Administración la figura del *Compliance officer*, y supondrá disponer de una herramienta imprescindible para las Administraciones implicadas, facilitando tanto el conocimiento como el alcance de la normativa ambiental.

### PRACTICIDAD DE USO

Impediría vacíos competenciales entre la administración que regula el alcantarillado, la que gestiona las estaciones depuradoras y la que controla el dominio público hidráulico. Asimismo evitaría menoscabos económicos a la Administración por el mal funcionamiento del servicio público y, en caso de la existencia de delito ecológico, evitaría la responsabilidad penal de la persona jurídica (art. 31 bis Código Penal).

### VALORES ADICIONALES

Desde una perspectiva económica, la identificación exacta de las normas ambientales de exigido cumplimiento permitiría llevar a cabo una mejor planificación de las actuaciones a realizar, dotando de mayor seguridad jurídica la toma de decisiones.

Así mismo, la correcta identificación de todos los aspectos ambientales de protección (aire, suelo y agua), socialmente supondría un ahorro de recursos públicos y dotaría a las empresas que se quieran instalar en la CV de una mayor seguridad jurídica, mejorando además la aplicabilidad del derecho ambiental.





· VALORES ADICIONALES

La correcta identificación de todos los aspectos ambientales de protección (aire, suelo y agua), socialmente supondría un ahorro de recursos públicos y dotaría a las empresas que se quieran instalar en la CV de una mayor seguridad jurídica, mejorando la aplicabilidad del derecho ambiental.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

15.000 €.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

No se consideran.

**AHORRO  
DE COSTES**

No cuantificable.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

• *helpdeskenvironmental* <https://www.cen.eu/about/helpdesks/environmental/Pages/default.aspx>

# 10. Método que permita medir el rendimiento de los recursos hídricos en función de la actividad industrial.

## RETO

Identificación del coste/beneficio socioambiental en la utilización del agua y su incidencia en la ciudadanía. Generación de un catálogo de indicadores.

Actualmente el “agua” como bien no está dotado de un valor económico, su uso viene determinado por la demanda, y hasta la fecha en la Comunidad Valenciana, pese a ser un bien escaso, no se ha visto restringido. No obstante, los efectos del cambio climático evidencian que en un futuro los usos consuntivos se verán limitados debiendo priorizarse entre los distintos usos de las aguas.

Determinar qué actividad económica verá su acceso al agua limitado requiere de un análisis metodológico objetivo detallado que tenga en cuenta el coste/beneficio económico y socioambiental de un bien de dominio público.

## SOLUCIÓN

Ante la escasez de agua se plantea la ejecución de un método que permita medir el rendimiento que se obtiene de los recursos hídricos en función de la actividad industrial a la que se destina, que retorno tiene y con qué calidad.

Un sistema metodológico que permita objetivizar las decisiones favorecería la participación ciudadana frente a los retos potenciales a los que como sociedad nos enfrentamos. Identificar el coste/beneficio del uso del agua, dotándolo de un valor económico permitiría responder a preguntas como ¿qué resulta más rentable para la ciudadanía el uso del agua en una actividad cementera o en una plantación de naranjos?, y en su caso, qué medidas deben adoptarse al respecto.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

En la actualidad los usos y destinos del agua no tienen en cuenta el coste/beneficio socioambiental para la ciudadanía en función del producto y finalidad a la que se destina.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):  
 Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).  
**Investigador/es:** Gabriel Real Ferrer.  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
 gabriel.real@ua.es

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

El método planteado analizaría el coste/beneficio para la Sociedad en su conjunto. Incorporando los usos ambientales del agua y el coste/beneficio del mantenimiento del sistema ecológico de la demarcación hidrográfica a la que se incardina.

## PRACTICIDAD DE USO

Un método de análisis objetivo del coste/beneficio de las aguas unido a un conjunto de indicadores permitiría una mayor participación de la ciudadanía y un mayor respaldo social. Además dotar de un valor económico “real” al agua favorecería una adecuada toma de decisiones tanto para el empresario como para la administración.

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

18.000 €.

## AHORRO DE COSTES

Ahorro en costes indirectos.

# 11. Guía técnico-jurídico que analizará las relaciones entre las distintas administraciones implicadas y las responsabilidades asociadas a cada una de ellas en caso de incumplimiento de los parámetros determinados en el Reglamento.

## RETO

Alcance y aplicación de la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua y su encuadre en el contexto jurídico nacional y particularmente en el contexto jurídico de la Comunidad Valenciana.

## SOLUCIÓN

Se dotará de una guía técnico-jurídico que analizará las relaciones entre las distintas administraciones implicadas y las responsabilidades asociadas a cada de ellas en caso de incumplimiento de los parámetros determinados en el Reglamento; en concreto se analizará la identificación de los sujetos implicados conforme al Reglamento: los operadores de las instalaciones de regeneración y su relación con los operadores de las EDAR y la autoridad competente para otorgar la licencia de suministro de aguas regeneradas así como la relación entre todos ellos y los usuarios finales.

A través de esta guía, se fijarán los procedimientos y cauces a través de los cuales, los agentes responsables, podrán controlar la información e incidencia del uso de aguas regeneradas, dotando al producto final de una adecuada trazabilidad que otorgue confianza al consumidor.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

En la actualidad los usos y destinos del agua reutilizada se regulan por el Real Decreto 1620/2007 de reutilización. En él se regula el sistema autorizatorio, si bien su aplicación, en especial del principio de recuperación de costes, regulado en la Directiva 2000/60 Marco de Agua, ha sido muy dispar.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).

**Investigador/es:** Gabriel Real Ferrer.

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)  
[gabriel.real@ua.es](mailto:gabriel.real@ua.es)

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Estudio y análisis de las posibles vías de colaboración público-privada para una gestión sostenible de las aguas regeneradas.

La incidencia en el mercado común europeo de este reglamento debería ser estudiado jurídicamente con detenimiento para ver su incidencia en relación con la competitiva del producto final en el mercado y su relación con el artículo 9 de la Directiva 2000/60.

## PRACTICIDAD DE USO

El nuevo Reglamento impondrá nuevas obligaciones tanto para los sujetos beneficiarios de las aguas regeneradas como para las administraciones encargadas de su gestión.

El desarrollo e implementación de una Guía de Actuación en materia de reutilización de aguas, facilitará el control de las exigencias de calidad dotando de mayor seguridad al usuario de las aguas; asimismo permitirá una identificación e individualización de los costes asociados a la reutilización.

La Guía incluirá aspectos relativos a la gestión del riesgo de los usos de las aguas regeneradas así como el procedimiento de control del cumplimiento de las exigencias previstas en el Reglamento.

## VALORES ADICIONALES

Desde una perspectiva medioambiental, la implementación de la Guía de Actuación permitirá un mayor control de la demanda de recursos hídricos y favorecerá el establecimiento y control del caudal ecológico, asegurando el correcto estado de las demarcaciones hidrográficas. Económicamente permitirá la trazabilidad de las aguas dotando al producto final de una mayor seguridad.

VALORES

Desde una perspectiva medioambiental, la implementación de la Guía de Actuación permitirá un mayor control de la demanda de recursos hídricos y favorecerá el establecimiento y control del caudal ecológico, asegurando el correcto estado de las demarcaciones hidrográficas.

Económicamente permitirá la trazabilidad de las aguas dotando al producto final de una mayor seguridad.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

12.000 €.

**AHORRO  
DE COSTES**

Ahorro en costes Indirectos.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

• [https://eur-lex.europa.eu/procedure/ES/2018\\_169](https://eur-lex.europa.eu/procedure/ES/2018_169)

## 12. Empleo de agua regenerada conjuntamente con residuos orgánicos para el cultivo de especies cespitosas.

### RETO

Empleo de agua regenerada conjuntamente con residuos orgánicos para el cultivo de especies cespitosas.

### SOLUCIÓN

El agua regenerada es ampliamente utilizada para el riego de parques y jardines, siendo clave su uso para el ahorro de los recursos hídricos. Por otro lado, los residuos orgánicos tanto de depuradoras como urbanos poseen un efecto fertilizante para las plantas. La reutilización del agua residual junto con residuos orgánicos podría permitir la valorización de ambos y un ahorro en recursos hídricos potables y fertilizantes químicos. Con el fin de reducir los posibles efectos tóxicos por metales pesados u otros elementos en las plantas, podrían emplearse hongos endófitos que favorecen la tolerancia frente a condiciones de sequía, salinidad o presencia de metales pesados. La elección de especies cespitosas radica en su amplia extensión en parques, jardines y campos de golf, evitando además las limitaciones del sector agroalimentario.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Se encuentra en el entorno de laboratorio, entre **TRL 2**: concepto tecnológico formulado y TR3: prueba de concepto experimental.

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
Idoia Garmendia, M<sup>a</sup> Carmen Rodríguez, Marco Antonio Oltra.  
Miembros del Instituto Universitario del Agua y Ciencias Ambientales, y profesores del Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (área Fisiología vegetal).  
Universidad de Alicante.  
**Contacto:** idoia.garmendia@ua.es

### PRACTICIDAD DE USO

A priori el proyecto se realizaría a escala piloto bajo condiciones controladas. A posteriori se estudiaría su posible ampliación a una escala real.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*  
Coste del estudio piloto: 10.000 € aproximadamente.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

### AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- Garmendia I, Mangas VJ. (2014) Comparative study of substrate-based and commercial formulations of arbuscular mycorrhizal fungi in Romaine lettuce subjected to salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 37: 1717-1731
- Trabajo fin de grado tutorizado por la Prof<sup>a</sup>. Idoia Garmendia López (2014) Empleo de micorrizas arbusculares en cubiertas de césped.
- Rodríguez-Hernández M del C, Moreno DA, Carvajal M, Martínez-Ballesta M del C. (2013) Interactive effects of boron and NaCl stress on water and nutrient transport in two broccoli cultivars. *Functional Plant Biology* 40 (7): 739-748
- Trabajo fin de grado tutorizado por el prof. Marco Antonio Oltra (2019) Cuantificación de la huella hídrica en un campo de golf.

# 13. Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas mediante un reactor UASB (Uflow Anaerobic Sludge Blanket) y recuperación de biogás para reutilización en EDAR urbanas.

**RETO**

Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas mediante un reactor UASB (Uflow Anaerobic Sludge Blanket) y recuperación de biogás para reutilización en instalaciones de tratamiento de aguas residuales de origen urbano. Estudio de la eliminación anaerobia de ECs.

**SOLUCIÓN**

Se plantea el estudio de un reactor anaerobio de manto de fangos de flujo ascendente (UASB) seguido de un tratamiento terciario mediante ultrafiltración para el tratamiento de aguas residuales de origen urbano y la recuperación del biogás generado en la digestión anaerobia para su posterior reutilización.

Se pretende también mejorar las eliminaciones de determinados compuestos de naturaleza emergente en relación con los tratamiento de fangos activados convencionales.

**MADUREZ DE LA SOLUCIÓN**

La solución se ha abordado en escala piloto (laboratorio) con aguas residuales sintéticas y se pretende su estudio en planta piloto ubicada en una EDAR urbana de tamaño medio para su operación con aguas residuales de naturaleza urbana. En la solución de laboratorio no se ha abordado el estudio de la generación y reutilización de biogás, así como un estudio de rango poblacional idóneo para su implantación, aspectos que sí se pretenden abordar en la planta piloto en EDAR.

**CAPACIDADES**

- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante.
  - Departamento de Ingeniería Civil. Área de Hidráulica. Universidad de Alicante.
- Investigador/es:** MARÍA JOSÉ MOYA LLAMAS.  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
 mjmoya@ua.es

**REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN**

Los sistemas UASB son ampliamente utilizados en países de clima cálido y con personal de operación y mantenimiento con baja formación, dando muy buenos resultados en zonas poblacionales aisladas.

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

- Recuperación energética.
- Procesos anaerobios en el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Eliminación de ECs presentes en aguas residuales urbanas.

**PRACTICIDAD DE USO**

Sistemas de bajo requerimiento de espacio, mantenimiento y operación sencillos, baja producción de lodos y generación de biogás con alto contenido de metano.

**VALORES ADICIONALES**

- Posibilidad de implantación en zonas periféricas o aisladas como sistema descentralizado de tratamiento de las aguas residuales.
- Tratamiento anaerobio de las aguas a temperatura ambiente (condiciones psicrófilas).

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

La ejecución, montaje y puesta en marcha de la instalación (planta piloto en EDAR) se estima en 25.000 €, incluida la parte eléctrica y la programación.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

**AHORRO  
DE COSTES**

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- Álvarez, J. A., Ruiz, I., Gómez, M., Presas, J., & Soto, M. (2006). Start-up alternatives and performance of an UASB pilot plant treating diluted municipal wastewater at low temperature. *Bioresource Technology*, 97(14), 1640-1649.
- Chernicharo, C. d. (2006). Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5(1), 73-92.
- Converti, A., Del Borghi, M., & Ferraiolo, G. (1993). Influence of organic loading rate on the anaerobic treatment of high strength semisynthetic wastewaters in a biological fluidized bed. *The Chemical Engineering Journal*, 52(1), B21-B28.
- Daffonchio, D., Thaveesri, J., & Verstraete, W. (1995). Contact angle measurement and cell hydrophobicity of granular sludge from upflow anaerobic sludge bed reactors. *Applied and environmental microbiology*, 61(10), 3676-3680.
- de la Rubia, M. A., Pérez, M., Romero, L. I., & Sales, D. (2007). Ácidos grasos volátiles en lodos de depuradora. Efecto de la temperatura. *Mantenimiento*, 55(52), 23.
- Fang, H. H., & Lau, I. W. (1996). Start-up of thermophilic (55 C) UASB reactors using different mesophilic seed sludges. *Water Science and Technology*, 34(5-6), 445-452.
- Hanaki, K., Matsuo, T., & Nagase, M. (1981). Mechanism of inhibition caused by longchain fatty acids in anaerobic digestion process. *Biotechnology and bioengineering*, 23(7), 1591-1610.
- Hwu, C. S., Tseng, S. K., Yuan, C. Y., Kulik, Z., & Lettinga, G. (1998). Biosorption of long-chain fatty acids in UASB treatment process. *Water Research*, 32(5), 1571-1579.
- McCarty, P. L. (2001). The development of anaerobic treatment and its future. *Water Science and Technology*, 44(8), 149-156.
- Mata-Álvarez, J., 2003. *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*. IWA Publishing.
- Moya-Llamas, M.J. (2018). Efecto de la carga orgánica en la eliminación de microcontaminantes, materia orgánica y nutrientes en un sistema UASB-MBR escala piloto para el tratamiento de aguas residuales de tipo urbano. Tesis doctoral.
- Rizvi, H., Ahmad, N., Abbas, F., Bukhari, I. H., Yasar, A., Ali, S., ... & Riaz, M. (2015). Start-up of UASB reactors treating municipal wastewater and effect of temperature/sludge age and hydraulic retention time (HRT) on its performance. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(6), 780-786.
- Samudra, G., Syarafina, N., & Budihardjo, M. A. (2016). Application of UASB Reactor to Reduce the Concentration of BOD, COD and Phosphate in the Domestic Waste. *Nature Environment and Pollution Technology*, 15(3), 951.
- Tabatabaei, M., Sulaiman, A., Nikbakht, A. M., Yusof, N., & Najafpour, G. (2011). Influential parameters on biomethane generation in anaerobic wastewater treatment plants. In *Alternative Fuel*. InTech.
- Zeeman, G., & Lettinga, G. (1999). The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. *Water Science and Technology*, 39(5), 187-194.

# 14. Energía solar fotovoltaica como fuente de abastecimiento eléctrico de los equipos de bombeo.

## RETO

La relación entre el agua y la energía es uno de los temas más candentes en la industria del agua, más si cabe desde que se cuantificó que el manejo del agua en California (un estado similar a España en tamaño y población) representa un 19% del consumo de energía (CEC, 2005). De este modo, del total de 250 GWh/año, hasta 48 GWh/año están ligados al manejo del agua.

El interés por la relación agua – energía en Europa es más reciente. Hay que esperar a 2008 para que vea la luz en Inglaterra el primer informe institucional. Publicado por la Environment Agency (EA, 2008), éste centra el problema en el ámbito urbano mientras ignora el riego porque en ese país la agricultura es una cuestión menor. Aborda con notable detalle el cálculo de la huella de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) correspondiente al uso de agua de una procedencia concreta, huella que incluye también el impacto energético de los Ciclos de Coste Vida.

En la actualidad, la comisión europea, cifra como uno de sus objetivos fundamentales la reducción de las emisiones y muestra en sus objetivos para 2050, dicha reducción con estrategias de transición económica, industrial y social (EC, 2018). La Unión Europea está trabajando en las líneas y cito textualmente “Pathways for the transition to a net-zero greenhouse gas emissions economy and strategic priorities” y un subapartado de esta línea general es “Maximise the deployment of renewables and the use of electricity to fully decarbonise Europe’s energy supply” subrayando la dependencia europea del petróleo y el gas, que en 2018 representa el 55% de la demanda energética y el objetivo para el año 2050 que se desea descienda hasta el 20% de la demanda energética total.

Por tanto, este proyecto aborda el reto de minimizar el consumo de energía y las emisiones en redes de distribución urbana. Asimismo, si la red presurizada es de riego, se puede reducir además el consumo hídrico por el empleo de aguas regeneradas para riego.

## SOLUCIÓN

Se plantea el empleo de energía solar fotovoltaica como fuente de abastecimiento eléctrico de los equipos de bombeo existentes en una red de agua a presión. La solución planteada es distinta si la red a presión es de riego o urbana.

En caso de redes de riego, existe un algoritmo de cálculo que minimiza el número de paneles solares fotovoltaicos con la apertura y cierre de hidrantes para ajustar el consumo energético a la producción.

En cambio, si la red es urbana, se plantean las soluciones de almacenamiento energético en baterías, en depósito o se plantea una solución intermedia que abastezca total o parcialmente las necesidades energéticas cuando hay radiación solar y que complemente los consumos energéticos nocturnos con energía eléctrica convencional.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Dentro de los objetivos del proyecto, varios aspectos que conforman el proyecto muestran distintos grados de madurez (TRL). Estos son los valores estimados:

- Generación de energía solar mediante módulos solares fotovoltaicos. TRL 9. Sistema probado con éxito en entorno real.
- Simulación y cálculo de los requerimientos energéticos de una red de riego. Para la realización de este cálculo, se requerirá representar adecuadamente todas las características propias de la red sometida a estudio. El sistema probado con éxito en entorno real TRL 9.



- Gestión energética de la demanda energética para el ajuste de la curva de energías disponibles con minimización del número de paneles. TRL 3. Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica. Dichos resultados se disponen de manera numérica y no se ha validado en laboratorio. Por tanto, esta ha de ser la parte que se verá refrendada con el proyecto a implementar y se pretende que, finalizado el proyecto, se lleve dicha planta piloto hasta el grado de maduración TRL 9 (puesto que será probado en un entorno real, alcanzando TRL7, se realizarán las pruebas y demostraciones para acreditar el TRL8 y se habrá probado en un sistema real, TRL 9).

#### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):

- Universidad de Alicante. Área de Ingeniería Hidráulica del Dpto. de Ing. Civil
- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA)

**Investigador:** Miguel Angel Pardo Picazo.

**Contacto:** iuaca@ua.es  
mpardo@ua.es

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

El abastecimiento solar fotovoltaico se ha implantado en numerosas empresas y redes, pero generalmente se han realizado instalaciones en bombeos de tipo indirecto que aprovechan para mover el agua a un depósito de abastecimiento (transporte en alta de agua).

En este proyecto se espera la inyección directa en red trabajando aislados de la red general eléctrica.

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

- Optimización energética y de emisiones en redes de agua a presión.
- “Neutral energy” y “neutral emissions”. Gestión de redes sin consumo eléctrico o emisión de gases de efecto invernadero.
- Estudio de la influencia del número de sectores de riego en riegos programados.
- Análisis particularizado de las ventajas posibles frente al empleo de sistemas diversos de almacenamiento, baterías, depósitos.

Si las redes son de riego, a la innovación anterior se debe añadir los siguientes

- Gestión de la demanda energética en redes de riego
- Empleo de aguas regeneradas para redes de riego.

#### PRACTICIDAD DE USO

Las propuestas son completamente aplicables en redes hidráulicas a presión, existe experiencia en el desarrollo de estos y la única duda consiste en la definición de qué es mejor en cada caso particular, almacenar la energía en depósitos o en baterías (algo que se responderá para cada situación particular).

#### VALORES ADICIONALES

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Incremento de los recursos energéticos
- Búsqueda de la red más eficiente posible, reducción de los consumos hídricos (empleo de aguas regeneradas) y energéticos (sin consumo eléctrico)

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

El pasado 6 de octubre de 2018, se aprueba el RD-L 15/2018 (2018), con el que se proponen medidas urgentes para la transición energética. El Real Decreto Ley 15/2018 tiene dos partes básicas: 1-Modificaciones de la Ley 24/2013 en lo referente al autoconsumo; 2-Derogación de varios artículos del RD 900/2015. Dicha norma muestra como principios fundamentales el derecho al autoconsumo de energía eléctrica sin cargos, el derecho al autoconsumo compartido por parte de uno o varios consumidores para aprovechar las economías de escala y se introduce el principio de simplificación administrativa y técnica, especialmente para las instalaciones de pequeña potencia. Esta nueva legislación impulsa el autoconsumo energético y requiere del desarrollo del reglamento que se aprueba el 6 de abril de 2019 (Real Decreto 244/2019).

El desarrollo de un proyecto de diseño y construcción define, entre otros aspectos, el coste concreto de implantación para cada caso, se calculan los ahorros obtenidos tras la inversión, y por último, se computan los retornos de la inversión (actualmente se están obteniendo valores cercanos a los 7 años), unos valores que se pueden reducir por el descenso generalizado de los costes de las instalaciones solares.

En el trabajo desarrollado (Pardo et. al., 2019), se ha encontrado inversiones de 303.590 EUR en una instalación que consume 837.635,8 m<sup>3</sup>/año, por tanto, la inversión sería de 0.362 EUR/m<sup>3</sup> y año.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

Se desconoce en la actualidad. Algunas empresas instaladoras de instalaciones solares fotovoltaicas ofrecen un servicio de mantenimiento y todavía se alcanzan precios más baratos que mantener el sistema con abastecimiento de energía obtenida de la red eléctrica convencional.

**AHORRO DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

En redes de riego, se estima que el consumo mensual ronda los 6000 EUR/mes (datos obtenidos de comunidades de regantes cercanas). Se estima que ese coste es el ahorro mensual (sin contar el mantenimiento, que como he dicho está sin considerar). Con el plan propuesto, se ahorra todo el consumo energético actual. En la red analizada en Pardo y col., (2019) se ha obtenido:

Tabla 1. Consumo energético mensual (EUR)

MES	CONSUMO (€)	MES	CONSUMO (€)
Enero	418,49	Julio	4416,76
Febrero	445,57	Agosto	3283,79
Marzo	659,66	Septiembre	1018,66
Abril	706,46	Octubre	510,94
Mayo	1688,30	Noviembre	371,94
Junio	3619,69	Diciembre	330,06

Por tanto, los ahorros anuales son iguales a 17.470,3 EUR en una instalación que consume 837.635,8 m<sup>3</sup>/año, por tanto, la inversión sería de 0.0208 EUR/m<sup>3</sup> y año.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- CEC (California Energy Commission), (2005). "California's Water-Energy Relationship report". California.
- EA (2008). "Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options". Science Report – SC070010, Julio 2008. EA. Bristol. UK.
- EC (2018). "Communication from the commission to the European Parliament, The European council, the European economic and social committee, the committee of the regions and the European investment bank. A Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy". Brussels, 28.11.2018 COM(2018) 773 final.
- Picazo, M.Á.P., Juárez, J.M., García-Márquez, D. (2018) "Energy consumption optimization in irrigation networks supplied by a standalone direct pumping photovoltaic system" Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su10114203>
- Pardo, M.Á., Manzano, J., Valdes-Abellan, J., Cobacho, R. (2019). "Standalone direct pumping photovoltaic system or energy storage in batteries for supplying irrigation networks. Cost analysis"
- Science of the Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.050>
- Pardo, M.Á, Cobacho, R. and Bañon, L. (2019). "Standalone photovoltaic direct pumping in water pressurized networks with energy storage in tanks or batteries". Science of the Total Environment. (Under review)

## 15. Técnicas electromagnéticas de las incrustaciones calcáreas producidas por aguas duras.

### RETO

Existe una gran problemática asociada a los sistemas que trabajan con agua debido a las incrustaciones calcáreas producidas por aguas duras. Estas incrustaciones producen pérdidas significativas de eficiencia e incremento en los costes de mantenimiento de los equipos tanto a nivel doméstico como industrial.

Existen diversas técnicas para intentar paliar los efectos de las incrustaciones, sin embargo, suelen modificar las características del agua y generar vertidos debido al tratamiento, como sucede con el tratamiento por intercambio iónico, en el que el agua tratada aumenta su concentración en sodio (al ser eliminado el calcio) y produce un vertido de salmuera (por la regeneración de la resina). Otros sistemas de tratamiento como la adición de antiincrustantes supone el incremento de productos químicos en el agua, la ósmosis inversa producirían agua tratada, sin sales, y un vertido del agua de rechazo de las membranas, y en el caso de sistemas domésticos, un consumo elevado de agua.

### SOLUCIÓN

Desde hace años se comercializan equipos de tratamiento basados en la aplicación de técnicas electromagnéticas que parecen tener una cierta efectividad en la reducción de los depósitos de cal, no obstante, todavía existe una gran controversia sobre los mecanismos por los que se produce esta inhibición de las incrustaciones.

Se ha observado que las técnicas electromagnéticas dan lugar a la cristalización del carbonato cálcico como aragonito en vez de calcita. El aragonito es una forma mineral del carbonato cálcico que produce incrustaciones mucho más blandas y fácilmente eliminables que la calcita. Por otro lado las técnicas electromagnéticas también pueden tener efecto a la hora de reducir las poblaciones de microorganismos en el agua así como ayudar a eliminar contaminantes (Piyadasa et al., 2017; Rajczykowski y Loska, 2018).

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Existe un gran número de estudios en los que se han aplicado tratamientos electromagnéticos al agua para estudiar su efecto en el control y eliminación de deposiciones de cal. En estudios como los de Latva et al. (2016) o Liu et al., (2010), se observa una formación de escamas menos compactas tras la aplicación del campo electromagnético, debido al aumento en la concentración de aragonito y a una menor presencia de cristales de calcita.

Según los estudios de Kronenberg (1985), el agua transporta micropartículas de carbonato cálcico que pueden actuar como núcleos de cristalización. Estas partículas están rodeadas de moléculas de agua formando una cápsula a su alrededor que, cuando choca contra la superficie de la tubería, se rompe liberando la partícula de carbonato que se adhiere a la conducción, sobre la cual se irán uniendo otras partículas hasta formar la incrustación, este fenómeno puede acelerarse si la tubería presenta imperfecciones.

Existe una teoría que dice que al aplicar un campo electromagnético, se rompe esa envuelta que cubre las partículas de carbonato en el propio fluido. Al quedar libre el núcleo de cristalización en el agua, se forma un cristal que no se adhiere a la conducción, sino que sedimentaría o sería arrastrado, evitando la formación de depósitos.

Esto se ha corroborado con estudios como los de Zavaleta et al., (1998), donde se observó que las muestras que tratadas con un sistema electromagnético presentaban un contenido mayor de residuos que no se adherían a las paredes del recipiente.

### CAPACIDADES

Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA).

**Investigadores:** Nuria Boluda Botella y Sergio Martínez Moya.

**Contacto:** iuaca@ua.es

nuria.boluda@ua.es

**REFERENCIAS DE  
IMPLANTACIÓN**

No se tiene contacto directo con los clientes que tienen implantado este tipo de sistemas, no obstante si existe contacto con algunas empresas que suministran estos equipos como son Esaltia y Ecotecnica Energy Systems S.L.

**VALORES DE LA  
INNOVACIÓN**

Frente a las técnicas clásicas de tratamiento de las deposiciones de carbonato, que alteran la naturaleza del agua reduciendo su dureza, las técnicas electromagnéticas no afectan a la concentración de los iones carbonato y calcio en disolución (por tanto no modifican la dureza del agua), sino que evitan la deposición de las incrustaciones o producen deposición en formas minerales menos incrustantes, como es el aragonito (Mahmoud et al. 2016).

**PRACTICIDAD  
DE USO**

Estos equipos, en la mayoría de los casos, son equipos compactos que se pueden instalar fácilmente en el circuito de agua doméstica o industrial, sin necesidad de un mantenimiento continuo. Dado que el equipo genera el campo electromagnético que actúa directamente sobre el paso de agua, no se necesita interacción por parte del cliente en ningún momento.

**VALORES  
ADICIONALES**

Uno de los valores principales que aporta esta propuesta es la reducción de agentes químicos que se adicionan al agua para reducir las incrustaciones, evitando así que puedan acabar en el medioambiente. Por otro lado, es importante destacar la reducción en los costes asociados al mantenimiento y sustitución de otros equipos que utilizan el agua tratada, debido a que con la implantación de este sistema se alargaría la vida útil de los equipos y se reducirían los mantenimientos necesarios en este aspecto. También es importante destacar la facilidad en la implantación y manejo de estos equipos, lo que los convierte en ideales tanto en el ámbito doméstico como el industrial.

La Generalitat Valenciana financió en los años 2016 y 2017 dos trabajos de investigación desarrollados por alumnos del máster en Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua en los laboratorios del Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante, con equipos de tratamiento electromagnético proporcionados por la empresa ESALTIA (Verdú, 2016; Gonzàlez, 2017). A partir de la difusión de estos trabajos, la empresa ECOTÉCNICA ENERGY SYSTEMS S.L. suscribió un proyecto con la Universidad de Alicante (ECOTÉCNICA1-18Y) para realizar un doctorado sobre el estudio de estas técnicas y utilizar los equipos suministrados por la empresa, dentro del Plan GenT 018 de la Generalitat Valenciana, para la formación de doctores y doctoras en empresas valencianas. Sergio Martínez Moya disfruta de esta beca desde diciembre de 2018. La revisión bibliográfica y la aplicación de la tecnología con el equipo TK3K han demostrado durante este tiempo la complejidad en la explicación de las bases teóricas y del funcionamiento de esta tecnología, que requiere de medios materiales y humanos para ser desarrollada.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

Los costes de implantación de la tecnología de electromagnetismo se basarían principalmente en la adquisición del equipo y la instalación. El coste de este tipo de equipos puede oscilar entre los 30-40€ hasta más de 500€, dependiendo del modelo escogido y las prestaciones. En cuanto a los costes de instalación dependerán de la empresa suministradora del equipo. Por otro lado, es importante destacar los costes asociados a la investigación de este tipo de tecnología, que genera en muchos casos tanta controversia. Estos costes varían en función de los parámetros y aplicaciones que se analicen.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

No existiría un coste de mantenimiento pues este tipo de sistemas no lo requieren. Los únicos costes que podríamos asociar a este aspecto serían los costes eléctricos asociados al consumo del equipo, no obstante son costes mínimos equiparables a los de cualquier pequeño electrodoméstico.

· PRACTICIDAD DE USO

Equipos compactos que se pueden instalar fácilmente en el circuito de agua doméstica o industrial, sin necesidad de un mantenimiento continuo.

**AHORRO DE COSTES**

El ahorro principal de costes va asociado a los costes de mantenimientos y sustitución de equipos que utilizan el agua tratada, debido a que se evitan las deposiciones de carbonato cálcico.

Por otra parte, el ahorro dependería de la tecnología utilizada, por ejemplo, del consumo de reactivos, eléctrico o de agua, y además de los vertidos generados, siendo necesario evaluar para cada técnica según el caudal de agua tratado.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- GONZÁLVEZ, N. (2017). *Efecto del electromagnetismo sobre la dureza, bacterias y algas en agua*. Universidad de Alicante.
- KRONENBERG, K. (1985). *Experimental evidence for effects of magnetic fields on moving water*. *IEEE Trans. Magn. Mag-21*, pp.2059-2061.
- LATVA, M., INKINEN, J., RÄMÖ, J., KAUNISTO, T., MÄKINEN, R., AHONEN, M., MATILAINEN, J. and PEHKONEN, S. (2016). *Studies on the magnetic water treatment in new pilot scale drinking water system and in old existing real-life water system*. *Journal of Water Process Engineering*, 9, pp.215-224.
- LIU, C., LIN, C., YEH, M., CHAO, Y. and SHEN, P. (2010). *Surface Modification and Planar Defects of Calcium Carbonates by Magnetic Water Treatment*. *Nanoscale Research Letters*, 5(12), pp. 1982-1991
- MAHMOUD, B., YOSRA, M., and NADIA, A. (2016). *Effects of magnetic treatment on scaling power of hard waters*. *Separation And Purification Technology*, 171, pp. 88-92.
- PIYADASA, C., YEAGER, T., GRAY, S., STEWART, M., RIDGWAY, H., PELEKANI, C., and ORBELL, J. (2017). *Antimicrobial effects of pulsed electromagnetic fields from commercially available water treatment devices - controlled studies under static and flow conditions*. *Journal Of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(3), 871-877.
- RAJCZYKOWSKI, K., and LOSKA, K. (2018). *Stimulation of Heavy Metal Adsorption Process by Using a Strong Magnetic Field*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(1).
- VERDÚ, D. (2016). *Efecto del electromagnetismo sobre la dureza del agua*. Universidad de Alicante.
- ZAVALETA, M., VALERA, A., RIVAS, E., MENDOZA, A. and TINOCO, S. (1998). *Efecto del campo magnético en el tratamiento de aguas duras*. *TECNIA*, Vol 8 N°01, pp. 69-76.

# 16. Certificación de huella hídrica y su eficiencia en la gestión de agua.

**RETO**

Que los organismos públicos y especialmente las empresas que gestionan el agua certifiquen su huella hídrica y su eficiencia en la gestión de agua.

**SOLUCIÓN**

Se trata de que las empresas suministradoras de agua y/o entidades públicas certifiquen su huella hídrica. No es lógico que las empresas que gestionan el agua no tengan controles externos (auditorías) sobre la huella hídrica de su compañía. Se pretende que las empresas gestoras obtengan el certificado de huella hídrica Aquafides que garantice un compromiso con el uso y gestión adecuada agua.

**MADUREZ DE LA SOLUCIÓN**

Implantación real. **Aquafides** certifica la huella hídrica de cualquier compañía; para ello se dispone de dos tipos de certificación: Sistemas productivos y cadena de suministro. Los dos certificados son necesarios para las compañías gestoras de agua. Si los gestores del agua certifican su gestión, podrían certificarse en cadena todos los clientes de estas compañías dando lugar a un sistema perfecto de concienciación en el uso del agua. Esto ayudaría a las empresas a ser más competentes en el mercado y a responder ante la sociedad con una mejor y más comprometida Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

El equipo formado por varios investigadores, lleva varios años desarrollado un protocolo para el cálculo de la huella hídrica y su posterior certificación. Utilizar estos protocolos y la certificación de la huella hídrica Aquafides sirve definitivamente para ser más transparentes a la sociedad sobre como se gestionan los recursos hídricos.

**CAPACIDADES**

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana):

- Instituto universitario del agua y las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante
- Aqua fides s.l.

**Investigador:** Dr. Marco Antonio Oltra Cámara  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
marco.oltra@ua.es

**REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN**

Hay numerosas compañías con la certificación de la Huella Hídrica Aquafides, aunque hasta la fecha (2019), paradójicamente, no existe ninguna organización pública ni dedicada al suministro y gestión de agua que esté en posesión de este certificado.

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

- Directiva Marco Europea del Agua
- Índices medioambientales como la huella hídrica.
- Desarrollo de protocolos de cálculo y certificación de la Huella hídrica.

**PRACTICIDAD DE USO**

Muy práctico y fácil de implementar.

**VALORES ADICIONALES**

La inversión es relativamente económica en comparación con los "pros" que ofrece la certificación. El índice medioambiental de la huella hídrica permite gestionar de forma más eficiente los recursos hídricos. Debería ser obligatorio que las empresas públicas y/o Ayuntamientos y empresas de gestión de aguas tuvieran este certificado. Preservar el medio ambiente no es una opción sino una obligación.

VALORES

La inversión es relativamente económica en comparación con los “pros” que ofrece la certificación. El índice medioambiental de la huella hídrica permite gestionar de forma más eficiente los recursos hídricos. Debería ser obligatorio que las empresas públicas y/o Ayuntamientos y empresas de gestión de aguas tuvieran este certificado. Preservar el medio ambiente no es una opción sino una obligación.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

Depende del alcance temporal y espacial del contrato de la compra. Como cifra orientativa Entre 50.000 y 150.000€.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

Entre **40.000** y **80.000** €.

**AHORRO  
DE COSTES**

Conocer los circuitos del agua dentro de una organización, permite conocer y optimizar procesos y por ende ahorrar en el coste y aumentar la eficiencia en el uso del agua; y el consiguiente ahorro.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- [www.aquafides.org](http://www.aquafides.org)
- [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)
- [www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx](http://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx)

# 17. Tarificación de los servicios de agua potable utilizando un método justo para los consumidores y sostenible para el medio ambiente.

**RETO**

No existe ningún sistema actual que lo garantice.

**SOLUCIÓN**

Se trata de que los usuarios paguen la cuota de servicio de agua en función del volumen consumido y el uso que hayan dado al agua (cálculo de la huella hídrica). Los usuarios deben certificar su huella hídrica con el protocolo desarrollado por Aquafides y en función de la eficiencia en el uso y la gestión que hagan del agua pagar por un canon. Aquellas empresas que tengan un alto impacto medioambiental (equivalente a una alta Huella Hídrica Gris) pagaran más y viceversa. Esta forma de pago además de justa garantiza la recuperación de las aguas vertidas sin sobre coste para las empresas gestoras del agua, por ende, una mayor rentabilidad de las empresas de suministro de agua. La entidad certificadora Aquafides puede desarrollar el sistema "llave en mano" para la entidad contratante.

**MADUREZ DE LA SOLUCIÓN**

Es una idea que dista muy poco de su implantación real. El equipo formado por varios investigadores llevamos varios años desarrollado un protocolo para el cálculo de la huella hídrica y su certificación. Utilizar estos protocolos y la certificación de la huella hídrica para determinar el coste que deben pagar los usuarios es relativamente rápido y sencillo.

**CAPACIDADES**

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana)

- Instituto universitario del agua y las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante
- Aqua fides s.l.

**Investigador:** Dr. Marco Antonio Oltra Cámara  
**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)  
[marco.oltra@ua.es](mailto:marco.oltra@ua.es)

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

- Directiva Marco Europea del Agua.
- Índices medioambientales como la huella hídrica en la tarificación del agua.
- Desarrollo de protocolos de cálculo y certificación de la Huella hídrica.

**PRACTICIDAD DE USO**

Muy práctico y fácil de implementar.

**VALORES ADICIONALES**

Es un modelo justo y no tiene un costo elevado en relación a los beneficios que aporta. La sociedad demanda modelos de tarificación que sean justos y preserven el medio ambiente.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

Depende del alcance temporal y espacial del contrato de la compra. Como cifra orientativa 1M€.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

0€

**AHORRO DE COSTES**

El ahorro de costes viene por la eliminación de los costes derivados de la depuración de agua residuales.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- [www.aquafides.org](http://www.aquafides.org)
- [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)
- [www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx](http://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx)



# 18. Evaluación del impacto social de las transformaciones con una gestión responsable de las inversiones en materia de planificación urbana.

## RETO

Evaluar el impacto social de las transformaciones que se producen en la ciudad está relacionado con una gestión responsable de las inversiones en materia de planificación urbana. Hasta la fecha, la obtención de datos previos y posteriores a la transformación urbana (encuestas, recopilación de datos in situ, etc.) suponía una gran coste económico y temporal.

Los datos generados por los usuarios de redes sociales permiten obtener, de primera mano, información que está relacionada con la percepción de los espacios urbanos y también con las preferencias y necesidades de los ciudadanos. Esta información puede ser analizada y monitorizada con el propósito de medir el impacto que tienen en la sociedad el desarrollo y la materialización de un proyecto o un plan.

## SOLUCIÓN

Esta propuesta ofrece soluciones integrales en cuanto a la monitorización del impacto que tiene el desarrollo y materialización de un proyecto, por ejemplo, de transformación del espacio público, dotación de un nuevo servicio urbano o la realización de un evento, así como, la evaluación de otro tipo de transformaciones que se producen de forma no planificada en la ciudad.

Las ventajas fundamentales que ofrece esta técnica son:

- Obtención de datos en un menor tiempo y a menor coste que a través de métodos tradicionales
- La información generada en estos espacios virtuales evidencia cuestiones difícilmente identificables por otros medios. Además, ha demostrado ser un buen indicador de la actividad, la percepción y las preferencias de los ciudadanos en diferentes situaciones.
- El material generado es fácilmente legible y permite la caracterización de modo sintético del impacto generado por una transformación urbana.

Por tanto, utilizar datos geolocalizados de redes sociales para evaluar el impacto social, físico y funcional producido por transformaciones urbanas planificadas u otros eventos que se producen permite caracterizar cuestiones como las que se enumeran a continuación:

- Cuál es la percepción social, opinión de los usuarios y de qué forma se percibe la transformación de la imagen urbana —Twitter e Instagram—
- Cambios en los patrones de presencia y actividad —Foursquare y Twitter—
- Modificaciones en la distribución espacial de la actividad económica y su repercusión en el uso del espacio urbano —Foursquare, Google Places e Instagram—

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Esta propuesta se encuentra en un nivel de madurez TRL 5 – Los componentes y los procesos se han puesto a prueba y se han validado de forma aislada en entornos relevantes

La metodología y la tecnología para la obtención de datos se ha desarrollado durante los últimos 6 años y tiene una muy alta fiabilidad, habiéndose probado para el análisis de diversas cuestiones en entorno real con éxito; la aplicación del método para la monitorización y evaluación del impacto de actuaciones todavía no alcanza un mayor nivel de madurez puesto que se ha probado de forma parcial en algunos estudios

La propuesta es escalable y puede aplicarse a diversos ámbitos y cuestiones que abarcan ámbitos que exceden este documento.

**CAPACIDADES**

Investigadores: Pablo Martí Ciriquián, Almudena Nolasco Cirugeda, Leticia Serrano Estrada, Clara García Mayor, Ángel López Romero.

Persona de contacto: Pablo Martí Ciriquián, Área de Urbanística y Ordenación del Territorio (Departamento de Edificación y Urbanismo) e Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante. Correo electrónico: pablo.marti@ua.es. Teléfono de contacto: 965903652

**REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN**

Todavía no se ha realizado una experiencia que evalúe todos los escenarios de la transformación y, por este motivo, no existen referencias de clientes. Sin embargo, sí se han realizado informes de este tipo de cuestiones en el escenario inicial previo a la redacción de un plan de activación comercial (PATECO – EDUSI Cigarreras - Alicante) y, también se ha probado la metodología en el entorno académico con muy buenos resultados (López Baeza, Serrano Estrada, Nolasco Cirugeda, 2016).

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

La solución propuesta permite observar las transformaciones urbanas y evaluar su impacto de una forma innovadora. Tanto los datos utilizados como la forma de analizarlos e interpretarlos son novedosos en materia de estudios urbanos. Por tanto, esta propuesta ofrece una nueva metodología que podría formar parte de procesos de evaluación en la inversión urbana de forma innovadora.

Además, existen muy pocas entidades consultoras en Europa que realicen este tipo de estudio con aplicabilidad real sobre el entorno urbano.

La tecnología es la base de la propuesta que da soporte a la solución. La propuesta incluye la utilización de un programa informático de elaboración propia SMUA —Social Media Urban Analyzer— capaz de consultar y descargar datos públicos de las API de Twitter, Foursquare, y Google Places. Otros datos muy útiles en la monitorización de transformaciones son los que se recopilan a través de la website de Instagram.

**PRACTICIDAD DE USO**

Los materiales y métodos están disponibles y siendo utilizados en la actualidad por lo que se necesitaría del orden de un mes para recuperar los datos de las API, y unos dos meses para realizar el análisis, interpretación y visualización de datos en un entorno urbano de unas 50 hectáreas. En la medida de lo posible, es preferible conocer la cuestión a monitorizar de antemano para facilitar la obtención de datos en el escenario inicial.

El material resultante (informes, gráficos, mapas, etc.) es descriptivo de los resultados obtenidos y podría difundirse tanto en ámbitos técnicos como en otros sectores.

**VALORES ADICIONALES**

Esta propuesta se enmarca en los planteamientos de la economía circular y, específicamente, como parte innovadora de los procesos de evaluación de impacto de actuaciones e intervenciones en el contexto urbano.

En el contexto económico, la propuesta pone en valor los datos agregados que las empresas de redes sociales proveen en abierto y que pueden utilizarse de acuerdo con el marco legal vigente. En este sentido se optimiza el capital tecnológico y la posibilidad de dimensionar el beneficio que supone una determinada intervención en el espacio urbano.

En el contexto social, el uso de este tipo de información respeta la propiedad intelectual y la anonimidad de los usuarios puesto que la interpretación de los datos de forma agregada permite obtener conclusiones que corresponden a la percepción del grupo sin evidenciar comportamientos o acciones singulares.

Tanto las técnicas de obtención de datos como su análisis e interpretación no suponen acción invasiva sobre el entorno físico desde el punto de vista medioambiental.

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de las distintas soluciones propuestas puede variar en función de la extensión del ámbito, complejidad de los datos, dimensión de la temática a evaluar o cantidad de información a monitorizar, entre otras cuestiones específicas.

Como ejemplo, podría estimarse un coste aproximado para un ámbito urbano de unas 50 hectáreas, para los siguientes trabajos:

- Recopilación y análisis cuantitativo de los datos, así como su geolocalización y visualización en el escenario anterior a la transformación – 6.000 Euros, más IVA.
- Recopilación y análisis cuantitativo de los datos, así como su geolocalización y visualización en el escenario posterior a la transformación – 9.000 Euros, más IVA.
- Informe detallado de la interpretación de los datos – 14.500 Euros, más IVA.
- Estudios específicos relacionados con la percepción social, transformación de la imagen urbana, nuevos patrones de presencia y actividad, así como sus implicaciones en la modificación de uso del espacio – 14500 Euros, más IVA.

Los resultados se entregan en un informe detallado que incluye su presentación.

## COSTE DE MANTENIMIENTO

No existe coste de mantenimiento puesto que los estudios se concretan en cuanto a temática, ámbito y periodo temporal de análisis.

## AHORRO DE COSTES

Aunque no se ofrece una cuantificación, la solución aportada ofrece un importante ahorro económico en cuanto a que los datos son de acceso libre y no es necesario realizar encuestas ni trabajos adicionales de toma de datos.

## ANEXOS Y REFERENCIAS

- López Baeza, J., Serrano-Estrada, L., & Nolasco-Cirugeda, A. (2016). *Percepción y uso social de una transformación urbana a través del social media. Las setas gigantes de la calle San Francisco*, [12] *Innovación e Investigación en Arquitectura y Territorio*, 4(2), 1-19. <http://doi.org/10.14198/i2.2016.5.03>.
- Martí, P., García-Mayor, C., & Serrano-Estrada, L. (2019). *Monitoring the pulse of renewed Spanish waterfront cities through Instasights*. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 14(04), 333-346. <https://doi.org/10.2495/sdp-v14-n4-333-346>.
- Mappingame City Lab - *Caracterización de los usos y dinámicas urbanas en el Plan de reactivación comercial EDUSI Las Cigarreras*. Alicante. <https://www.alicante.es/es/documentos/plan-reactivacion-comercial-marco-edusi-cigarreras-alicante>.
- Martí, P, Nolasco-Cirugeda, A., & Serrano-Estrada, L. (2017). *Urban economic activity through Google Places. Patterns and Morphologies of a tourist city*. En E. Marques da Costa, S. Morgado, & J. Cabral (Eds.), *AESOP Annual Congress. Abstracts Book*. (p. 280). Lisbon: Universidade de Lisboa. Recuperado de <http://aesop2017.pt/images/Congresso/proceedings/Book of Proceedings 20170926.pdf>
- Martí, Pablo, García-Mayor, C., & Serrano-Estrada, L. (2019). *Identifying opportunity places for urban regeneration through LBSNs*. *Cities*, 90(February), 191-206. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.02.001>
- Martí, Pablo, Serrano-Estrada, L., & Nolasco-Cirugeda, A. (2017). *Using locative social media and urban cartographies to identify and locate successful urban plazas*. *Cities*, 64, 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.02.007>
- Martí, Pablo, Serrano-Estrada, L., & Nolasco-Cirugeda, A. (2018). *Social Media data: Challenges, opportunities and limitations in urban studies*. *Computers, Environment and Urban Systems*, (September), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.11.001>
- Serrano-Estrada, L., Martí, P., Nolasco-Cirugeda, A., & Agryzkov, T. (2016). *Reading the social preferences of tourist destinations through social media data*. En 11th CTV. *Back to the sense of the city*. Krakow. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3698.5844>

# 19. Procesos de participación ciudadana eficaces que alcancen un alto nivel de implicación.

## RETO

Los procesos de participación ciudadana para valorar intervenciones urbanas en fase de diseño resultan fundamentales para la toma de decisiones en la planificación y gestión de la ciudad. La puesta en marcha de estos procesos está asociada a cuatro retos importantes:

- **Reto 1**- Atraer un nivel de participación adecuado en el que, especialmente, se impliquen los ciudadanos directamente afectados por la futura intervención.
- **Reto 2**- Motivar a los ciudadanos a desplazarse hacia el espacio físico donde se lleva a cabo el proceso de participación.
- **Reto 3**- Facilitar la comprensión de los proyectos de intervención para obtener opiniones y valoraciones más objetivas mediante representaciones gráficas que van más allá de los dibujos bidimensionales (planimetrías) o maquetas 3D.
- **Reto 4**- Agilizar los procesos de participación ciudadana, tanto de la fase de convocatoria y difusión como de la recogida, vaciado y procesamiento de los datos.

## SOLUCIÓN

Este proyecto promueve procesos de participación ciudadana eficaces que alcancen un alto nivel de implicación con el objetivo de poner en valor el carácter colectivo de las propuestas de intervención urbana. Para ello, se propone un proceso innovador de participación donde se integran los datos geolocalizados de redes sociales (RRSS), técnicas de gamificación y herramientas de realidad aumentada. El proceso innovador de participación ciudadana comprende, principalmente, tres estadios.

**Estadio 1 (Reto 1)** - Convocatoria de participación ciudadana a dos escalas: masiva y local.

Dependiendo del tipo de actuación, la convocatoria podrá realizarse a una o dos escalas: una convocatoria masiva, con difusión a través de redes sociales como Twitter o Facebook, o una convocatoria más local, dirigida a ciudadanos que pudieran estar directamente afectados por la actuación. En este último caso, a partir del análisis de datos de redes sociales como Foursquare y Google Places, que proporcionan información sobre la oferta y demanda de establecimientos y puntos de interés en torno al espacio a intervenir, se establece una delimitación geográfica del “ámbito de impacto” con el objeto de dirigir la convocatoria al público local (personas físicas y jurídicas) directamente afectado por la actuación.

**Estadio 2 (Retos 2 y 3)** - La experiencia del propio proceso como motivación principal para participar.

El juego y la realidad aumentada forman parte de la experiencia del proceso participativo innovador que se propone. Una aplicación móvil (app), diseñada con minijuegos “ad hoc”, permite, por una parte, motivar a los participantes a desplazarse hacia el lugar donde se llevan a cabo encuentros o eventos puntuales para dar a conocer información relevante sobre el proyecto de intervención y, por otra parte, facilitar la integración de cuestionarios y preguntas que se valoran mediante objetivos de juego, stickers y premios. Una vez en el ámbito de actuación, se puede visualizar el proyecto propuesto en el contexto del entorno existente por medio de un visor de realidad aumentada, permitiendo acercar o alejar los distintos elementos y detalles en él y entender su configuración espacial, promoviendo así una valoración más objetiva de la propuesta.

**Estadio 3 (Reto 4)** - Automatización de la recogida, volcado y análisis de opiniones y preferencias.

Una vez los usuarios han participado en los minijuegos y alcanzado diferentes metas (cuestionarios y preguntas), la información se recoge y centraliza de forma automática e inmediata. Asimismo, se generan estadísticas con las respuestas de valoración numérica, volcadas en gráficos de fácil comprensión que se comparten por medio de la aplicación a los participantes, de modo que también están al tanto de los resultados parciales y finales, haciéndolos partícipes de la evolución del proceso de participación.

#### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El proceso innovador de participación ciudadana se encuentra en el nivel de madurez tecnológica (TRL) 4. Los estadios del proceso y sus respectivos componentes tecnológicos (redes sociales, gamificación y realidad aumentada) ya se han puesto en marcha de manera aislada. Por un lado, la red social Twitter y el análisis de datos geolocalizados de Foursquare y Google Places, respectivamente, han demostrado ser eficaces para realizar convocatorias masivas y para identificar “ámbitos de impacto” a escala local, respectivamente. Por otro lado, ya existen experiencias previas con el desarrollo de aplicaciones “ad hoc” basadas en gamificación y realidad aumentada que recogen la opinión, valoración y preferencias sobre ciertos espacios en la ciudad.

Esta propuesta es escalable, pudiéndose aplicar en ámbitos urbanos de distinta índole, por lo que es posible estudiar cuestiones y escalas no explicitadas en este documento.

#### CAPACIDADES

**Investigadores:** Pablo Martí Ciriquián, Leticia Serrano Estrada, Gersón Beltrán López, Almudena Nolasco Cirugeda, Clara García Mayor, Ángel López Romero.

**Persona de contacto:** Pablo Martí Ciriquián, Área de Urbanística y Ordenación del Territorio (Departamento de Edificación y Urbanismo) e Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante.

**Correo electrónico:** pablo.marti@ua.es. Teléfono de contacto: 965903652

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

El proceso aún no se ha implantado en su totalidad y, por tanto, no existen todavía referencias de clientes, sin embargo, experiencias previas han demostrado la fiabilidad de los procesos de manera aislada. Por ejemplo, se han realizado informes a partir de los datos de las redes sociales Twitter, Foursquare, Google Places, Airbnb e Instagram para clientes como: la Oficina de Comercio y Territorio (PATECO), City Science Lab – Hafencity University Hamburg (Alemania) y, la empresa Comunica la Ciudad (México). Asimismo, la empresa Play&Go ha desarrollado diversas aplicaciones “ad hoc” con tecnologías de gamificación y realidad aumentada para conocer la opinión ciudadana en el ámbito de los destinos turísticos (Peñíscola Live the Game, Gandía Tour&Play, Territorio Borgia, Ferrol de la Ilustración, Alto Turia, etc.) en fiestas de interés turístico (Fallas de València, Fira de Tots Sants de Cocentaina, la Tomatina, Aste Nagusia de Bilbao, etc.), en ferias y congresos (ferias del Automóvil, EUCNC 2019), en marcas (Grefuheroes de Grefusa) o en proyectos de innovación social y sostenibilidad (Trails for Peace y Alter Eco Valencia).

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

El aspecto más innovador de este proyecto es la integración de diversas herramientas tecnológicas para dinamizar y enriquecer la experiencia ciudadana durante todas las fases que intervienen en los procesos de participación para la toma de decisiones sobre actuaciones urbanas en fase de proyecto. A diferencia de los procesos tradicionales, el uso de redes sociales para convocatorias más dirigidas, el juego y la visión directa de un entorno físico combinado con elementos virtuales (realidad aumentada en tiempo real) facilita el entendimiento de los proyectos y, por tanto, proporciona una participación más atractiva.

#### PRACTICIDAD DE USO

La aplicación o plataforma tecnológica que se desarrolla para este fin dispone de una interfaz intuitiva y accesible a todo el público que puede instalarse en móviles inteligentes (smartphones). El usuario tiene la posibilidad de participar en los minijuegos, de visualizar el proyecto en fase de diseño en realidad aumentada, simulada sobre la realidad física existente, y de observar, en tiempo real, el progreso de los resultados globales, promoviendo así un proceso de participación abierto y transparente.

**VALORES  
ADICIONALES**

Este proyecto participa de la filosofía de economía circular, pero aplicado a un proceso de participación. Ello implica que los ciudadanos se convierten en sujeto y a la vez en objeto de la acción a través de su dispositivo móvil: consumen la información en el espacio urbano y, al interactuar con la aplicación, producen información en forma de acciones y valoraciones sobre este espacio. Además, los estímulos pueden ser emocionales, en forma de logros que fomentan la competitividad sana, consiguiendo premios y regalos ofrecidos por los comercios locales que, a su vez, deben ser adquiridos en el sitio, fomentando así el consumo local. De este modo, se genera un sistema circular en el cual la información y los premios revierten en los propios espacios y establecimientos del entorno, promoviendo el desarrollo sostenible a escala local a través de tres vertientes:

**Económica:** el proceso de participación ciudadana que se propone tiene un alto grado de automatismo, aprovechando el capital tecnológico e intelectual disponible en la actualidad. Por tanto, se optimiza en recursos humanos y materiales. Los juegos, cuestionarios y, en general, la comunicación con los participantes es ágil y asíncrona, permitiendo participar desde cualquier lugar. Todo esto mientras que la recogida de datos, opinión, preferencias y el volcado e interpretación de la información se realiza de forma automatizada.

**Social:** la propuesta pretende fomentar una participación ciudadana inclusiva y transparente, garantizando la igualdad de oportunidades para expresar opinión y preferencias ciudadanas para la toma de decisiones frente a los proyectos urbanos. En este sentido, la propuesta facilita la participación de la población local que reside fuera y que remotamente puede manifestar sus preferencias y, a diferencia de los procesos tradicionales de participación ciudadana donde se excluye al público menor de edad (menores de 16 años), este proceso, en el que interviene el juego y la realidad aumentada, fomenta la inclusión de la sociedad de todas las edades en la toma de decisiones.

**Medioambiental:** la aplicación móvil se diseña a medida para cada una de las propuestas de proyecto sobre las que se busca opinión y preferencias, pudiéndose incorporar una serie de minijuegos que sensibilicen a los usuarios sobre determinados aspectos (por ejemplo, medioambientales) de una forma lúdica y no intrusiva.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

El coste de la puesta en marcha de un proceso de participación ciudadana, por ejemplo, para conocer la opinión y preferencias ciudadanas sobre proyectos en fase de diseño para una plaza urbana rondaría, aproximadamente, los 50.000 € + IVA.

**Estadio 1:** Convocatoria masiva o local —la definición de un “ámbito de impacto”—, 15.000 € + IVA.

**Estadios 2 y 3:** Desarrollo de una aplicación a medida con tecnologías de gamificación y realidad aumentada, 35.000 € + IVA.

Estos precios variarán a medida que se definan tanto la cantidad y tipología de maquetas en 3D que van a generarse, como las acciones de marketing para dar a conocer el proyecto y la aplicación móvil.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

Para este proyecto el coste de mantenimiento es prácticamente nulo, puesto que se trata de un proceso que comienza y termina en una franja temporal acotada.

**AHORRO  
DE COSTES**

La convocatoria online puede dirigirse a un público muy específico o hacerse de forma masiva en muy poco tiempo, agilizando significativamente la puesta en marcha del proceso. Asimismo, los usuarios pueden interactuar con los minijuegos, expresar su opinión y preferencias y responder a las preguntas de forma asíncrona, así como acudir al espacio donde se expone la propuesta de proyecto en cualquier momento para visualizarla en realidad aumentada mediante un visor en su propio dispositivo. Es decir, este proceso supone un ahorro de coste tanto económico como de tiempo frente a otros procesos participativos, donde gran parte de la inversión se destina a recursos humanos que difunden y publicitan la convocatoria a pie de calle o que deben permanecer en el espacio físico donde se lleva a cabo la recolección de opiniones y preferencias por un periodo de tiempo suficiente para obtener una muestra representativa de resultados, sin contar, además, con el tiempo de vaciado e interpretación de resultados.

• VALORES ADICIONALES

Los ciudadanos se convierten en sujeto y a la vez en objeto de la acción a través de su dispositivo móvil: consumen la información en el espacio urbano y, al interactuar con la aplicación, producen información en forma de acciones y valoraciones sobre este espacio.

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

- *Las redes sociales presentan una oportunidad dual. Por una parte, ya se han consolidado como espacios públicos virtuales, altavoz de la ciudadanía, con gran capacidad de convocatoria, organización y participación ciudadana [1,2] y, por otra parte, en investigaciones recientes se ha demostrado que sus datos, generados y compartidos de manera desinteresada por los usuarios, permiten identificar patrones de concentración de actividad y ámbitos de interés en la ciudad [3,4]. La gamificación y la realidad aumentada en aplicaciones móviles son técnicas inmersivas que se ha venido explorando desde hace unos años para facilitar los procesos de participación ciudadana y para conocer la opinión y percepción sobre un determinado evento o espacio de la ciudad. La empresa española Play&Go [5], por ejemplo, desarrolla estas técnicas para facilitar la valoración y opiniones sobre espacios y eventos, mismos que se recogen y analizan de manera automatizada.*
- 1. López GB. Geolocalización y redes sociales. Un mundo social, local y móvil. España: Bubok; 2012. <http://www.bubok.es/libros/217103/Geolocalizacion-y-Redes-Sociales>
- 2. Beltrán López G. Geolocalización online. La importancia del dónde. Editorial UOC; 2016. [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=5FLeDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=instasight&ots=ARYh83BlyM&sig=G-q8TBOhIOLbOFj6m\\_hUq7PEMQhA#v=onepage&q=instasights&f=false](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=5FLeDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=instasight&ots=ARYh83BlyM&sig=G-q8TBOhIOLbOFj6m_hUq7PEMQhA#v=onepage&q=instasights&f=false)
- 3. Martí P, Serrano-Estrada L, Nolasco-Cirugeda A. Social Media data: Challenges, opportunities and limitations in urban studies. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2019;74:161-74. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2018.11.001>
- 4. Martí P, García-Mayor C, Serrano-Estrada L. Identifying opportunity places for urban regeneration through LBSNs. *Cities*, 2019;90:191-206. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264275118312940>
- 5. Play&Go experience. Transforma tu proyecto en una aventura. 2019; <https://playgoxp.com/>
- 6. Área de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Alicante. Grupo de Investigación Mappingame City Lab. 2019; <http://www.mappingame.com>
- 7. Mappingame City Lab. Caracterización de los usos y dinámicas urbanas en el Plan de reactivación comercial EDUSI Las Cigarreras. Alicante. <https://www.alicante.es/es/documentos/plan-reactivacion-comercial-marco-edusi-cigarreras-alicante>



## 20. Toma de decisiones para la inversión en espacios urbanos degradados y en desuso.

### RETO

La toma de decisiones para la inversión en espacios urbanos degradados y en desuso está asociada a cuatro retos importantes:

- **Reto 1-** Realizar un diagnóstico sobre el estado actual de los espacios públicos, sobre todo desde el punto de vista de la actividad urbana, supone dedicar considerables cantidades de tiempo y recursos humanos para la recogida de datos, observación in situ, mediciones, encuestas, etc.
- **Reto 2-** Priorizar las actuaciones para que la inversión inicial se ejecuten aquellas que produzcan un mayor impacto en las dinámicas sociales del ámbito.
- **Reto 3-** Realizar una prueba piloto previa a la transformación definitiva, útil para comprobar el efecto de una estrategia de dinamización urbana.
- **Reto 4-** Realizar un diagnóstico del ámbito antes y después de implementar acciones de dinamización urbanas, transitorias o definitivas, para evaluar y dar seguimiento progresivo a su impacto.

### SOLUCIÓN

Este proyecto atiende a los retos anteriores, a partir de la combinación de tres tipos de herramientas tecnológicas: los datos provenientes de las redes sociales, el uso de dinámicas de juego en el entorno virtual (gamificación) y la realidad aumentada. La propuesta consta de tres fases:

**Fase 1 (Retos 1 y 2)** Diagnóstico e identificación de los espacios urbanos a priorizar a partir del análisis de datos de redes sociales.

Dadas sus características y tratándose de contenidos generados y compartidos de primera mano por los usuarios, los datos de las redes sociales Foursquare, Google Places y Twitter se utilizan como información para realizar un diagnóstico de la actividad urbana del ámbito antes de la intervención. Estos datos se extraen utilizando un programa informático (SMUA- Social Media Urban Analyser) y se analizan primero a modo de capas de información independiente y después de manera conjunta. Precisamente, la superposición de estas capas de información revela patrones espaciotemporales y grados de intensidad de actividad o inactividad urbana y, por tanto, permite identificar espacios potenciales para la dinamización.

**Fase 2 (Reto 3)** Dinamización de espacios urbanos a partir de herramientas de gamificación digital y realidad aumentada.

A partir del diagnóstico e identificación de espacios potenciales para la dinamización se desarrolla una dinámica urbana gamificada a través de una aplicación móvil (app). Se trata de identificar aquellos puntos de interés (POIs) en las zonas que se pretende revitalizar, para posteriormente generar una gymkhana en la que se asocien misiones a dichos puntos con una serie de minijuegos a superar; por ejemplo, juegos de realidad aumentada, visualización de imágenes 360°, selfies, contestar preguntas, recolección de stickers, etc.

Los estímulos que motivarán a los ciudadanos a desplazarse por dichos espacios serán emocionales para conseguir premios que pueden ser virtuales (trofeos, por ejemplo, a los usuarios más activos, a los que visiten distintos puntos, recorran una distancia mayor o a los que participen en una mayor cantidad de minijuegos), o materiales (se entregan, por ejemplo, en el comercio de barrio, de manera que la gente acuda al mismo a recoger este premio y sirva como reclamo para fomentar el conocimiento y consumo a escala local). Además, los usuarios deben realizar dichas misiones andando, de modo que se fomenta la movilidad sostenible.



Todas las acciones pueden ser medidas, de manera que se generan datos (debidamente anonimizados y adaptados a la legislación de protección de datos), entre ellos los relativos a la localización, ya que en cada punto de interés se debe hacer un registro de presencia (check-in).

**Fase 3 (Reto 4)** Finalmente, se comparan los resultados del diagnóstico inicial realizado a partir de los datos de redes sociales con los resultados de las dinámicas de gamificación, de modo que se evalúe el impacto de las acciones transitorias sobre el territorio y sirva para planificación y puesta en marcha de intervenciones definitivas que permitan la reactivación de espacios urbanos en desuso o deterioro.

#### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El nivel de madurez estimado de este proyecto es TRL 5. Los componentes tecnológicos y los procesos en los que interviene cada uno se han puesto a prueba y validado de manera aislada en entornos relevantes. En este sentido, se han realizado diagnósticos de actividad urbana en ámbitos a escala de barrio a partir de la extracción y análisis de datos de las redes sociales Foursquare, Google Places y Twitter y se han diseñado e implementado aplicaciones que utilizan tecnologías de gamificación para incentivar a las personas a desplazarse o visitar ciertos lugares y así transformar las dinámicas sociales de esos ámbitos. Esta propuesta es escalable, pudiéndose aplicar en ámbitos urbanos de distinta índole, por lo que es posible abordar cuestiones y escalas no explicitadas en este documento.

#### CAPACIDADES

**Investigadores:** Pablo Martí Ciriqián, Leticia Serrano Estrada, Gersón Beltrán López, Almudena Nolasco Cirugeda, Clara García Mayor, Ángel López Romero.

**Persona de contacto:** Pablo Martí Ciriqián, Área de Urbanística y Ordenación del Territorio (Departamento de Edificación y Urbanismo) e Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante.

**Correo electrónico:** pablo.marti@ua.es. Teléfono: 965903652.

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

Esta estrategia de dinamización de espacios urbanos, con todos sus componentes, aún no se ha implantado y, por tanto, no existen todavía referencias de clientes. Sin embargo, se han elaborado diagnósticos de actividad urbana a partir de los datos de las redes sociales Twitter, Foursquare, Google Places, Airbnb e Instagram para clientes como: la Oficina de Comercio y Territorio (PATECO), City Science Lab – Hafencity University Hamburg (Alemania) y, la empresa Comunica la Ciudad (México). Asimismo, la empresa Play&Go ha desarrollado diversas aplicaciones “ad hoc” con tecnologías de gamificación y realidad aumentada para conocer la opinión ciudadana en el ámbito de los destinos turísticos (Peñíscola Live the Game, Gandia Tour&Play, Territorio Borgia, Ferrol de la Ilustración, Alto Turia, etc) en fiestas de interés turístico (Fallas de València, Fira de Tots Sants de Cocentaina, la Tomatina, Aste Nagusia de Bilbao, etc), en ferias y congresos (ferias del Automóvil, EUCNC 2019), en marcas (Grefuheros de Grefusa) o en proyectos de innovación social y sostenibilidad (Trails for Peace y Alter Eco Valencia).

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La principal innovación de esta propuesta consiste, por una parte, en la integración de cuatro tipos de tecnología (los datos provenientes de redes sociales, la gamificación, la geolocalización y la realidad aumentada) para proporcionar una experiencia novedosa del entorno urbano y, por otra parte, en el uso de técnicas de visualización con mapas en dos y tres dimensiones, realidad aumentada, imágenes 360°, así como el uso de la inteligencia artificial y el geomarketing para generar las dinámicas de juego y analizar los datos a posteriori.

#### PRACTICIDAD DE USO

El análisis de las redes sociales y las dinámicas de gamificación explicitan el comportamiento ciudadano sobre un espacio urbano concreto y actúan sobre éste de forma directa, fomentando la movilidad sostenible en el territorio y midiendo el efecto transformador de estas dinámicas. Por tanto, la puesta en marcha de este proyecto supondrá un aprendizaje directo en función del impacto que provoque y ofrecerá datos objetivos que permitan medir el resultado, mejorar su eficiencia y ayudar en la toma de decisiones para intervenciones urbanas.

#### VALORES ADICIONALES

La herramienta utilizada es una aplicación que fomenta el desarrollo sostenible, entendido como un desarrollo equilibrado en todas sus dimensiones: medioambiental, social, económico y participativo. Por ello, participa de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fruto del acuerdo alcanzado por los Estados Miembros de las Naciones Unidas, como, por ejemplo:

**Objetivo 8:** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. La propuesta promueve el desarrollo de la economía local, lo que impacta directamente sobre el empleo. Por ejemplo, los premios de los juegos pueden ser materiales y entregarse en comercios de barrio, de manera que los usuarios acudan al mismo a recogerlo y sirva como reclamo para fomentar el conocimiento y consumo a escala local.

**Objetivo 9:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. El proyecto tiene un claro componente de innovación continua y se enmarca en las industrias creativas y tecnológicas vinculadas a aspectos como la gamificación, la geolocalización y la realidad aumentada.

**Objetivo 11:** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. La propuesta promueve la movilidad sostenible en la ciudad, motivando a los usuarios a desplazarse a pie para visitar los distintos puntos de interés, permitiendo descentralizar puntos masificados (centros turísticos, por ejemplo).

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El proyecto de dinamización de espacios urbanos para un área de 25 hectáreas tiene un coste aproximado de:

**Fase 1:** 15.000 € + IVA

**Fase 2:** La aplicación móvil personalizada de gamificación tiene un coste base de 25.000 € + IVA. La variación de precios en esta fase dependerá, sobre todo, de la complejidad de los modelos en 3D y/o la introducción de tecnologías adicionales, como la realidad aumentada.

**Fase 3:** 25.000 € + IVA

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

Los informes de evaluación y seguimiento, posteriores a las actuaciones de dinamización, tienen un coste de 14.500 € + IVA, cada uno.

El coste de mantenimiento de la aplicación móvil puede ser de dos tipos: un mantenimiento estructural mínimo (que funcione en cualquier dispositivo con normalidad) y un mantenimiento funcional correctivo (necesario cuando se introduzcan mejoras en la aplicación).

- **Mantenimiento mínimo:** 1.200 €/año (incluye el servicio de atención de incidencias y el alojamiento necesario, corrección de incidencias y modificaciones menores).

- **Mantenimiento correctivo:** 3.600 €/año (incluye modificaciones en los Puntos de Interés, minijuegos y dinámicas que no superen el 15% del total de misiones del juego).

#### AHORRO DE COSTES

El ahorro de costes se produce, fundamentalmente, en la eficacia de los procesos de recogida, tratamiento y análisis de datos relacionados con la actividad urbana y preferencias ciudadanas en espacios públicos. Concretamente, la propuesta dispone de dos fuentes complementarias: por un lado, los datos generados por los usuarios de redes sociales y, por otro lado, la información específica obtenida a partir de la interacción de las personas con la aplicación móvil de gamificación.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

Aunque en el contexto de la planificación urbana en España este tipo de acciones aún está en estado incipiente de implementación, en el ámbito de la investigación científica se ha demostrado la pertinencia de adoptar metodologías que utilizan las redes sociales geolocalizadas como fuente de información 1-3 para el diagnóstico de la actividad social en espacios públicos y la identificación de espacios clave para priorizar intervenciones de dinamización urbana 4-6.

· VALORES ADICIONALES

## Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

Sin embargo, la gamificación, como potente herramienta para fomentar la visita a puntos de interés específicos y el desplazamiento por ciertos espacios de la ciudad, ya se viene utilizando en diversos ámbitos como el del turismo, con el propósito de crear experiencias innovadoras y para tener un control directo sobre el número de personas que hacen registros (check-ins) o que interactúan con el juego mientras están en un espacio determinado. Un ejemplo de empresas que desarrollan este tipo de aplicaciones en la Comunitat Valenciana es Play&go experience 7 que nace a partir de la propuesta de llevar dinámicas tan exitosas como Pokémon Go a entornos serios (gamificación).

- 1. Beltrán López G. *Geolocalización online. La importancia del dónde*. Editorial UOC, 2016.
- 2. Beltrán López G. *La geolocalización social*. *Polígonos: Revista de Geografía*, 2015; 27: 97-118.
- 3. López GB. *Geolocalización y redes sociales. Un mundo social, local y móvil*. España: Bubok, 2012.
- 4. Martí P, Serrano-Estrada L, Nolasco-Cirugeda A. *Using locative social media and urban cartographies to identify and locate successful urban plazas*. *Cities*, 2017; 64: 66-78.
- 5. Martí P, García-mayor C, Serrano-estrada L. *Monitoring the pulse of renewed Spanish waterfront cities through Instasights*. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 2019; 14: 333-346.
- 6. Martí P, Serrano-Estrada L, Nolasco-Cirugeda A. *Social Media data: Challenges, opportunities and limitations in urban studies*. *Computers, Environment and Urban Systems* 2019; 74: 161-174.
- 7. *Play&Go experience. Transforma tu proyecto en una aventura*, <https://playgoxp.com/> (2019).
- 8. Área de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Alicante. Grupo de Investigación Mappingame City Lab. 2019; <http://www.mappingame.com>
- 9. Mappingame City Lab. *Caracterización de los usos y dinámicas urbanas en el Plan de reactivación comercial EDUSI Las Cigarreras*. Alicante. <https://www.alicante.es/es/documentos/plan-reactivacion-comercial-marco-edusi-cigarreras-alicante>

# 21. Soluciones integrales en cuanto al asesoramiento sobre la elaboración de planes y proyectos urbanos.

## RETO

Considerar la actividad real de los ciudadanos, sus preferencias, o su percepción de los espacios urbanos en la toma de decisiones sobre el diseño de la ciudad incide en una planificación urbanística más adecuada y adaptada a la realidad.

Habitualmente, los trabajos para conocer este tipo de datos implican no solo costosas inversiones de tiempo y dinero en cuanto a la recogida de datos (encuestas específicas u observación in situ) y la realización un diagnóstico acertado. Sin embargo, obtener e interpretar los datos que los usuarios generan de forma masiva en redes sociales permite entender dinámicas urbanas y otras inquietudes ciudadanas que pueden atenderse desde la Planificación urbana y los proyectos de intervención en la ciudad.

Conocer e interpretar esta información asesora y facilita la toma de decisiones en el marco de la planificación y regeneración de la ciudad, al considerar las actividades, preferencias, necesidades, patrones de uso e interés de los ciudadanos y consiguiendo, por tanto, proyectos e intervenciones más ajustados a las dinámicas reales que se producen en la ciudad.

## SOLUCIÓN

Esta propuesta ofrece soluciones integrales en cuanto al asesoramiento sobre la elaboración de planes y proyectos urbanos, así como el diagnóstico de problemáticas en entornos urbanos previo al diseño de un plan de acción. Las técnicas desarrolladas utilizan la información generada por los usuarios de las redes sociales para identificar preferencias, patrones y necesidades de los ciudadanos, entre otras cuestiones, que pueden tenerse en cuenta en los planes y proyectos urbanísticos.

Las ventajas fundamentales que ofrece esta técnica son:

- Obtener datos en un menor tiempo y a menor coste que a través de métodos tradicionales
- Evidenciar cuestiones difícilmente identificables por otros medios y con otro tipo de datos a través de la información geolocalizada generada en espacios virtuales tales como las redes sociales. Este tipo de información ha demostrado ser buen indicador de la actividad, la percepción y las preferencias de los ciudadanos en diferentes situaciones.

Por tanto, la metodología elaborada permite desarrollar estudios como:

- Estudio de densidad, diversidad y complejidad urbana de actividades económicas —según actividades económicas registradas en Google Places—
- Identificación de áreas especializadas y clústeres económicos.
- Identificación de ejes urbanos potenciales para el alojamiento de la actividad comercial —Google Places, Twitter y Foursquare—.
- Preferencias sobre los distintos espacios urbanos y actividades comerciales —Foursquare—
- Estudio de concentración y patrones de localización de alojamiento temporal reglado y no reglado —Airbnb— incluyendo detalle de tipos y categorías
- Identificación de dinámicas sociales, usos y actividades en el espacio urbano —Foursquare, Twitter e Instagram—.
- Patrones de presencia de usuarios y estacionalidad en el uso de áreas urbanas —Twitter—.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Esta propuesta se encuentra en un nivel de madurez TRL 9 – sistema probado con éxito en entorno real.

La tecnología utilizada para la extracción de datos está desarrollada y ha resultado operativa en todos los casos en los que se ha probado.

Además, las metodologías de análisis e interpretación de los datos se han aplicado con éxito tanto en diversos entornos reales como con fines académicos y de investigación durante los últimos 6 años, por lo que puede considerarse que se ha alcanzado un adecuado nivel de desarrollo y la aplicación de la propuesta es muy fiable en casos similares a los que se han desarrollado hasta la fecha.

Aún así, la propuesta es escalable y puede aplicarse en ámbitos diferentes, por lo que es posible estudiar cuestiones y escalas no explicitadas en este documento.

#### CAPACIDADES

**Investigadores:** Pablo Martí Ciriquián, Almudena Nolasco Cirugeda, Leticia Serrano Estrada, Clara García Mayor, Ángel López Romero.

**Persona de contacto:** Pablo Martí Ciriquián, Área de Urbanística y Ordenación del Territorio (Departamento de Edificación y Urbanismo) e Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. Universidad de Alicante.

**Correo electrónico:** pablo.marti@ua.es. Teléfono de contacto: 965903652.

#### REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- **Ref. 1:** Oficina de Comercio y Territorio (PATECO) - Estudio y la caracterización de fenómenos urbanos relacionados con el uso, la percepción y la actividad económica en el área de la EDUSI Alicante “Área Las Cigarreras” a partir de datos geolocalizados de Redes Sociales.
- **Ref. 2:** City Science Lab – Hafencity University Hamburg (Alemania) – Domplatz through Location-based social media data.
- **Ref. 3:** Comunica la Ciudad – Guadalupe (México) – Informe relativo al estudio y la caracterización de dinámicas sociales y fenómenos urbanos relacionados con el uso y la percepción del espacio público urbano de Guadalupe (México).

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

La solución propuesta supone una forma de comprender las dinámicas urbanas totalmente nueva. Tanto los datos utilizados como la forma de analizarlos e interpretarlos son novedosos en materia de estudios urbanos y el resultado obtenido es una visión innovadora de las dinámicas que acontecen en la ciudad. Además, existen muy pocas consultoras en Europa que realicen este tipo de estudio con aplicabilidad real sobre el espacio urbano.

La tecnología es la base de la propuesta que da soporte a la solución. La propuesta incluye la utilización de un programa de elaboración propia SMUA—*Social Media Urban Analyzer*— capaz de consultar y descargar datos públicos de las API de Twitter, Foursquare, y Google Places. Otros datos utilizados para los distintos estudios se recopilan a través de la *website* —Instagram— o *webscraping* —Airbnb—.

#### PRACTICIDAD DE USO

Resulta conveniente y ventajosa la gran rapidez de difusión de resultados que permiten los materiales elaborados. Además, dado que los materiales y métodos están actualizados y disponibles en la actualidad, se necesitaría del orden de un mes para la obtención de datos, y en torno a dos meses para la realización de un análisis básico de un entorno de unas 50 hectáreas, incluyendo una interpretación inicial y visualización de los datos procesados.

El material resultante (informes, gráficos, mapas, etc.) es muy descriptivo de los resultados obtenidos y podría utilizarse no sólo para la difusión de la información en ámbitos técnicos sino también a otros sectores.

#### VALORES ADICIONALES

Esta propuesta se enmarca en el planteamiento de la economía circular contribuyendo de forma innovadora a los procesos de planificación urbana y asesorando la toma de decisiones en la elaboración de estrategias para la intervención en el contexto urbano.

La metodología elaborada pone en valor la información contenida en redes sociales que expresa cuestiones de índole social, perceptual y funcional, entre otras, y las aprovecha para facilitar el complejo proceso de planificación y diseño del desarrollo urbano.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de las distintas soluciones propuestas puede variar en función de la extensión del ámbito o cantidad de información a analizar, entre otras cuestiones específicas.

Como ejemplo, para un ámbito urbano de unas 50 hectáreas, podrían estimarse para las siguientes fases el coste aproximado de:

#### FASE 1

- Recopilación, verificación, filtrado operativo y análisis cuantitativo de los datos, así como su geolocalización y visualización para el análisis cualitativo – 6.000 Euros, más IVA.
- Informe detallado de la interpretación de los datos para el estudio de una cuestión específica (como pueden ser los ejemplos descritos en el apartado 2) – 9.000 Euros, más IVA.

#### FASE 2

- Elaboración y descripción de posibles líneas estratégicas de intervención o propuestas de acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico – 14.500 Euros, más IVA.

El trabajo se entrega en un informe detallado e incluye su presentación.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

No existe coste de mantenimiento puesto que los estudios se concretan en cuanto a temática, ámbito y periodo temporal de análisis.

Estudios complementarios o trabajos adicionales requerirán de la elaboración de un nuevo presupuesto.

### AHORRO DE COSTES

Aunque no se ofrece una cuantificación, la solución aportada ofrece un importante ahorro económico en cuanto a la obtención de datos que son de acceso libre y no implican el encargo adicional de encuestas u otros trabajos de toma de datos.

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Mappingame City Lab - Caracterización de los usos y dinámicas urbanas en el Plan de reactivación comercial EDUSI Las Cigarreras*. Alicante. <https://www.alicante.es/es/documentos/plan-reactivacion-comercial-marco-edusi-cigarreras-alicante>.
- Martí, P, Nolasco-Cirugeda, A., & Serrano-Estrada, L. (2017). Urban economic activity through Google Places. Patterns and Morphologies of a tourist city. En E. Marques da Costa, S. Morgado, & J. Cabral (Eds.), AESOP Annual Congress. Abstracts Book. (p. 280). Lisbon: Universidade de Lisboa. Recuperado de <http://aesop2017.pt/images/Congresso/proceedings/Book of Proceedings 20170926.pdf>.
- Martí, Pablo, García-Mayor, C., & Serrano-Estrada, L. (2019). Identifying opportunity places for urban regeneration through LBSNs. *Cities*, 90(February), 191-206. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.02.001>.
- Martí, Pablo, Serrano-Estrada, L., & Nolasco-Cirugeda, A. (2017). Using locative social media and urban cartographies to identify and locate successful urban plazas. *Cities*, 64, 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.02.007>.
- Martí, Pablo, Serrano-Estrada, L., & Nolasco-Cirugeda, A. (2018). Social Media data: Challenges, opportunities and limitations in urban studies. *Computers, Environment and Urban Systems*, (September), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2018.11.001>.
- Serrano-Estrada, L., Martí, P., Nolasco-Cirugeda, A., & Agryzkov, T. (2016). Reading the social preferences of tourist destinations through social media data. En 11th CTV. Back to the sense of the city. Krakow. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3698.5844>.

## 22. Herramientas fiscales del ámbito local con tributación diferenciada en función de la zona del inmueble.

### RETO

Ocupación del territorio insostenible con motivo de la edificación por medio de patrones poco eficientes para la prestación de servicios públicos urbanos (al favorecer un desarrollo urbano en baja densidad, alejado de los núcleos urbanos y sin mezcla de usos), o bien por ocupar zonas con importante grado de exposición a los riesgos naturales o fenómenos meteorológicos extremos. La *smart city* no se fundamenta tan solo en soluciones de base tecnológica, sino también en aplicar los conceptos fundamentales del *smart growth*, es decir, favoreciendo una ocupación racional del territorio considerando el equilibrio oportuno entre las economías de escala para la prestación de servicios públicos locales y evitar la sobredensificación o la afección de zonas susceptibles de ser dañadas ante riesgos naturales. Actualmente, son los mecanismos de planificación urbana y de disciplina urbanística aquellos con capacidad de modificar los tejidos urbanos.

### SOLUCIÓN

Se plantea la aplicación de herramientas fiscales del ámbito local, aunque homogeneizadas a una escala más amplia (por ejemplo, regional, para evitar que los efectos negativos se propaguen de unos municipios a otros), con el objetivo de implantar una tributación diferenciada (considerando los diferentes tributos municipales) en función de la zona en la cual se ubique un determinado inmueble: un inmueble pagará más por su tributación local si se localiza en un área considerada insostenible desde el punto de vista de la ocupación racional del territorio. Los indicadores que determinen la aplicación de unos tributos más elevados o reducidos pueden calcularse a partir de diferentes metodologías o combinándolas: bien a través de sistemas de información geográfica, o a partir de datos procedentes de las redes de abastecimiento (densidad de puntos de toma) o saneamiento (avenidas).

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

TRL 6. Idea para su implantación real: lo ideal es que sea de modo progresivo y generalizado en una escala regional, para evitar competencia intermunicipal. Algunos municipios (entorno relevante) han aplicado este sistema de tributación diferenciada, por ejemplo, para penalizar zonas de baja densidad residencial o de segundas residencias. Además, algunos trabajos han tratado la cuestión teórica y sus fundamentos, aunque falta por establecer una metodología objetiva que sea posible aplicar en un ámbito territorial más extenso y de modo homogéneo, ya que, actualmente, cada municipio establece sus tributos locales a través de sus ordenanzas. En Suma Gestión Tributaria de Alicante ya se llevó a cabo un proyecto de homogeneización de la tasa por la recogida de residuos sólidos urbanos, aunque sin utilizar herramientas de diferenciación tributaria en función de la ubicación de los bienes inmuebles.

### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana): Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante (IUACA) y Suma Gestión Tributaria, Diputación de Alicante.

**Investigadora:** Patricia Fernández Aracil (patricia@ua.es).

### VALORES DE LA INNOVACIÓN

Sería el primer caso de aplicación de *smart taxes* enfocadas en el desarrollo sostenible.

### PRACTICIDAD DE USO

Se favorece la planificación urbana eficiente para trasponer así esa eficiencia a la prestación de servicios públicos urbanos.

### VALORES ADICIONALES

A largo plazo, se minimizan los impactos ambientales negativos de los desarrollos urbanos poco controlados y se van reduciendo progresivamente los sobrecostes que estos generan a las arcas municipales.

SOLUCIÓN

Un inmueble pagará más por su tributación local si se localiza en un área considerada insostenible desde el punto de vista de la ocupación racional del territorio

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

Estudio técnico previo de asesoramiento y consultoría para plasmar la metodología general de cálculo de los tipos impositivos y las tasas correspondientes a los diferentes tributos locales, así como los indicadores precisos para estructurar los objetos tributarios: 50.000 € - 80.000 €.

Creación del software de cálculo de los indicadores que estructurarán y determinarán las diferencias entre los objetos tributarios: **30.000 € - 50.000 €**.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

Mantenimiento y actualización del software de cálculo de los indicadores que estructurarán y determinarán las diferencias entre los objetos tributarios: **15.000 €/anuales**.

**AHORRO DE COSTES**

Ahorros en los costes de mantenimiento de los servicios públicos locales, que pueden emplearse en la adaptación del suelo ya ocupado de forma poco eficiente.

**ANEXOS Y REFERENCIAS**

- Fernández-Aracil, P. y Ortuño-Padilla, A. (2016). *Costs of providing local public services and compact population in Spanish urbanised areas*. *Land Use Policy*, 58, 234- 240. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.07.032>
- Fernández-Aracil, P. y Ortuño-Padilla, A. (2018). *Urban development model and municipal fiscal burden in Spain*. *Journal of Urban Planning and Development*, 144 (2), 1-6. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000439](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000439)
- Fernández-Aracil, P., Ortuño-Padilla, A. y Melgarejo-Moreno, J. (2018). *Factors related to municipal costs of waste collection service in Spain*. *Journal of Cleaner Production*, 175, 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.116>
- Fernández-Aracil, P., Ortuño-Padilla, A. y Melgarejo-Moreno, J. (mayo, 2018). *Drivers of water supply costs in Mediterranean Spain*. Trabajo presentado en el I Congreso Urban Growth, Alicante. <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/179/36603>
- Navarro-Vera, J. y Ortuño-Padilla, A. (2011). *Aproximación a la génesis de la contribución de la densidad en la noción de "ciudad compacta"*. *Revista EURE – Revista De Estudios Urbano Regionales*, 37(112), 23-41.
- <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/21/546>





## 23. Modelo de gestión de riesgos de la infraestructura hidráulica con relación a los riesgos hidrológicos.

### RETO

La Gestión de las Infraestructuras hidráulicas con relación a los riesgos hidrológicos y geológicos supone un importante reto que pretende incrementar la resiliencia, así como garantizar la continuidad del servicio, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de la infraestructura hidráulica, en operación normal como en situaciones de riesgo (amenazas hidrológicas y geológicas).

La estrategia actual se basa en el carácter holístico e integral de la gestión de riesgos.

### SOLUCIÓN

El modelo de gestión de riesgos de la Infraestructura hidráulica con relación a los riesgos hidrológicos (crecidas fluviales e inundación por lluvias intensas) se desarrolla siguiendo las siguientes fases:

- Definición y caracterización de la Infraestructura hidráulica.
- Proceso de construcción, análisis y selección de indicadores que caracteriza cada componente de la Infraestructura hidráulica.
- Caracterización microzonal de amenazas y selección de factores de amenaza hidrológica y geológica.
- Propuesta de indicadores de susceptibilidad física y operacional representativos.
- Propuesta de indicadores de resiliencia amenaza específica integrados.
- Establecimiento de vinculaciones de amenazas y susceptibilidad de los componentes de la Infraestructura hidráulica.
- Interacción de factores de riesgo e infraestructuras críticas (holística del riesgo).
- Definición matemática del riesgo.
- Modelación matemática y definición de escenarios de riesgo.
- Monitorización de la infraestructura hidráulica, especialmente la crítica.
- Desarrollo de aplicación informática de gestión de riesgos en tiempo real.
- Definición y estructura de bases de datos relacional e Integración en Sistemas de Información Geográfica (GIS).
- Desarrollo metodológico para el seguimiento y el análisis de la evolución de la gestión de un sistema de Infraestructuras hidráulicas urbanas basado en la definición de indicadores.
- Desarrollo de guía para el incremento de la resiliencia y la implantación de la Sostenibilidad en los centros gestores de Infraestructuras críticas.
- Guía para la redacción de un Plan Director de Gestión de riesgos antes amenazas naturales y antrópicas.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Actualmente la investigación planteada está en un nivel **TRL-2**.

#### Idea inicial

Desarrollo de una metodología de análisis de riesgos de las Infraestructuras críticas, así de análisis de las amenazas naturales y antrópicas mediante construcción y definición de indicadores físicos y operacionales de la Infraestructura y microzonificación de amenazas con un enfoque holístico. La implantación mediante el desarrollo de software específico con opción de código abierto y compatible, del modelo matemático y las bases de datos relacionales en plataformas GIS.

#### Estado del Arte

Para el desarrollo de la idea de metodología propuesta se ha considerado el estado actual y previsible de las investigaciones existentes, que se pueden agrupar de manera sucinta en las siguientes:

- Modelos de análisis selectivo o parcial del riesgo.

- Vulnerabilidad en base a la capacidad estructural de los componentes del Sistema y los efectos generados en estos Técnicas directas, indirectas, convencionales e híbridas Corsanego Petrini 1990), (ATC 13 1985 PAHO, OPS 1998 IDNDR RADIUS 1999 Whitman Arnold 1997 Eidinger Ávila 1999 Pineda Porras Ordaz 2007 Ballantyne 2010 SRM LIFE 2007 Lara M 2007 Muñoz Morales 2013 Naranjo Varela 1996 USGS NVEWS 2005 PATRICOVA 2015.
- Modelos de análisis de carácter holístico del riesgo.
- Establecen un marco conceptual que analiza y mide la vulnerabilidad, y la capacidad de respuesta del sistema, involucrando las características físicas, aspectos sociales, de manera individualizada por componente y área Cardona O D 2001 Barbat Cardona 2003 Carreño, et al 2006 Oliveira, Roca, Goula 2006 FEMA HAZUS 2004.
- Selección de metodologías base.
- Cardona O D 2001 Barbat, A H 2005 IDEA 2005 Carreño, et al 2006 Cardona O D 2005, 2006 SERNA-GEOMIN 2018, PATRICOVA 2015 así como aspectos parciales de las anteriormente indicadas.

#### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
 Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).  
**Investigador/es:** RAMÓN EGEA PÉREZ.  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
 regea@hotmail.es

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

- Metodología de gestión avanzada de la Infraestructura crítica basada en indicadores de gestión y microzonificación de amenazas.
- Implantación y desarrollo de la resiliencia en las Infraestructuras críticas.
- Herramienta de gestión integral y holística de riesgos. (Modelación matemática y GIS).
- Desarrollo de Planes de Gestión de Riesgos (Infraestructura crítica y amenazas).

#### PRACTICIDAD DE USO

- Garantizar la continuidad del servicio.
- Mantenimiento avanzado y mejora de la calidad del agua (cualitativo).
- Incremento de la Confiabilidad de la Infraestructura hidráulica urbana.
- Seguimiento y el análisis de la evolución de la gestión de un sistema de Infraestructuras hidráulicas urbanas.
- Garantizar la disponibilidad del recurso "agua potable" (cuantitativo).
- Incremento de la Sostenibilidad del Sistema de Infraestructuras hidráulicas urbanas.

#### VALORES ADICIONALES

- **Económico:** Implantación de tecnológicas eficientes (energía, materiales, procesos, ...).
- **Social:** Garantía de continuidad del servicio (cuantitativa y cualitativa).
- **Estratégico:** metodología holística, preventiva y mitigadora en la planificación, proyecto, ejecución, y gestión de infraestructuras críticas.
- **Medioambiental:** implantación de la cultura preventiva y de resiliencia en la reducción de impactos ambientales.
- Desarrollo de software "abierto" para la información y divulgación al ciudadano de las posibles incidencias en el estado de la infraestructura de servicios esenciales (abastecimiento de agua, alcantarillado, .....).

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m<sup>3</sup>).*  
 Desarrollo: 95.000 €. Plazo: 15 meses.  
 Piloto: 35.000 €. Plazo: 9 meses.  
**Implantación: 130.000 €. Plazo: 24 meses.**

· VALORES ADICIONALES

Supone un importante reto que pretende incrementar la resiliencia, así como garantizar la continuidad del servicio, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de la infraestructura hidráulica, en operación normal como en situaciones de riesgo.

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m3).*

Mantenimiento:

- 1 técnico: **30.000** €/año
- Software específico y otras aplicaciones: **10.000** €/año.

**AHORRO  
DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m3).*

Existiría un ahorro económico relacionado con la prevención, la planificación de inversiones y la eficiencia de procesos de gestión. Además de un incremento de la confiabilidad de la infraestructura relacionada con la continuidad y la mejora de la calidad del servicio.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88367>
- *Metodología de análisis de riesgos.*



AGUA POTABLE



SMART CITIES



ALCANTARILLADO Y DRENAJE

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



## 24. Desarrollo de dispositivos antisísmicos en infraestructuras hidráulicas.

### RETO

Estos dispositivos absorben la energía generada por la incidencia de las ondas sísmicas, reduciendo así las averías en las infraestructuras hidráulicas. Dichos dispositivos se puede instalar como combinación con manguitos pasamuros en el caso de transiciones de diferente grado de rigidez estructural, o bien en interacciones con infraestructuras viarias, ferrocarriles, cauces fluviales o marismas, depresiones en el terreno, fallas geológicas,.....

### SOLUCIÓN

· **En el caso de las redes de agua potable**, el dispositivo desarrollado, se basa en la combinación funcional de un elemento amortiguador o compensador de vibraciones y movimientos angulares o axiales de compresión y de tracción, y un elemento colaborador de aquel permitiendo una adecuada interacción y al mismo tiempo disipando la energía de empuje o movimiento generado, volviendo a su posición de equilibrio, sin deformaciones permanentes, además de proteger la integridad de la infraestructura y su funcionalidad. Los elementos que lo componen son:

#### Adaptador neumático

Se somete a las pruebas de resistencia según las normas DIN 53476 y 53521 además se valora la consistencia de los materiales (cambio de su masa y su dureza) en relación con su espesor.

En general, en los esfuerzos existe una combinación de influencias químico, térmicas y de deformación. Un material en estado de dilatación reacciona con mayor rapidez a los productos químicos que en estado de reposo.

Es decir, a mayor dilatación, menor es la resistencia a los productos químicos, pero hay otros factores variables que influyen, como la temperatura, la intensidad, la duración del efecto, etc.

#### Manguito compensador o anti-vibraciones.

Dicho manguito es el elemento que absorberá las posibles contracciones o tracciones axiales, además de las desviaciones angulares (esfuerzos de cizalla) generadas por las ondas sísmicas.

#### Manguito pasamuro.

En el caso de transiciones localizadas en el trazado de la infraestructura hidráulica lineal, donde hay un cambio de sección, una variación de apoyos o anclajes, elementos de regulación o de control, o bien diferente grado de rigidez, se debe emplear este elemento que contribuye a proporciona rigidez, resistencia y continuidad a dicha infraestructura hidráulica lineal. Sobre todo, se debe disponer, bien aislado o combinado, en su caso, en aquellos puntos o localizaciones críticas, como depósitos de agua potable, arquetas con dispositivos de regulación y/o de control, cuando interacción con otras infraestructuras (puentes, acueductos, canales, ...), en vaguadas, y en todas aquellas localizaciones susceptibles de presentar incidencias durante un evento sísmico (desprendimientos, hundimientos, asentamientos diferenciales...).

El material que emplear en los pasamuros será acero austenítico, acero inoxidable o fundición dúctil, pues debe ser un elemento de protección de la tubería y al mismo tiempo servir como elemento funcional, colaborador del dispositivo antisísmico permitiendo la conectividad y la amortiguación de solicitaciones transmitidas por el carrete compensador, y generadas por el movimiento sísmico.

· **En el caso de las acometidas domiciliarias de alcantarillado**, el dispositivo, consiste en una rótula de transición que incorpora tramos o compensadores de absorción de movimientos. La interposición de este elemento de transición permitiría proteger la integridad de la tubería de acometida a la red general de alcantarillado.

**MADUREZ DE  
LA SOLUCIÓN**

Actualmente la investigación planteada está en un nivel de **TRL-2**.

**Idea inicial**

Diseño de elementos amortiguadores o compensadores de absorción de vibraciones y de movimientos angulares y axiales, que disipe la energía de dicho movimiento, protegiendo así la integridad de la infraestructura y su funcionalidad.

**Antecedentes y Estado del Arte**

Los diferentes dispositivos antisísmicos existentes, mitigan los efectos de un movimiento sísmico, mediante el aislamiento de base y mediante la amortiguación del movimiento, o bien combinado ambos efectos.

En el caso de la incidencia del movimiento sísmico en su conjunto, sobre las infraestructuras hidráulicas, y más concretamente sobre las tuberías y elementos accesorios, sus efectos pueden variar en mayor o menor grado, según los siguientes factores:

- Geología, geotecnia y caracterización de la hidrología subterránea local.
- Tipología y características de la infraestructura hidráulica lineal.

Uno de los efectos más importantes, que puede generar un gran impacto sobre la infraestructura hidráulica lineal, además de la intensidad y la aceleración sísmica del propio movimiento, con posibles desprendimientos y deslizamientos del terreno, es el fenómeno de la licuefacción del suelo, cuyo origen puede tener diversas causas, según lo indicado anteriormente.

En tuberías enterradas, según experiencias japonesas indican que el daño en las infraestructuras hidráulicas lineales es mucho mayor en los terremotos asociados a la licuación del suelo que en aquellos que no están a asociados a tal efecto. Los suelos susceptibles al fenómeno de la licuación generalmente son de topografía plana. Por ello, grandes deformaciones en el terreno no se perciben fácilmente.

Según las estadísticas existentes en base a diferentes terremotos acaecidos en Japón, Nueva Zelanda, Méjico, Chile, Italia y otros países con importante actividad sísmica, y según lo indicado, se ha constatado lo siguiente:

- Los daños se concentran en áreas donde se presentan condiciones irregulares del terreno, siendo la no uniformidad del desplazamiento generado como consecuencia, a su vez, de la variabilidad en la naturaleza del terreno, la causa de las mayores deformaciones del suelo.
- El grado de vulnerabilidad depende en gran medida del tipo de sistema de tuberías y de su naturaleza material. Dependiendo del material empleado, a menor flexibilidad de la tubería o de sus uniones, mayor efecto sobre la vulnerabilidad de la infraestructura lineal se genera.
- La vulnerabilidad depende también de la intensidad del movimiento sísmico, el cual está representado por la máxima aceleración.

La experiencia demuestra que las canalizaciones de materiales metálicos (fundición dúctil, acero, y otras aleaciones,...) aunque presentan mayor rigidez que las tuberías de naturaleza plástica (polietileno, PVC, Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV),...), la capacidad de absorción de movimientos aportada por las uniones resulta fundamental, pues genera una flexibilidad al conjunto (tubería y unión) que mejora el comportamiento del sistema (incremento de la "ductilidad") y disminuye la vulnerabilidad de la infraestructura hidráulica lineal.

Para el desarrollo de la idea de metodología propuesta se ha considerado el estado actual y previsible de las investigaciones existentes, que se pueden agrupar de manera sucinta en las siguientes:

• **Modelos de análisis selectivo o parcial del riesgo.**

Vulnerabilidad en base a la capacidad estructural de los componentes del Sistema y los efectos generados en estos Técnicas directas, indirectas, convencionales e híbridas (Corsanego Petrini 1990, ATC 13 1985 PAHO, OPS 1998, IDNDR RADIUS 1999, Whitman Arnold 1997, Eidinger Ávila 1999, Pineda Porras Ordaz 2007, Ballantyne 2010, SRM LIFE 2007, Lara M 2007, Muñoz Morales 2013, Naranjo Varela 1996, USGS NVEWS 2005, PATRICOVA 2015).

• **Modelos de análisis de carácter holístico del riesgo.**

Establecen un marco conceptual que analiza y mide la vulnerabilidad, y la capacidad de respuesta del sistema, involucrando las características físicas, aspectos sociales, de manera individualizada por

componente y área (Cardona O. D. 2001, Barbat Cardona 2003, Carreño et al 2006, Oliveira, Roca, Goula 2006, FEMA HAZUS 2004).

• **Selección de metodologías base.**

Cardona O D 2001, Barbat A H 2005, IDEA 2005, Carreño et al 2006, Cardona O. D. 2005 y 2006, SERNA-GEOMIN 2018, PATRICOVA 2015 así como aspectos parciales de las anteriormente indicadas.

**CAPACIDADES**

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
 Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).  
**Investigador/es:** RAMÓN EGEA PÉREZ.  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
 regea@hotmail.es

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

- Desarrollo de la resiliencia en las Infraestructuras críticas.
- Nuevos materiales más eficientes.
- Durabilidad de la red de abastecimiento y de saneamiento.

**PRACTICIDAD DE USO**

- Garantizar la continuidad del servicio.
- Reducción de impactos ambientales.
- Mantenimiento avanzado y mejora de la calidad del agua (cualitativo).
- Incremento de la Confiabilidad de la Infraestructura hidráulica urbana.
- Garantizar la disponibilidad del recurso “agua potable” (cuantitativo).

**VALORES ADICIONALES**

- **Económico:** Implantación de tecnológicas eficientes (materiales, procesos,...).
- **Social:** Garantía de continuidad del servicio (cuantitativa y cualitativa).
- **Estratégico:** acción preventiva y mitigadora de gestión de infraestructuras críticas.
- **Medioambiental:** implantación de la cultura preventiva y de resiliencia en la reducción de efectos causados por desastres naturales.

· VALORES ADICIONALES

En las tuberías de naturaleza plástica la capacidad de absorción de movimientos aportada por las uniones resulta fundamental, pues genera una flexibilidad al conjunto que mejora el comportamiento del sistema y disminuye la vulnerabilidad de la infraestructura hidráulica lineal.

**COSTE DE  
IMPLANTACIÓN**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m<sup>3</sup>).*

Desarrollo: 45.000 €. Plazo: 9 meses.

Piloto: 15.000 €. Plazo: 3 meses.

**Implantación: 60.000 €. Plazo: 12 meses.**

**COSTE DE  
MANTENIMIENTO**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m<sup>3</sup>).*

Mantenimiento:

- Inferior al 2% de la instalación del dispositivo.

**AHORRO  
DE COSTES**

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. /m<sup>3</sup>).*

Supondría un incremento de la confiabilidad de la infraestructura relacionada con la continuidad y la mejora de la calidad del servicio al disminuir el número de roturas y así como su incidencia en el medioambiente en su caso. Ahorro de coste asociado a la solución: 850-1200 €/Ud.

**ANEXOS Y  
REFERENCIAS**

- *Dispositivo red de agua potable.*
- *Dispositivo, acometida domiciliar de saneamiento.*

# 25. Diseño de tubería antisísmica de hormigón armado en infraestructuras hidráulicas de saneamiento.

## RETO

En la actualidad, las uniones de tuberías de hormigón armado, así como los pozos y arquetas de registro e inspección presentan un porcentaje de infiltraciones importante en terrenos con nivel freático elevado.

Una de las estrategias actuales es la aplicación de materiales plásticos, dada su facilidad de fabricación y peso reducido, pero su resistencia y costes generales de instalación sobre todo para grandes diámetros son muy elevados, además de carecer de resistencia mecánica suficiente para instalaciones a realizar a grandes profundidades. Es por ello por lo que lo más adecuado, es la utilización de tuberías de hormigón para el caso de grandes colectores.

## SOLUCIÓN

El diseño de la junta de la tubería de hormigón (unión macho y unión hembra) presenta unos perfiles de “encaje” que ajustan convenientemente de forma que garantizan la estanqueidad de la tubería, además el hormigón empleado presenta una dosificación que incluye entre otros componentes la fibra de vidrio y las cenizas volantes, dotando a este de flexibilidad e impermeabilidad al hormigón. Para garantizar un mayor grado de estanqueidad, las uniones presentan sendos orificios que permite durante su instalación la inyección de resinas expansivas con propiedades aislantes, estancas y permiten un alto grado de flexibilidad a la unión.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Actualmente la investigación planteada está en un nivel de madurez **TRL-2**.

El material propuesto, hormigón armado con fibras de poliéster y una dosificación que incluye un porcentaje adecuado de cenizas volantes garantizando su compacidad y un contenido de agua inferior al 45% permite la fabricación de tuberías con bajo nivel de poros, a base de cenizas volantes Idea inicial

### Estado del Arte

En la actualidad la fabricación de tuberías, cámaras y pozos de registro, de hormigón armado presentan unos estándares variables, según el fabricante, ya que tanto la dosificación del hormigón empleado, el diseño de las uniones de la tubería y las juntas adoptadas son diferentes.

La utilización de materiales compuestos cada vez se está desarrollando más, no así el empleo de elementos compuestos compatibles química y mecánicamente, por lo que la investigación planteada ofrece una innovación y una aplicación más completa que incrementa la empleabilidad, la estanqueidad y reduce el mantenimiento correctivo de la infraestructura hidráulica.

La combinación de propiedades, elásticas (mayor grado de flexibilidad), mecánicas (resistencia estructural), químicas (durabilidad), impermeabilidad y estanqueidad, y la no necesidad de elementos accesorios (juntas elastoméricas) susceptibles a la deformación por temperatura y a la degradabilidad de sus propiedades mecánicas, hacen que este desarrollo presente grandes ventajas sobre los ya existentes, y resolviendo la problemática ya descrita y dotando de un mayor grado de resiliencia a la infraestructura hidráulica.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).

**Investigador/es:** RAMÓN EGEA PÉREZ.

**Contacto:** iuaca@ua.es

regea@hotmail.es



· INNOVACIÓN

El diseño de una junta de hormigón que garantiza la estanquidad de la tubería, evitando fugas en el terreno.

VALORES DE LA INNOVACIÓN

- Materiales compuestos.
- Diseños eficientes.
- Durabilidad de los materiales.

PRACTICIDAD DE USO

- Garantía de estanquidad.
- Reducción de impactos ambientales.
- Disminución del mantenimiento correctivo.
- Incremento de la Confiabilidad de la Infraestructura hidráulica urbana.

VALORES ADICIONALES

- Reducción de costes de mantenimiento y mayor durabilidad (criterio económico).
- Garantía de estanquidad evitando fugas en terreno (criterio medioambiental).
- Incremento de la confiabilidad (resiliencia) frente a movimientos sísmicos.

COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

Desarrollo: 75.000 €. Plazo: 12 meses.

Piloto: 15.000 €. Plazo: 3 meses.

**Implantación: 90.000 €. Plazo: 15 meses**

COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

- 2% anual del coste de instalación de tubería por metro lineal.

AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

Supondría una reducción de costes de mantenimiento por su mayor durabilidad, así como un incremento de la confiabilidad y de la resiliencia de la infraestructura. El ahorro de coste asociado a la solución sería mayor al 25% de la instalación.

ANEXOS Y REFERENCIAS

- Nuevo diseño de tubería de hormigón armado con fibra de vidrio para saneamiento.

# 26. Evacuación de aguas de escorrentía y drenaje urbano.

## RETO

Mejora la evacuación y el drenaje de aguas pluviales en entornos urbanos, y pretende dar solución al correcto drenaje del agua de escorrentía generada durante los episodios de lluvias intensas, al tiempo que evitar el taponamiento parcial de la tubería de evacuación, como consecuencia de la gran cantidad de sedimentos contenidos en los caudales de escorrentía. Así mismo sirve de receptáculo para deposición de elementos especialmente contaminantes como metales pesados, y otros componentes que de otra manera se incorporarían a las aguas residuales.

## SOLUCIÓN

Los elementos que integran el sistema de drenaje presentan un diseño hidráulicamente eficiente, que permite una evacuación rápida de caudales al tiempo que secuencia el caudal de pluviales hacia la red general de alcantarillado, el reciclaje del material drenante, así como una limpieza efectiva y rápida.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Actualmente la investigación planteada está en un nivel de madurez **TRL-2**.

### Breve Descripción

Los elementos que integran el sistema de drenaje presentan un diseño hidráulicamente eficiente, que permite una evacuación rápida de caudales al tiempo que secuencia el caudal de pluviales hacia la red general de alcantarillado, el reciclaje del material drenante, así como una limpieza efectiva y rápida.

El sistema consta de un elemento cuadrangular de base interior tronco piramidal, que contiene el material drenante (gravas 25-40mm, u otro material compuesto reciclado y de mayor superficie específica) y que en su parte superior estará abierta y provista de una rejilla desmontable con orificios drenantes. Dichos elementos serán de material plástico o polimérico. Dispone además de una tubería de drenaje de DN-63 mm de PE o PVC y una rejilla desmontable para el reciclaje del material drenante.

### Estado del Arte

- US-EPA (2005). "Manual Usuario SWMM5.0 ve. Modelo de Gestión de aguas Pluviales". Valencia. Traducción al español por GMMF. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rueda S. y Perlado S. (2009). "Tomo II Libro Verde de Medio Ambiente Urbano", 14-31. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.
- Rueda S. (2012). "El urbanismo ecológico". Barcelona. BCNecología, Agencia de Ecología Urbana.
- Castro-Fresno D., Rodríguez J., Rodríguez Hernández J., Gómez-Ullate E. (2008). "Sistemas Urbanos de drenaje sostenible. SUDS". Grupo de investigación de tecnología de la construcción GITECO, Universidad de Cantabria.
- Perales S. y Doménech A. (2008). "Los sistemas Urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia". Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad politécnica de Valencia.
- CEDEX. (2008). Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. CEDEX, Centro de Estudios Hidrográficos. ISBN 978-84-7790- 475-5.
- Bueno, I. E., & Perales-Momparler, S. (2013). Hacia una mejora de la eficiencia energética en la gestión del agua de lluvia en entornos urbanos: el proyecto E2STORMED. In Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA). Valencia.

- Carlson, C., Barreteau, O., Kirshen, P., & Foltz, K. (2015). Storm Water Management as a Public Good Provision Problem: Survey to Understand Perspectives of Low-Impact Development for Urban Storm Water Management Practices under Climate Change. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 141(6).
- Charlesworth, S. M., & Booth, C. A. (2012). Water Resources Issues and Solutions for the Built Environment: Too Little Versus Too Much. In *Solutions to Climate Change Challenges in the Built Environment* (pp. 237–250).
- EPA. (2007). Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices. United States Environmental Protection Agency, (December), 1–3.

#### CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA).  
**Investigador/es:** RAMÓN EGEA PÉREZ.  
**Contacto:** iuaca@ua.es  
regea@hotmail.es

#### VALORES DE LA INNOVACIÓN

- Reciclabilidad de materiales.
- Diseños eficientes.
- Disminución de aguas estancadas.
- Aislamiento con la red de alcantarillado.

#### PRACTICIDAD DE USO

- Facilidad de drenaje y eliminación de aguas estancadas.
- Disminución del mantenimiento correctivo.
- Incremento de la Confiabilidad de la Infraestructura hidráulica urbana.

#### VALORES ADICIONALES

- Reducción de costes de mantenimiento y mayor durabilidad (criterio económico).
- Evita la proliferación de especies de insectos invasoras, como el *Aedes albopictus* también llamado mosquito "tigre" impidiendo la generación de aguas estancadas, reconduciendo las escorrentías de manera eficiente hacia las redes de saneamiento. (criterio medioambiental).

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

**Implantación: 35.000 €. Plazo: 6 meses.**

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

- 5-10 % anual del coste de instalación, dependiendo de la tipología de gestión de la infraestructura y la frecuencia de los episodios de lluvias intensas y frecuencia de limpieza viaria, y localización.

#### AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m³).*

Supondría una reducción de costes de mantenimiento y un incremento de la confiabilidad y resiliencia de la infraestructura. El ahorro de costes (operativos y medioambientales) asociado a la solución sería de al menos 15 €/Ud, dependiendo entre otros factores, de la frecuencia de los episodios de lluvias intensas, tipo y frecuencia de limpieza viaria, y localización.

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Nuevo diseño de elemento de captación drenaje urbano.*

# 27. Sistema de Monitorización de la Accesibilidad Urbana.

## RETO

A pesar del desarrollo de la normativa vigente en materia de accesibilidad urbana y su aplicación a los sistemas urbanos, es un hecho que nuestras ciudades no son accesibles. Las personas con discapacidad, temporal o permanente, siguen enfrentándose a un entorno urbano inaccesible, lleno de obstáculos e indiferente a sus problemas cotidianos. Por ello, tanto la evaluación de la eficacia de la accesibilidad urbana como su mantenimiento a lo largo del tiempo son cuestiones que requieren un enfoque más consistente.

## SOLUCIÓN

### Sistema de Monitorización de la Accesibilidad Urbana.

Este proyecto implementa un sistema integrado para el análisis de la accesibilidad urbana, combinando los últimos avances en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, como el posicionamiento GPS y la computación en nube.

Un aspecto clave para abordar las tareas de evaluación y mantenimiento, así como para detectar y gestionar los diferentes problemas de accesibilidad, es tener un conocimiento preciso del estado real de la accesibilidad urbana. Este proyecto desarrolla un método fiable y eficaz para obtener de la experiencia personal de los ciudadanos una evaluación de la accesibilidad de los espacios públicos en tiempo real. Esta información permanentemente actualizada se puede proporcionar como un servicio de apoyo que permita a los gobiernos locales e instituciones responsables mejorar el proceso de toma de decisiones y la gestión de los problemas de accesibilidad.

La arquitectura del sistema incluye una aplicación móvil (elemento que usarán los ciudadanos —mediante su instalación en dispositivos inteligentes como teléfonos móviles— para registrar las incidencias de accesibilidad que encuentren en el entorno urbano en su actividad cotidiana) y una aplicación web (componente que utilizarán los gobiernos locales para gestionar las incidencias que se reciban por parte de los ciudadanos).

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Se dispone de un prototipo o versión en producción.

- Se ha diseñado una arquitectura computacional para el análisis de las dinámicas urbanas consistente en una aplicación móvil y una aplicación web.
- Se ha validado la tecnología y el tratamiento de datos como un sistema eficaz y seguro de recogida de datos.
- Se han propuesto diversos escenarios de prueba como una primera aproximación a la experiencia real en ciudades.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).  
Universidad de Alicante.

- Departamento de Edificación y Urbanismo.
- Departamento de Tecnología Informática y Computación.

Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales de la Universidad de Alicante.

**Investigador/es:** Raquel Pérez del Hoyo; Higinio Mora Mora; Virgilio Gilart Iglesias; Pablo Martí Ciriquián

**Contacto:** [iuaca@ua.es](mailto:iuaca@ua.es)

[perezdelhoyo@ua.es](mailto:perezdelhoyo@ua.es)

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Básicamente, los métodos empleados hasta el momento se han aplicado de forma sectorial para mejorar la accesibilidad en algunas zonas urbanas concretas. Además, la ausencia de mecanismos integrales para evaluar la accesibilidad efectiva del medio urbano, así como el seguimiento de su evolución, es una de las principales debilidades de las metodologías actuales.

Este proyecto desarrolla un nuevo método para mejorar la gestión de la accesibilidad urbana basado en los siguientes componentes de innovación:

- Aprovechar el potencial de las últimas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Proporcionar un enfoque integral e integrado en el funcionamiento urbano que se ajuste a la complejidad espacial de la ciudad y a la diversidad de sus habitantes.
- Proporcionar un sistema automatizado para identificar los diferentes tipos de problemas de accesibilidad urbana.
- Ofrecer mecanismos para la evaluación del estado real de la accesibilidad urbana, así como de seguimiento y control de su efectividad en el tiempo.

#### PRACTICIDAD DE USO

La metodología del proyecto se caracteriza, en primer lugar, por la capacidad de identificar los diferentes tipos de problemas de accesibilidad urbana (automatización) en función de las necesidades y criterio de los ciudadanos (segmentación). En segundo lugar, el servicio de valor añadido muestra la información de accesibilidad urbana de forma clara, concisa y comprensible (usabilidad). Por último, esta información puede ser utilizada por aplicaciones externas (interoperabilidad) y consumida desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo inteligente (ubicuidad).

La elevada y creciente tasa de penetración de dispositivos móviles inteligentes conectados a Internet hace viable la implementación de la propuesta.

#### VALORES ADICIONALES

La propuesta integra la participación ciudadana en todos sus mecanismos y procesos, visibilizando a los colectivos más vulnerables.

El diseño del sistema es suficientemente abierto y flexible para adecuarse a la diversidad social y naturaleza de las diferentes ciudades.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

El coste estimado de implantación se adaptará al servicio solicitado. Desde la recogida de datos, dependiendo del volumen de los mismos; la elaboración de informes a partir de los datos; hasta la contratación de un servidor; o el mantenimiento de todo el sistema.

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

El coste estimado de mantenimiento se adaptará al servicio solicitado.

#### AHORRO DE COSTES

*N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>).*

#### ANEXOS Y REFERENCIAS

- *Se adjuntan enlaces a las algunas publicaciones relacionadas del grupo de investigación.*
- *A Computational Method based on Radio Frequency Technologies for the Analysis of Accessibility of Disabled People in Sustainable Cities. <https://doi.org/10.3390/su71114935>*
- *Interactive cloud system for the analysis of accessibility in smart cities. <https://doi.org/10.2495/DNE-V11-N3-447-458>*
- *Improving urban accessibility: a methodology for urban dynamics analysis in smart, sustainable and inclusive cities. <https://doi.org/10.2495/SDP-V12-N3-357-367>*
- *A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities. <https://doi.org/10.3390/s17081834>*
- *Urban and Building Accessibility Diagnosis using 'Accessibility App' in Smart Cities: A Case Study*
- *<https://doi.org/10.5220/0006378300990108>*
- *Citizen Participation in Urban Planning-Management Processes: Assessing Urban Accessibility in Smart Cities. <https://doi.org/10.5220/0006704202060213>*

# 28 Diseño de estructuras tarifarias los servicios de abastecimiento hídrico en base a estudios de los patrones y evolución de consumo.

## RETO

En el ámbito académico y científico centrado en la gestión de los recursos hídricos, es habitual el cuestionamiento de las estructuras tarifarias mediante las cuales se cobran los servicios de abastecimiento hídrico a los ciudadanos. La estructura tarifaria cumple con cierta eficiencia la recuperación de los costes de abastecimiento pero, el consumidor tiene una muy reducida sensación de que incrementos en el consumo estén económicamente penalizados.

## SOLUCIÓN

Diseño de estructuras tarifarias. Es posible y generaría ahorros importantes de recursos hídricos el realizar un estudio de los patrones y evolución de consumo en la localidad objeto de estudio con el fin de marginalizar mucho más la factura del agua. Configurando la estructura tarifaria se puede conseguir:

- 1. Crear incentivos al ahorro de recursos hídricos en el hogar al existir de forma notoria diferencias en el pago en función del uso.**
- 2. Seguir recaudando la misma cantidad de dinero con un pago más estrechamente vinculado a su consumo.**

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana)

Instituto del Agua y de las Ciencias Ambientales (IUACA) (Universidad de Alicante).

Investigador/es Borja Montaña Sanz. borja.montano@ua.es

## VALORES ADICIONALES

El objetivo de esta propuesta persigue un ahorro económico y a su vez una mayor eficiencia en el uso de la cual se derivan importantes beneficios medioambientales. Además desde el punto de vista social cabe dejar claro de que no se trata de que la familia promedio pague más, se trata de vincular mucho más el precio al consumo, depurando muchos de los tramos fijos que incluye la tarifa y haciendo que su recuperación esté vinculada a cuestiones marginales.

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

Dependería de diversas variables, pero el coste de esta propuesta es extraordinariamente bajo puesto que no requiere de inversión en infraestructura.

## COSTE DE MANTENIMIENTO

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

0 €/m<sup>3</sup>

## AHORRO DE COSTES

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

· VALORES ADICIONALES

El objetivo de esta propuesta persigue un ahorro económico y a su vez una mayor eficiencia en el uso de la cual se derivan importantes beneficios medioambientales.

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

Existe una amplia referencia doctrinal relativa a este tipo de propuestas en la bibliografía nacional e internacional:

- *Asad, Musa; Azebedo, Gabriel; Kemper, Karim E. y Simpson, Larry D. (1999). Management of water resources: bulk water pricing in Brazil. World Bank Technical Paper, 432. Washington, DC: World Bank.*
- *Barberán Ortí, R.; Costa Toda, Alicia y Alegre Val, Alfonso (2008). Los costes de los servicios urbanos del agua. Un análisis necesario para el establecimiento y control de tarifas. Hacienda Pública Española/ Revista de Economía Pública, 186-(3/2008): 123-155*
- *Ferro, Gustavo y Lentini, Emilio (2010). Economías de escala en los servicios de agua potable y alcantarillado. Documento de Proyectos, 369. Santiago de Chile: CEPAL.*
- *Garrone, Paola; Grilli, Luca; Marzano, Riccardo (2019). Price elasticity of water demand considering scarcity and attitudes. UTILITIES POLICY Volumen: 59*
- *Kovacs, Andras Gyorgy; Rozsnyai, Krisztina F. (2019). Price Regulation of Public Water Services and the Consequences of its Centralisation for Hungarian Municipalities. LEX LOCALIS-JOURNAL OF LOCAL SELF-GOVERNMENT Volumen: 17 Número: 3 Páginas: 821-835*
- *Mayol, Alexandre; Porcher, Simon (2019). DISCRIMINATORY PRICING AND MONOPOLIES IN WATER PUBLIC SERVICES: AN ANALYSIS OF CONSUMERS' REACTION TO THE PRICE-SIGNAL DISTORTIONS. REVUE ECONOMIQUE Volumen: 70 Número: 4 Páginas: 461-494*
- *Mu, Lan; Wang, Chencheng; Xue, Binrui; et ál.. (2019). Assessing the impact of water price reform on farmer's willingness to pay for agricultural water in northwest China. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION Volumen: 234 Páginas: 1072-1081*
- *OECD (2002). Social issues in the provision and pricing of water services. París: OECD.*
- *Zegarra, E. (2014). Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión. GRADE (Grupo de Análisis para el Desarrollo)*

# 29 Diseño de redes de drenaje con el objeto de paliar los problemas de inundación en casco urbano.

**RETO**

Inundaciones en casco urbano.

**SOLUCIÓN**

Se plantea el diseño de redes de drenaje que palien los problemas de inundación en casco urbano. Este diseño se basa en el empleo tanto de estrategias convencionales basadas en el avenamiento directo de la escorrentía superficial mediante colectores a cauces receptores; como mediante el uso de elementos que mejoran la calidad del agua y naturalizan el ciclo hidrológico en su fase urbana favoreciendo los procesos de infiltración y laminación de avenidas. Esta segunda línea de actuación cuenta con toda una serie de elementos clasificados como sistemas de drenaje urbano sostenible (pozos y zanjas filtrantes, filtros verdes, etc) y también con la inclusión en última instancia de depósitos anti DSU que eliminan el problema del vertido directo a cauces naturales de aguas altamente contaminadas.

El diseño del sistema de drenaje puede incluso extenderse a actuaciones sobre el cauce final receptor, con diferentes grados de invasión: encauzamiento duro con elementos pétreos, encauzamientos blandos mediante el tratamiento de la vegetación de ribera, etc

**MADUREZ DE LA SOLUCIÓN**

Implantación real.

El uso de estas técnicas ya se está implantando de manera real, aunque de un modo muy parcial. Actualmente existen pocas o ninguna ciudad que contemple todo el diseño de drenaje de pluviales bajo esta concepción.

La longevidad de las redes actuales en gran parte de las ciudades actuales y su incapacidad para hacer frente a eventos extremos plantea la necesidad de su renovación. Y esta renovación representa una oportunidad única para implementar estas ideas en los nuevos diseños.

El aspecto asociado al mantenimiento a largo plazo de estos elementos todavía plantea cuestiones no definidas plenamente.

**CAPACIDADES**

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana).

Universidad de Alicante. Área de Ingeniería Hidráulica del Dpto. de Ing. Civil.

IUACA.

Investigador/es: JAVIER VALDES ABELLAN. javier.valdes@ua.es

**REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN**

**Sustainable Drainage Systems: Hydraulic, Structural and Water Quality Advice: C609 (CIRIA). Wilson, Steve; Bray, R. N.; Cooper, Paul.**

**VALORES DE LA INNOVACIÓN**

Mejora de los procesos de infiltración y su impacto en la reducción de los caudales máximos.

Mejora de la calidad del agua mediante la implementación de sistemas de filtración.

Diseño de elementos inundables, con posibilidad de captación del agua y su posterior aprovechamiento.



· SOLUCIÓN

Se plantea el diseño de redes de drenaje que palien los problemas de inundación en casco urbano, basado en el empleo tanto de estrategias convencionales basadas en el avenamiento directo de la escorrentía superficial mediante colectores a cauces receptores; como el uso de elementos que mejoran la calidad del agua y naturalizan el ciclo hidrológico en su fase urbana favoreciendo los procesos de infiltración y laminación de avenidas.

**VALORES ADICIONALES**

Incremento de los valores de recarga a acuíferos.

Reducción de vertidos contaminantes a cauces naturales.

Potencial incremento de los recursos hídricos derivados de la posibilidad de aprovechar el agua captada.

Reducción de los daños derivados por inundación en ámbitos urbanos.

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

Cada zona de estudio es única y su coste de implantación también.

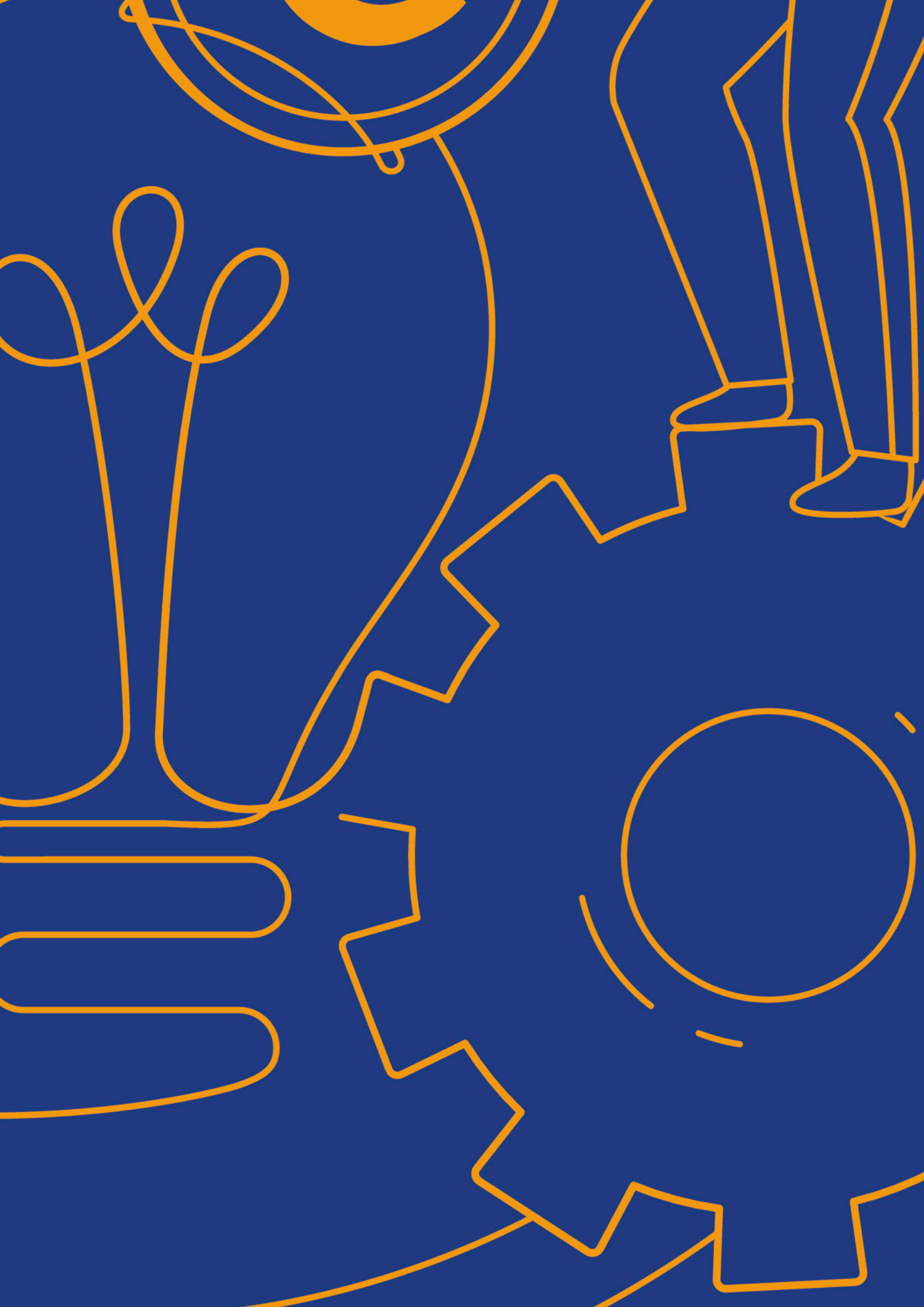
El desarrollo de un proyecto de diseño y construcción definiría, entre otros aspectos, el coste concreto de implantación para cada caso.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

Dependerá de los elementos elegidos el proyecto de diseño y construcción.

**AHORRO DE COSTES**

La medida del ahorro es compleja ya que implica la consideración de muchos aspectos cuya cuantificación económica no es directa: coste económico derivado de un potencial episodio de inundación, coste del vertido al mar o a un cauce natural de una gran carga contaminante, coste de la recarga a un acuífero, etc.





Proyectos de innovación  
en Economía Circular

# Propuestas

**CETAQUA**  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL AGUA

Cetaqua, Centro Tecnológico del Agua, es un modelo pionero de colaboración entre la administración, la universidad y la empresa, que se ha consolidado como referente europeo en la aplicación del conocimiento científico al agua y al medio ambiente. Nuestra misión es anticipar las necesidades de la sociedad para proponer nuevas soluciones de I+D+i.



# 01. Tratamiento conjunto de lodos de depuradora y fracción orgánica de los RSU a través de co-digestión anaeróbica en plataformas centralizadas, para producir energía (biogás) y un digestato apto para uso como biofertilizante.

## RETO

El proyecto se centra en buscar sinergias entre la gestión del agua y de los residuos sólidos urbanos (RSU) para ofrecer soluciones sostenibles e integradas de tratamiento de los residuos que generan ambos servicios y con el fin último de minimizar el volumen de los mismos enviado a vertedero.

A día de hoy **en la Comunitat Valenciana el 44% de los RSU tienen como destino final el vertedero, por lo que no son valorizados**. El proyecto pondrá foco en esta problemática ofreciendo alternativas de tratamiento los residuos orgánicos, que constituyen el 41% de los RSU generados en la Comunitat Valenciana. De esta manera, se conseguirá reducir el impacto ambiental de la gestión los residuos, sobre todo el asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando la bioeconomía circular. **Los residuos orgánicos tienen un alto potencial de valorización a subproductos o como energía que en estos momentos no está siendo aprovechado** al no haber una separación selectiva de los mismos.

En el caso de los lodos primarios y secundarios producidos durante la depuración del agua residual, su principal aplicación final en la Comunitat Valenciana es el uso agrícola (94%). Para ello, es necesaria una estabilización previa que suele realizarse por vía biológica, aunque también existen estabilizaciones químicas con cal u otros agentes alcalinos. Sin embargo, la aplicación de este tipo de tratamientos no es rentable a pequeña escala y **los lodos son enviados tras su gestión a vertedero en el caso de las pequeñas depuradoras (4%)**. Por ello, es necesaria la aplicación de soluciones centralizadas que permitan tratar conjuntamente distintos residuos de una manera sostenible medioambiental y económicamente y así minimizar el envío de residuos a vertedero.

**La valorización de la materia orgánica presente en los RSU y los residuos de la gestión del agua contribuirá a cubrir las necesidades de materia orgánica en los suelos de la Comunitat Valenciana**, que ya sólo en el caso del uso agrícola alcanzan la cifra de 116 millones de toneladas.

## SOLUCIÓN

La gestión integrada de los residuos sólidos urbanos y los generados durante la gestión del agua residual permitirá minimizar los residuos enviados a vertedero al fomentarse su valorización, así como establecer sinergias entre ambos sectores que permitan reducir los costes de gestión. El proyecto propone el **tratamiento conjunto de los lodos de depuradora y la fracción orgánica de los RSU (FORSU) a través de la co-digestión anaerobia en plataformas centralizadas, con el objetivo de producir energía (biogás) y un digestato apto para su uso como biofertilizante**. Esta vía será explorada para conseguir la autosuficiencia energética de las depuradoras. Los digestores anaerobios de las depuradoras no están optimizados y trabajan por debajo de su carga de diseño. El tratamiento conjunto de los lodos de depuradora y el FORSU permitirá aumentar el rendimiento energético del digestor con un mínimo rediseño. Además, los lodos de depuradora son deficitarios en C y su mezcla con el FORSU permitirá balancear el ratio C:N y aumentar la eficiencia del proceso.

Por otro lado, el FORSU es deficitario en macro y micronutrientes y tiene una mayor presencia de tóxicos. La co-digestión del FORSU con lodos de depuradora permitiría superar estas limitaciones gracias al efecto tampón de los lodos depuradoras en la digestión conjunta de ambos residuos y además aumentaría el rendimiento energético de producción de biogás. El **sistema integrado puede aplicarse tanto en depuradoras como en plantas de biometanización** y, por ello, se estudiará la transferibilidad de la tecnología a ambas plantas de tratamiento.

La co-digestión permitirá obtener un digestato de calidad apto como biofertilizante y enmienda de suelos. Los digestatos de depuradora tienen un bajo contenido en materia orgánica, por lo que es necesario adecuar sus propiedades. La co-digestión de fangos de depuradora con otros residuos con mayor contenido orgánico, como la fracción orgánica de los RSU (FORSU) permitiría mejorar la calidad del digestato producido y su aplicabilidad.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

La digestión anaerobia de lodos se aplica actualmente a escala real en múltiples depuradoras. Sin embargo, por economía de escala sólo es rentable su uso en depuradoras de tamaño medio o grande, por lo que es necesario el estudio de plataformas centralizadas de residuos que aumenten su rentabilidad. Aunque existen algunas aplicaciones a escala real de la monodigestión anaerobia del FORSU, su aplicación es baja debido a limitaciones tecnológicas, siendo el funcionamiento real de estas instalaciones muy inferior al de diseño.

A pesar de las ventajas que presenta la co-digestión de FORSU y lodos de depuradora, su aplicación es escasa y se ha llevado a cabo sobre todo a escala laboratorio. Por ello, es necesario responder a los retos técnicos, como los posibles efectos inhibitorios de la mezcla o el impacto del digestato en la agricultura, para terminar la validación de la tecnología e incrementar su madurez tecnológica.

El tratamiento integrado y centralizado propuesto partiría de un **TRL entre 4 y 5**, al haber sido estudiado la mono-digestión de lodos de depuradora a escala real y haberse estudiado la co-digestión de FORSU y lodos de depuradora a escala laboratorio. En el proyecto se **validará y demostrará la co-digestión propuesta a escala piloto-industrial, pudiéndose alcanzar un TRL de 8**.

## CAPACIDADES

Capacidades, competencias y experiencia en **diseño, implementación y optimización de procesos avanzados para el tratamiento de aguas y residuos**. Particularmente, conocimientos en digestión anaerobia y purificación del biogás producido.

Capacidades y competencias en la **medición de contaminantes emergentes, contaminantes microbiológicos y metales** presentes tanto en el digestato como en los terrenos abonados con el mismo.

Capacidades para **evaluar impactos a nivel agronómico del uso del digestato producido en la co-digestión** en comparación con los digestatos procedentes de la mono-digestión de lodos de depuradora, los fertilizantes comerciales o el compost.

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- A pesar de que la digestión anaerobia de lodos está extendida ampliamente en Europa, la implantación de la co-digestión es escasa en estos momentos debido a ciertas limitaciones técnicas, que serán abordadas en el proyecto. En el contexto de diferentes proyectos de Cetaqua, se han realizado pilotajes de co-digestión de lodos de depuradora con diversos residuos agroalimentarios, pero esta sería la primera vez que se estudiaría a nivel técnico-económico-ambiental la implantación de la co-digestión de FORSU y lodos de depuradora en una plataforma centralizada, fuente del principal valor innovador del proyecto
- Las referencias de proyectos previos son:
  - El proyecto COWARE basado en la optimización a escala piloto de la co-digestión de lodos de depuradora y residuos agroalimentarios
  - LIFE Biocell: en este proyecto se optimizó la producción de biogás a partir de la valorización de lodos de depuradora
  - LIFE ENRICH: en este proyecto se está estudiando las propiedades agronómicas de los digestatos de depuradora como biofertilizante

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Los elementos diferenciadores a nivel de innovación de la actual propuesta son los siguientes:

1. **Tecnología:** El tratamiento de co-digestión propuesto aumentará la eficiencia de producción de metano en el digestor al mejorar la proporción de C:N, con respecto a la mono-digestión de lodos. Se escalará a nivel tecnológico la co-digestión de FORSU y lodos de depuradora, abordando los principales retos tecnológicos, como la estabilidad del sistema. El tratamiento reducirá el coste de tratamiento al fomentarse la economía de escala y optimizarse la producción de biogás.

BENEFICIO PRÁCTICO

## Reducir el consumo de fertilizantes comerciales menos sostenibles.

- 2. Economía circular:** Se fomentará la autosuficiencia energética de las depuradoras al aumentar su producción de biogás, utilizando las instalaciones ya existentes. El digestato producido será apto para su uso como biofertilizante o enmienda orgánica al mejorarse sus propiedades físico-químicas. El proyecto fomentará de esta manera el residuo cero.
- 3. Impacto:** El proyecto permitirá la minimización de las emisiones de carbono, al reducir el depósito de residuos a vertedero y aumentar la producción de energía verde en la comunidad. Se evaluará el impacto del uso del digestato en agricultura, a través de herramientas como el análisis de riesgos medioambiental.

### PRACTICIDAD DE USO

- Fomentar la **autosuficiencia energética de las depuradoras**, optimizando el uso de las instalaciones existentes.
- Ofrecer una solución centralizada e integrada de **tratamiento de residuos aplicable in situ** dentro de una región, permitiendo establecer sinergias entre la gestión de residuos líquidos y sólidos urbanos.
- Facilitar **nuevas vías de gestión del FORSU**, basadas en el reciclaje.
- Aprovechar los **nutrientes y la materia orgánica presente en el FORSU y los lodos de depuradora como fuente de C, N y P para agricultura**, reduciendo el consumo de fertilizantes comerciales menos sostenibles.

### VALORES ADICIONALES

La propuesta fomentará el establecimiento de un nuevo modelo de negocio integrado que permitirá el aumento del empleo cualificado y reducirá los costes de gestión.

La propuesta permitirá mejorar las propiedades orgánicas de los terrenos de la región mediante el uso del digestato como biofertilizante o enmienda orgánica. Por tanto, tendrá un beneficio directo para los agricultores de la región, así como para la sociedad en general mediante el uso del digestato para la recuperación de suelos.

### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste de implantación de la planta piloto estaría alrededor de los 500 k€. En este coste se incluiría los equipos y prototipos, así como los trabajos necesarios para la adecuación, conexionado e instalaciones mecánicas y eléctricas.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Para conocer el rango de costes de manera exacta, se deberá hacer el pilotaje de la solución.

- Sin embargo, en función de los resultados de proyectos previos, **se estima un ahorro del 10% respecto de otras alternativas de proceso**. Estos ahorros se conseguirán vía el aumento de la eficiencia energética (producción de energía verde) y la mejora de las propiedades agronómicas del digestato (fertilizante de origen bio).

### AHORRO DE COSTES

Se estima una reducción en los costes de gestión de 10-25 € por tonelada de materia fresca.

### ANEXOS Y REFERENCIAS

- <https://www.retema.es/noticia/coware-demuestra-la-viabilidad-de-optimizar-la-codigestion-anaerobia-a-traves-sistema-Oiblb>



AGUA REGENERADA



ENERGÍA



VALORIZACIÓN DE RESIDUOS



OTROS: ECONOMÍA CIRCULAR Y TERRITORIO

CETAQUA  
CENTRO TECNOLÓGICO DEL AGUA

## 02. Modelo de gestión integral de la Economía Circular en territorios.

### RETO

La sociedad se encuentra ante el reto de un cambio de paradigma que trata de implementar un nuevo modelo de economía, pasando del modelo lineal e insostenible con los recursos, hacia una economía circular. Este modelo de economía se basa en 3 principios fundamentales que implican: (1) diseñar productos y sistemas para eliminar los residuos; (2) mantener el valor de los recursos y materiales el máximo tiempo posible en los sistemas; (3) proponer sistemas regenerativos.

El contexto administrativo actual es favorable a un modelo de Economía Circular a diferentes niveles:

1. La **Comisión Europea** en el 2015 se posicionó claramente en favor de este cambio de paradigma adoptando un **Plan de Acción para la Economía Circular** (COM(2015) 614 final). Tres años después de su implementación, la Comisión ha publicado un informe que presenta los principales logros del Plan de acción y los desafíos futuros para facilitar el camino hacia una economía circular, que no genere emisiones de gases de efecto invernadero y que minimice la presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas.
1. A **nivel estatal** en el 2018 se presentó el **borrador de la Estrategia Española de Economía Circular**.
2. Por lo que respecta a Cataluña, el Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Cataluña ha apostado por el posicionamiento en la Economía Verde y Circular como vía para mejorar la competitividad mediante la firma de un Acuerdo de Gobierno, creando además el Observatorio de la Economía Circular en Cataluña.

La fundación Ellen MacArthur, además de impulsar el concepto de Economía Circular desde sus inicios, pone el énfasis en el potencial que tienen las ciudades para poner en práctica estrategias de Economía Circular capaces de mantener y generar valor de la inmensa cantidad de recursos que consumen y desaprovechan. Esto lo hace a través de una guía para su aplicación en ciudades. En este sentido surge también la Federación Española de Municipios y Provincias que promueven los principios de la Declaración de Sevilla a través de los cuales se subraya la importancia de los Gobiernos Locales para llevar a la práctica la Economía Circular.

Sobre el 2016 esta idea de aterrizar la economía circular territorial involucrando a diferentes actores claves en los municipios (ayuntamientos y gestión municipal, polígonos industriales, parques agrícolas, parques naturales, etc.) identificando oportunidades circulares para desarrollar agendas estratégicas locales.

En este sentido, los ayuntamientos de Sant Feliu de Llobregat y de Gavà, junto con Aigües de Barcelona, la empresa gestora del ciclo integral del agua en ambos municipios y Cetaqua, el centro tecnológico del agua de Barcelona, en el 2016 y 2017 firmaron convenios de colaboración para ejecutar proyectos concretos de fase de diagnóstico (Proyecto Economía Circular Sant Feliu de Llobregat 2016 y Gavà, 2017) y de implementación (Proyecto Gavà Circular, 2018- 2020), los cuales han sido exitosos identificando oportunidades circulares implementadas en materia de agua, energía y residuos (~40 oportunidades circulares, + de 50 entidades).

Para llevar a cabo este tipo de proyectos locales, la estrategia a seguir responde a:

1. Aplicar el concepto de economía circular a nivel de ciudad, identificando las sinergias potenciales entre actores territoriales a través del análisis de los flujos de agua, energía y residuos para pasar de un modelo lineal a un modelo circular.
2. Establecer un marco de colaboración apropiado mediante la firma un convenio de colaboración público-privado a 3 partes (Ayuntamiento, operadora del ciclo urbano del agua y Centro Tecnológico) estableciendo las condiciones de confianza, compromiso y conocimiento necesario a todos los niveles para el éxito de un proyecto de estas características.

3. Afianzar el posicionamiento de los municipios implicados con los principios de economía circular.
4. Facilitar a las empresas del municipio la transición hacia un nuevo modelo económico que les permita ser más competitivas a la hora de reducir su impacto ambiental relacionado con el consumo de agua, energía y generación de residuos.
5. Impulsar la reutilización del agua en los municipios, proporcionando a la administración municipal el conocimiento y la experiencia sobre los usos no potables de las aguas regeneradas y favoreciendo, así, la mejor conservación de los recursos convencionales en el municipio.
6. Mitigar los efectos del cambio climático promoviendo la transición energética de las empresas del municipio hacia modelos que fomenten el uso de fuentes renovables de energía, el autoconsumo y la eficiencia energética, además de proponer un modelo de gestión energética colaborativo entre el tejido empresarial.
7. Buscar soluciones para cerrar el ciclo de vida de residuos específicos detectados en la primera fase del proyecto con potencial de ser una nueva materia prima o subproducto y mejorar la gestión de algunos residuos, proponiendo alternativas colaborativas al modelo actual de gestión de residuos industriales asimilables a urbanos.
8. Aplicar un set de indicadores que permitan demostrar la circularidad del territorio y además posicionarlo a través del cálculo de índices como el City BluePrint de sostenibilidad en el uso de agua a nivel urbano y la firma de los principios Water Wise Cities como propuesta de nuevo modelo de Gobernanza del agua.

## SOLUCIÓN

La metodología empleada para llevar a cabo estas tareas implica el estudio de los consumos de agua, energéticos y la generación de residuos por parte de las empresas y del municipio; el estudio de sus costes asociados; y la propuesta de nuevos modelos de negocio que planteen una mejora a la competitividad empresarial. Para ello, se llevan a cabo visitas individualizadas a las empresas interesadas para recopilar la información de estos consumos, contrastarla y conocer sus necesidades de primera mano. Para ello diferentes fases se llevan a cabo en este tipo de solución.

En la **primera Fase de diagnóstico**, se plantea una metodología holística desarrollada por Cetaqua para implementar un **modelo territorial de economía circular** que considera un análisis de flujos de entrada-salida (en términos de agua, energía y residuos) para los actores clave territoriales (*fig. 1*).

Este análisis se lleva a cabo desde una perspectiva económica, ambiental, social y de gobernanza para mapear todos los actores clave (públicos y privados) en un territorio para avanzar hacia un modelo de economía circular. Además, requiere de una revisión del marco legislativo en términos de gestión de agua y residuos, y de generación de energía.

La metodología responde a las siguientes necesidades, proporcionando un análisis y recomendaciones para (*fig. 2*):

- la identificación de los actores clave con un papel en el territorio;
- las fuentes de datos y análisis;
- la política territorial y competencias de decisión;
- establecer métodos para fomentar la comunicación y el diálogo con los actores clave y los stakeholders;
- la recogida y gestión de datos;
- el desarrollo de una metodología para la detección de sinergias/oportunidades de circularidad (análisis de flujo) en base al agua, la energía, los residuos y los recursos que vinculan las entradas y salidas de cada actor clave territorial;
- el desarrollo de una metodología para análisis de sostenibilidad;
- los indicadores para medir la viabilidad de las acciones propuestas en términos económicos, sociales y ambientales.

Con las **entrevistas personalizadas** a cada uno de los actores involucrados en el proyecto y el análisis de los datos disponibles, se caracterizaron los consumos y los requerimientos de calidad de agua de cada uno de los actores involucrados, el consumo energético por fuentes y las demandas de materias primas y la generación y gestión de los residuos. A partir de este análisis, **se detectan Oportunidades Circulares** (*fig. 3*). Para cada una de las Oportunidades Circulares identificadas se cuantifican los impactos económicos, ambientales y sociales y se identificaron las barreras existentes (de tipo económico, legal, administrativo, entre otras). Por último, se define un **Plan de Acción para la implementación** de cada una de las oportunidades.



**VISION I+D+I CETAQUA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR: PASOS PARA LA APLICACIÓN REGIONAL DEL MODELO**



Fig. 1: Metodología para implementar un modelo territorial de economía circular.



Fig. 2: Actores clave territoriales y análisis de flujos (Fuente: Cetaqua)



Fig. 3: Oportunidades de Economía Circular en Gavà

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

Este tipo de proyectos son una iniciativa exitosa y medible que da respuesta al grave problema de cambio climático y de desarrollo sostenible, replicable en otros territorios urbanos y metropolitanos. El reconocimiento a través de las experiencias realizadas, facilitará la difusión del proyecto y la aplicabilidad en otros territorios, contribuyendo así a hacer partícipes a más agentes de un proyecto alineado con los ODS 6: Evitar el desperdicio de agua; 7: Energía asequible y no contaminante; 8: Trabajo decente y crecimiento económico; 9: Industria, innovación e infraestructuras y ODS 12. Producción y consumo responsables.

Este proyecto tiene un TRL maduro en la fecha actual ya que son implantaciones reales en 2 municipios (Sant Feliu de Llobregat y Gavá) y en mancomunidades (norte de Gran Canaria involucrando 9 municipios). En los proyectos implementados en el ámbito catalán ya son implementaciones reales en las cuales se han identificado oportunidades circulares y ya se está llevando a cabo segundas fases implementando soluciones de agua, energía y residuos.

Por ejemplo, los principales resultados de las primeras Fases del proyecto (Economía Circular Sant Feliu de Llobregat 2016 y Gavà 2017) incluyeron la identificación de 20 oportunidades circulares creadas conjuntamente con los actores locales. Para cada oportunidad, proporcionó una ficha al ayuntamiento con la siguiente información: nombre, objetivos, descripción, actores involucrados, barreras detectadas (legales, económicas, entre otras) y posibles impactos económicos, ambientales y sociales de las oportunidades, en caso que se implementen. Además, se definió un plan de acción detallado para la implantación de cada oportunidad.

En el proyecto Gavà Circular (segunda fase del proyecto), que está en fase de implementación, ha posicionado al territorio, junto con la empresa gestora del ciclo urbano del agua, como la primera ciudad del territorio Español comprometida con los principios Water-Wise impulsados por la International Water Association (IWA) que implica pensar en sistemas de agua regenerativos, una planificación urbana que integre al agua en sus consideraciones, una red de ciudades conectadas a través de sus cuencas y con su ciudadanía.

Las 3 acciones de implementación, se relacionan con cada uno de los 3 flujos analizados en la primera fase del proyecto: agua, energía y residuos.

La **acción relacionada con el agua**, busca fomentar el uso de las aguas regeneradas de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) municipal de Gavà-Viladecans ubicada en el municipio para usos no potables urbanos, industriales y agrícolas, como uno de los principios de la economía circular en favor de la conservación de los recursos hídricos. Los pasos establecidos a tal efecto incluyen: (1) el estudio técnico de los usos, usuarios y el cálculo de la demanda potencial de agua regenerada; (2) una propuesta de infraestructura para abastecer agua regenerada sin riesgo sanitario; (3) el estudio económico y tarifario; y (4) la valoración de los impactos ambientales, económicos y sociales de la implementación de la medida. Esta acción proporciona argumentos en favor de la reutilización del agua en el municipio.

La **acción relacionada con la energía**, en el corto plazo, mejora la competitividad de las empresas participantes a través de propuestas de optimización de su contratación energética y en favor de la transición a comercializadoras de energías renovables. A más largo plazo (horizonte 2020) valora la instalación de placas solares fotovoltaicas para autoconsumo individualizado y compartido, propone un mapa de recursos renovables compartidos y un modelo energético colaborativo en favor de la transición energética y la generación de nuevos modelos de negocio en los polígonos industriales.

Por último, la **acción relacionada con los residuos**, facilita soluciones individualizadas para la valorización de residuos industriales concretos y aporta soluciones colaborativas para la gestión de los residuos industriales asimilables a urbanos compartidos entre la mayoría de las empresas del territorio. Entre las soluciones consideradas se incluyen, el desarrollo de un punto verde industrial para la gestión compartida y centralizada de residuos industriales y el uso de una plataforma para compartir residuos valorizables a recurso.

## CAPACIDADES

En cuanto a Cetaqua, Centro Tecnológico del agua, cofundado en 2007 por Aigües de Barcelona, el Consejo Nacional de Investigación (CSIC) y la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), dispone de amplia experiencia en el ámbito de la sostenibilidad y la socio-economía liderando proyectos de envergadura tanto nacional como europea. Además Cetaqua ha desarrollado una innovadora metodología para la aplicación de una visión de la economía circular global en un territorio local en base a los nexos agua-energía-residuos y teniendo en cuenta a los actores territoriales principales. Además de trabajar en el desarrollo de modelos de economía circular a nivel territorial desde 2016, Cetaqua también desarrolla soluciones concretas de economía circular en el ciclo urbano del agua y en los niveles industriales.

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- Municipio de Sant Feliu de Llobregat
- Municipio de Gavà
- Mancomunidad del Norte de Gran Canaria

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Este tipo de proyectos referentes de EC territorial que aplica una **visión integradora de la gestión de los recursos en el territorio** e implementa acciones relacionadas con la circularidad de los mismos en los 3 ejes tratados: agua, energía y residuos y cuantifica el impacto de las mismas en el territorio mediante el desarrollo de indicadores de sostenibilidad y circularidad. Gavà Circular en concreto pasa del diagnóstico territorial a la implementación de acciones concretas que ponen en práctica los principios de un modelo de economía circular: mantener el valor de los recursos, eliminar la generación de residuos y proponer sistemas regenerativos. Refleja el firme compromiso del Ayuntamiento de Gavà y la empresa gestora del ciclo urbano (Aigües de Barcelona) en hacer frente al desafío de los recursos naturales limitados, impulsando un modelo de economía circular territorial centrado en una gestión integrada del agua y extendiendo esta visión a los ejes energía y residuos.

A través de este tipo de proyecto todos los actores clave del municipio reciben un servicio de asesoramiento y análisis sobre sus potencialidades y oportunidades entorno a la economía circular. Con ello, el Ayuntamiento pretende que las empresas puedan avanzar en la consecución de modelos de negocio más sostenibles que maximicen el bien común y mejoren su competitividad. Esto implica aspectos como que empiecen a considerar indicadores relativos al impacto socio-económico y ambiental, a la calidad del trabajo, a las relaciones personales, que analicen el ciclo de vida de sus productos, etc. Sobre este último aspecto, el proyecto ayuda a que las empresas puedan y aprendan a revisar sus cadenas de suministro con sus proveedores y obtengan la trazabilidad de sus productos o servicios.

Es resaltable también el rol de vínculo tecnológico de Cetaqua entre el Ayuntamiento y las empresas concesionarias y privadas u otros organismos supramunicipales, impulsando una colaboración público-privada clave en el desarrollo de este tipo de proyectos. Una solución innovadora que presenta un modelo de gestión circular para la ciudad, basado en las alianzas entre los diferentes actores del territorio, para hacer frente a los retos de la escasez de recursos en un escenario de cambio climático cada vez más preocupante. Se trata de una solución de carácter sostenible ya que su objetivo es el uso eficiente de los recursos (agua, energía y residuos) y es un ejemplo de colaboración público privada al haberse desarrollado en red con otros tres entes impulsores del proyecto y en colaboración con los actores territoriales.

Mediante este tipo de proyecto la innovación está presente continuamente, tanto en el ámbito relacional público privado para materializar las oportunidades circulares, y la complejidad de cada uno de los actores, en la parte de análisis y visualización mediante herramientas que te permitan hacer una mejor gestión e identificación de los gaps entre los diferentes actores y en el desarrollo y plan de acción de cada una de las oportunidades circulares. La implementación de las acciones planteadas lleva implícito la generación de nuevos modelos de negocio, el desarrollo socio-económico de territorio y el ahorro de emisiones de impacto generando, todo ello, un efecto positivo en el territorio que será fácilmente medible a través de los indicadores propuestos a tal efecto.

or otro lado como efecto innovador, en el marco de estos proyectos se calculan además 25 indicadores que forman el índice City Blueprint (acción resultante de la iniciativa Europea EIP-water y del proyecto H2020 BlueSCities), relacionados con la sostenibilidad de la gestión del ciclo urbano del agua y agrupados en 7 temáticas: calidad del agua, tratamiento de residuos sólidos, servicios básicos de agua, tratamiento de aguas residuales, infraestructura de agua, robustez climática y gobernanza. Estos indicadores se analizan bajo una perspectiva de circularidad, junto con otros propuestos por diferentes entidades promotoras de la Economía Circular, para proponer indicadores propios que permitan establecer una métrica de circularidad en relación a las acciones propuestas. Adicionalmente, el equipo de Cetaqua está trabajando en el desarrollo de un set de indicadores trazables y aplicables para que sea aplicable a cualquier territorio. En el caso del municipio de Gavá, ha posicionado al territorio, junto con la empresa gestora del ciclo urbano del agua, como la primera ciudad del territorio Español comprometida con los principios Water-Wise impulsados por la IWA que implica pensar en sistemas de agua regenerativos, una planificación urbana que integre al agua en sus consideraciones, una red de ciudades conectadas a través de sus cuencas y con su ciudadanía.

El proyecto tiene también una acción de sensibilización ciudadana sobre el impacto del cambio climático en la disponibilidad del agua en una zona como el área metropolitana de Barcelona y el uso de aguas regeneradas para hacer frente a la escasez de recursos hídricos.

#### PRACTICIDAD DE USO

Aunque este tipo de proyectos se están implementando tras una fase de diagnóstico en algunos casos, pasar de la parte teórica a la práctica siempre requiere de mucho **esfuerzo y acción relacional, técnico, administrativo y legislativo y económico**, lo que puede ser limitante a la hora de hacer realidad algunas oportunidades circulares.

#### VALORES ADICIONALES

En el plan de acción propuesto para cada una de las oportunidades circulares se detallan **indicadores ambientales** (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>,eq, reducción de la huella hídrica, etc), **económicos** (inversiones necesarias, modelos de negocio) y **sociales** (creación de lugar de trabajo nuevos, etc).

**A través del proyecto Economía Circular Gavà**, las empresas del municipio reciben un servicio de asesoramiento y análisis gratuito sobre sus potencialidades y oportunidades entorno a la economía circular. Con ello, el Ayuntamiento pretende que las empresas puedan avanzar en la consecución de modelos de negocio más sostenibles que maximicen el bien común y mejoren su competitividad. Esto implica aspectos como que empiecen a considerar indicadores relativos al impacto socio-económico y ambiental, a la calidad del trabajo, a las relaciones personales, que analicen el ciclo de vida de sus productos, etc. Sobre este último aspecto, el proyecto ayuda a que las empresas puedan y aprendan a revisar sus cadenas de suministro con sus proveedores y obtengan la trazabilidad de sus productos o servicios.

El proyecto tiene también una **acción de sensibilización ciudadana** sobre el impacto del cambio climático en la disponibilidad del agua en una zona como el área metropolitana de Barcelona y el uso de aguas regeneradas para hacer frente a la escasez de recursos hídricos.

#### COSTE DE IMPLANTACIÓN

El coste dependerá del alcance que se requiera para cada proyecto y dependiendo de los actores claves a involucrar y el registro de datos e información que se disponga de cada flujo. Pero una primera fase de diagnóstico de oportunidades circulares se puede comprender entre 15-30 k€ y una segunda fase de implementación de medidas puede comprenderse entre 50-100 k€, adicional a la inversión de infraestructuras que se requiera en cada caso.

#### COSTE DE MANTENIMIENTO

Una vez implementados los proyectos, y el territorio disponga de sus indicadores de circularidad para su monitorización, se puede ofrecer un servicio de asesoramiento/mantenimiento anual para incorporar aquellas circularidades nuevas que hayan surgido en años posteriores u otras adaptaciones (10-20 k€) dependiendo de la complejidad.

El Ayuntamiento pretende que las empresas puedan avanzar en la consecución de modelos de negocio más sostenibles que maximicen el bien común y mejoren su competitividad.

#### AHORRO DE COSTES

Se incluye, a modo de ejemplo, la información que se preparó para cada una de las acciones en implementación en la **Fase 1 del proyecto Gavà Circular y la cuantificación de su impacto** esperado en el proyecto en curso:

- Al **compartir un asesor energético** entre las empresas, se espera que **reduzca** el consumo de energía hasta en un 10%, aumentando la eficiencia energética y promoviendo el consumo de energía renovable. Esto significa un ahorro de más de **3.000 toneladas de CO<sup>2</sup>** y más de **800.000 €** para el sector **industrial** y, al menos, se espera que se cree un nuevo puesto de trabajo.
- El uso de agua regenerada para fines municipales e industriales. De acuerdo con los principales actores entrevistados e involucrados en el proyecto, como mínimo 100.000 m<sup>3</sup>/año de agua potable que se consume en Gavà podrían ser sustituidos por agua regenerada. Desde el punto de vista ambiental, esta medida permitirá la **reducción del consumo de agua potable** en un 5% en Gavà cuyo impacto se maximizará a medida que las empresas puedan unirse a este nuevo servicio y consuman agua regenerada en vez de agua potable. Este ahorro supone un impacto evitado 10 ton de CO<sup>2</sup> eq/año por dejar de producir ese volumen de agua equivalente en la planta potabilizadora. Para las empresas se espera un **ahorro del 30% de su factura** del agua (dependiendo de las nuevas tarifas de agua recuperada). Desde el punto de vista social, los principales impactos son, por un lado, el **aumento de la disponibilidad de agua para usos potables en momentos de sequía y escasez de agua** y por otro lado, la acción de **sensibilización ciudadana** sobre el impacto del cambio climático en la disponibilidad del agua en una zona como el área metropolitana de Barcelona y el uso de aguas regeneradas para hacer frente a la escasez de recursos hídricos.
- **Creación de un panel expertos recurso-residuo** para los actores industriales, dará la oportunidad de cerrar ciclos de materiales e identificar materiales secundarios potenciando el km 0.

Otros KPI se pueden obtener para los diferentes proyectos:

- **% reutilización de agua** (urbano, industrial o agrícola): Consumo (o potencial) de agua reutilizada / Consumo de agua x 100.
- **% consumo de energía final de fuentes renovables**: Consumo fuente renovables / Consumo energético global x 100.
- **% residuos valorizados (%)**: kg de residuos valorizados / kg de residuos generados x 100.
- **Inversión en Economía Circular**. N° de subvenciones recibidas por el ayuntamiento para proyectos de Economía Circular / subvenciones totales

ANEXOS Y  
REFERENCIAS

Acciones desarrolladas hasta la fecha en el contexto del proyecto Gavà Circular, por orden cronológico:

**2019/02/08:** Firma de los principios Water Wise promovidos por la IWA entre Aigües de Barcelona, el Ayuntamiento de Gavà y la IWA:

- <https://iwa-network.org/news/gava-first-spanish-city-to-endorse-the-iwa-principles-for-water-wise-cities/>

**2019/02/27-** Presentación de las candidaturas finalistas de los IX Premios CNIS 2019 a las administraciones públicas (en la categoría 13 para el caso de Gavà):

- <http://www.cnis.es/2019/02/19/publicacion-candidaturas-finalistas-a-los-ix-premios-cn-is-2019/>
- <https://elbrugersdigital.cat/economia-circular-a-gava/>

**2019/03/13:** 2ª Jornada por una Economía Circular y Competitiva, organizada por el Ayuntamiento de Gavà para presentar el proyecto Gavà Circular junto a otras iniciativas de Economía Circular territoriales Internacionales y Nacionales.

• Vídeo resumen 2º Jornada:

- <https://porunaeconomiacircular.es/video-resumen-de-la-ii-jornada-por-una-economia-circular-y-competitiva/>

• Presentación del Teniente Alcalde de Nueva Gobernanza y Economía en la Jornada:

- [https://porunaeconomiacircular.es/wp-content/uploads/2019/03/11\\_Jordi\\_Tort\\_Gava\\_principios\\_water\\_wise.pdf](https://porunaeconomiacircular.es/wp-content/uploads/2019/03/11_Jordi_Tort_Gava_principios_water_wise.pdf)

• Página web de la serie de Jornadas por una Economía Circular y Competitiva celebradas en 2018 y 2019:

- [https://porunaeconomiacircular.es/wp-content/uploads/2019/03/11\\_Jordi\\_Tort\\_Gava\\_principios\\_water\\_wise.pdf](https://porunaeconomiacircular.es/wp-content/uploads/2019/03/11_Jordi_Tort_Gava_principios_water_wise.pdf)

**2019/03/21:** Presentación de ponencia “Economía Circular en el municipio de Gavà” por parte del Ayuntamiento de Gavà en el III Congreso del Agua en Cataluña: Evolución de los usos, reutilización, economía circular y nuevas tecnologías.

- Programa: [http://www.congressaiguacatalunya.com/aaa/docs/cac2018/cac2019\\_programa\\_plenari.pdf](http://www.congressaiguacatalunya.com/aaa/docs/cac2018/cac2019_programa_plenari.pdf)

**2019/03/29:** Jornada Made in Gavà: presentación de los servicios ofrecidos a las empresas en el contexto del proyecto Gavà Circular.

- <http://www.gavatv.cat/gtv/capitol/reunio-made-in-gava>
- <https://elbrugersdigital.cat/empreses-idees-pla-desenvolupament-economic/>

**2019/07/05:** Presentación del proyecto de implementación de la economía circular en Gavà en el Brunch de Innovación “Circular Water” organizado por el Parque de Investigación de la Universidad Autónoma de Barcelona.

- Programa: [http://hubb30.cat/sites/default/files/filefield\\_paths/diptic\\_brunchs\\_2019.pdf](http://hubb30.cat/sites/default/files/filefield_paths/diptic_brunchs_2019.pdf)
- Noticia: <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/aplicar-la-economia-circular-a-la-gestion-del-agua-1345774819041.html?noticiaid=1345793882463>

Además de estas actividades, hasta la fecha, se llevaron a cabo unas 40 visitas personalizadas a empresas del parque industrial de Sant Feliu de Llobregat y Gavà, en las que, además de recoger información para ejecutar las acciones del proyecto, se explica el modelo y metodología aplicados para promover un uso eficiente de los recursos en el territorio.

Finalizados estos proyectos, se celebró un evento para presentar los principales mensajes entorno a la reutilización en el municipio, una sesión de sensibilización a las empresas sobre un modelo de transición energética colaborativo y una jornada específica sobre residuos industriales con la presentación de experiencias de valorización aplicables a los casos estudiados y sobre el proceso administrativo necesario para que un residuo se convierta en recurso.

## 03. Recuperación de productos valorizables para el propio proceso de tratamiento y regeneración de aguas.

### RETO

Las plantas desaladoras y terciarios de regeneración de aguas generan salmueras concentradas en salinidad y nutrientes que tienen que ser tratadas y gestionadas antes de devolver al medio ambiente. El acercamiento al problema hasta ahora ha sido el de contemplar estos vertidos como un problema a resolver que implicaba un coste económico y medioambiental. En la solución propuesta, se contemplan estos mismos vertidos desde una perspectiva circular de recuperación de productos valorizables para el propio proceso de tratamiento y regeneración de aguas, así como de nutrientes para aplicar a usos agrícolas.

### SOLUCIÓN

Se plantea un proyecto de regeneración de aguas residuales en el que se consiga tanto producir agua enriquecida en nutrientes para usos agrícolas o de riego y jardines, como la separación de la salinidad de dichas aguas y posterior transformación de la misma en productos químicos necesarios para la operación del proceso como para la desinfección final del agua. El proyecto implicará la implementación de un tren tecnológico innovador que será autosostenible desde el punto de vista de consumo de químicos, constituyendo un ejemplo claro de economía circular y aprovechamiento y valorización de recursos. Las tecnologías involucradas en el tren de tratamiento son comerciales, pero serán operadas en condiciones no convencionales que permitan la separación de los nitratos y la salinidad de las aguas residuales, un ámbito innovador desde el punto de vista técnico. Además de la recuperación de aguas residuales y su empleo en usos de riego, el proyecto permitirá una menor utilización de fertilizantes, y un empleo mínimo de químicos para operación de los procesos de tratamiento de aguas y de hipoclorito para desinfección de las aguas, ya que estos productos serán separados y producidos en el propio tren de tratamiento.

Se plantea un tren de proceso innovador compuesto por nanofiltración, electrodiálisis reversible y electrocloración para generar aguas óptimas para riego, con bajas salinidades y altas concentraciones de nutrientes, a costes y consumos energéticos menores que los de los procesos actualmente implementados (ej. Osmosis Inversa).

Asimismo, la solución permitirá la valorización de las salmueras producidas por el propio proceso para la generación de hipoclorito necesario para la desinfección del agua regenerada. Este proyecto aplicaría los conceptos de economía circular más allá del recurso agua, permitiendo el aprovechamiento de los nutrientes en las aguas de origen así como de los vertidos generados en el proceso de regeneración.

La solución permitirá la eliminación completa de contaminantes emergentes, resistencia a antibióticos y contaminantes microbiológicos, y los efectos beneficiosos de las aguas regeneradas serán comprobados durante el proyecto mediante la monitorización de los cultivos irrigados con las mismas.

Asimismo, la continuidad de la solución implementada será asegurada mediante la involucración de los diferentes stakeholders de la cadena de valor del agua regenerada en Alicante.

### MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

- Capacidades, competencias y experiencia en diseño, implementación y optimización de procesos avanzados para el tratamiento de aguas. Particularmente, conocimientos en tratamientos de membranas, tecnología electroquímica y procesos que combinen ambas tecnologías (híbridos).
- Capacidades y competencias en la medición de contaminantes emergentes, contaminantes microbiológicos y resistencia a antibióticos presentes tanto en aguas regeneradas como en los cultivos regados con dichas aguas.
- Capacidades para evaluar impactos a nivel agronómico del uso de aguas regeneradas en comparación con fuentes de agua convencionales.

## CAPACIDADES

Las tecnologías aplicadas están siendo implementadas en un entorno, condiciones de operación y para un uso final diferentes a los considerados en el estado del arte, por tanto, desde este punto de vista, su combinación y aplicación al caso presente es innovador.

Teniendo esto en cuenta, el tren tecnológico contemplado partiría de un TRL entre 5 y 6, ya que para su desarrollo se han realizado pruebas a escala laboratorio y bench. En el presente proyecto se llevaría a cabo su validación y demostración en un entorno relevante a nivel industrial, alcanzando un TRL de 8. Esto implica que a partir del proyecto, el tren de tratamiento demostrado se podría aplicar a escala completa.

## REFERENCIAS DE IMPLANTACIÓN

- Esa constituiría la primera implantación del proceso completo. Se han realizado pilotajes de las tecnologías individuales en el contexto de diferentes proyectos de Cetaqua, pero esta sería la primera vez que se hiciera un pilotaje integrado, fuente del principal valor innovador del proyecto
- Las referencias de los proyectos individuales son las siguientes:
  - LIFE WIRE: en este proyecto se probó a escala bench y piloto el proceso de nanofiltración para la regeneración de aguas residuales.
  - LIFE REMINE: en este proyecto se está empleando la nanofiltración para la regeneración de aguas en la industria minera.
  - Proyecto Electrobrines: en este proyecto se ha llevado a cabo la prueba a escala bench de procesos de electrocloración para la transformación de salmueras de estaciones regeneradoras y de desaladoras en hipoclorito.
  - Proyecto AB Electrocloración: en este proyecto se demostró el proceso de electrocloración para la postcloración en aguas potables.

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

Los elementos diferenciadores a nivel de innovación de la actual propuesta son los siguientes:

- 1. Tecnología:** los procesos tecnológicos planteados permiten la eliminación de salinidad y contaminantes emergentes sin eliminar los nutrientes de las aguas residuales a un coste menor que los procesos actualmente implementados para ello (Osmosis Inversa).
- 2. Economía circular:** la propuesta de economía circular va más allá que la de reutilizar aguas, aprovechando para riego los nutrientes de las aguas residuales y generando hipoclorito para desinfección del efluente a partir de las salmueras de propio proceso.
- 3. Impacto:** no solamente se tendrá en cuenta la producción de aguas regeneradas de calidad que cumpla la legislación de riego, sino que se demostrará el beneficio que implican para los cultivos.

## PRACTICIDAD DE USO

- 1. Producir agua regenerada óptima para uso en irrigación** de diferentes tipos de cultivos a largo plazo, baja en salinidad, alta en nutrientes y sin contaminantes emergentes.
- 2. Generar químicos de alto valor añadido para uso en el proceso de regeneración;** en concreto, generación de hipoclorito para desinfección del agua regenerada y limpieza de los procesos de membrana del tren de tratamiento.
- 3. Aprovechar los nutrientes existentes en las aguas residuales** para disminuir la necesidad de fertilizantes en los cultivos considerados y mejorar la productividad de los mismos.
- 4. Probar los beneficios de las aguas generadas** en las plantas y cultivos regados por las mismas en comparación con los regados con agua potable.



**BENEFICIO PRÁCTICO**

Más allá de la reutilización de agua regenerada, se aprovechan para riego los nutrientes de las aguas residuales y se genera hipoclorito para desinfección del efluente a partir de las salmueras de propio proceso.

**VALORES ADICIONALES**

Los valores adicionales de la propuesta radican en las interacciones que se puedan materializar entre los recursos producidos y las comunidades y sectores locales que los puedan emplear. De manera específica, se encontrarían oportunidades a nivel de:

1. Comunidades de regantes locales
2. Sector industrial que pueda hacer uso del hipoclorito generado
3. Ciudadanos del municipio en el caso de que el agua se emplee para riego de jardines municipales

**COSTE DE IMPLANTACIÓN**

El coste de la implantación de la planta piloto estaría alrededor de los 600 k€.

En este coste se incluiría, además de los equipos y prototipos, así como los trabajos necesarios para la adecuación, conexionado e instalaciones mecánicas y eléctricas.

**COSTE DE MANTENIMIENTO**

Para conocer el rango de costes de manera exacta, se deberá hacer el pilotaje de la solución.

Sin embargo, desde las pruebas anteriores y análisis de proceso, se estima un ahorro del 10-15% respecto de otras alternativas de proceso que consiguieran los mismos impactos. Estos ahorros se conseguirán vía ahorro en energía (tecnología más eficiente que la OI u otras tecnologías de ZLD actualmente empleadas), ahorro en químicos y ahorro en fertilizantes.

**AHORRO DE COSTES**

*Ver apartado Costes de Mantenimiento.*



## 04. Sistema de medida en base a imágenes satelitales sobre la oferta y la demanda del recurso agua.

### RETO

La disponibilidad de datos de calidad, relevancia y escala sobre necesidades y usos de agua es un factor clave para el desarrollo de entornos de economía circular. La definición de estrategias y planes de actuación que aseguren un reparto justo de los recursos naturales como elemento habilitador de la economía circular requiere, por tanto, de un flujo constante de datos de calidad y relevancia: datos sobre la disponibilidad de recursos, las características del entorno y las necesidades relacionadas con la actividad a nivel de territorio.

En la actualidad, tanto la monitorización de las masas de agua potable (ríos, embalses, balsas de riego) como la de los entornos agrícolas, industriales e urbanos que consumen agua se hace a través de múltiples sistemas desconectados que generan múltiples silos de datos.

Esta fragmentación hace que hoy en día resulte tremendamente costosa (o directamente inviable) la integración y la explotación conjunta de datos medioambientales heterogéneos a gran escala.

### SOLUCIÓN

La solución planteada tiene como objetivo construir un servicio de monitorización de zonas de economía circular basado en los productos y servicios que ofrece el programa Copernicus de la Unión Europea. Copernicus ofrece un sistema de observación de la Tierra que proporciona un flujo de datos abiertos y productos de alta calidad basado en la red de satélites Sentinel.

A partir de la captura y el procesamiento de los datos de la plataforma Copernicus, la solución planteada permitirá disponer de una medida continua, escalable espacial y temporalmente y de alta calidad sobre la oferta y la demanda del recurso agua en un contexto de economía circular:

- Volumen de agua disponible en embalses y balsas.
- Calidad de las masas de agua.
- Indicadores sobre usos del suelo a nivel territorial.
- Indicadores sobre niveles y tipos de actividad socio-económica a nivel territorial.
- La solución se centrará, por tanto, en dos objetivos funcionales paralelos a partir del mismo flujo de datos:
  - La monitorización de masas y depósitos de agua, con un foco especial en detección remota de productos químicos y microcontaminantes como parámetros clave para la calidad del agua. En este sentido, la solución seguirá el ejemplo de productos y servicios existentes, como el servicio Copernicus de gestión de emergencias (EMS), que aprovechan la capacidad de los Servicios de Datos e Información de Copérnico (DIAS).
  - La monitorización de los usos del suelo y de actividad en las zonas de economía circular y la definición de indicadores que ayuden a definir estrategias de economía circular.

Adicionalmente, los servicios de monitorización de la solución integrarán fuentes de datos adicionales (observación remota, redes sociales, otras fuentes de datos abiertas...) para mejorar los indicadores de monitorización generados.

## MADUREZ DE LA SOLUCIÓN

El TRL objetivo para la solución propuesta es elevado y compatible con la prueba en un entorno real (7). El concepto de la solución propuesta se basa en el desarrollo de un sistema software basado en una arquitectura orientada a servicios que asegure el despliegue modular. Este sistema será plenamente compatible con requisitos de puesta en producción, y se compondrá de tres módulos funcionales principales: frontend (FE), middleware (MW) y backend (BE).

El desarrollo se construirá en buena parte a partir de la infraestructura de datos que proporciona actualmente el programa Copernicus, como el servicio DIAS ya mencionado. Este enfoque reducirá la incertidumbre tecnológica y la robustez de la solución propuesta.

Los datos de calidad del agua de resolución media están disponibles actualmente a través del servicio Copernicus Global Land, que proporciona datos sobre masas de agua y temperaturas superficiales en una resolución espacial de hasta 300 m utilizando PROBA-V, Sentinel-3 (OLCI, SLSTR) y ENVISAT (MERIS, AATSR). Ofrecen análisis históricos de las imágenes de archivo de 2002 a 2012, así como servicios operacionales. Bajo el programa Copernicus MyOCEAN se ofrece un amplio conjunto de parámetros de monitorización de los océanos.

En lo que respecta a la monitorización de los usos del suelo y la actividad en zonas específicas a partir de imágenes satelitales, no existe en la actualidad una fuente de datos que proporcione el dato de manera abierta y con cobertura espacial y temporal adecuada.

## CAPACIDADES

Centros de conocimiento de referencia (esp. Com. Valenciana)

**1. Environmental Remote Sensing Group, Universitat de València.**

**1. Geo-environmental cartography and remote sensing group, Universitat Politècnica de València.**

## VALORES DE LA INNOVACIÓN

La solución propuesta ofrece diferentes vectores de innovación, especialmente relacionados con la explotación conjunta en servicios interoperables de datos que hasta ahora no se han operado de manera integrada. Desde una perspectiva de la arquitectura de datos, este es un gran desafío. De hecho, la inmensa contribución de los datos geoespaciales debe agregarse y filtrarse de manera óptima para proporcionarlos al usuario final, superando cuestiones importantes como la eficacia de la entrega, el tráfico y el equilibrio de carga, la heterogeneidad de datos, protocolos y tecnologías.

En términos de integración e interoperabilidad de datos el proyecto no solo proporcionará los medios para ingerir datos heterogéneos, sino también para gobernar la complejidad de las fuentes de datos disponibles requisitos legales que pueden tener serios inconvenientes en el resultado final. Los aspectos de ingeniería de datos también se considerarán para tratar con el conjunto específico de requisitos del sistema a desarrollar (integración de datos sobre la marcha, transformación y validación de calidad para grandes volúmenes de datos casi en tiempo real).

## PRACTICIDAD DE USO

El entorno de usuario tiene como objetivo proporcionar una visualización avanzada, enriquecida gracias a técnicas novedosas para proporcionar conocimiento para la toma de decisiones respecto a las políticas de economía circular. Integra grandes cantidades de datos geoespaciales y proporciona resultados de alto valor añadido y potencial de explotación. Parte de los esfuerzos se centrarán en implementar el descubrimiento de datos de autoservicio como un habilitador clave de Visual Analytics (representación del conocimiento y datos y técnicas de preparación).

## COSTE DE IMPLANTACIÓN

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

## COSTE DE MANTENIMIENTO

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)

## AHORRO DE COSTES

N.B. Si fuera conveniente, puede expresarse como coste por ud. (p.ej. €/m<sup>3</sup>)



## Bibliografía

1. Guía Práctica del Proceso de Compra Pública de Innovación para Organismos Públicos de la Comunitat Valenciana (AVI). [http://innoavi.es/wp-content/uploads/2019/04/GuiaCPI\\_AVI.pdf](http://innoavi.es/wp-content/uploads/2019/04/GuiaCPI_AVI.pdf)
2. Guia de compra pública d'innovació - GENCAT. [https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/Guia-de-compra-publica-dinnovacio#blocMaterials\\_0a4456e0-f6af-11e7-a139-005056924a59](https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/Guia-de-compra-publica-dinnovacio#blocMaterials_0a4456e0-f6af-11e7-a139-005056924a59)
3. Guía 2.0 para la compra pública de innovación [http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Innovacion/FICHEROS/Guia\\_2\\_0\\_CPI\\_V5\\_Borrador\\_web.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Innovacion/FICHEROS/Guia_2_0_CPI_V5_Borrador_web.pdf)
4. Guía para autoridades públicas sobre la Contratación Pública de Innovación (2015) <https://www.innovationprocurement.org/.../PPI-Platform-Guide-ES-final-lowres.pdf>
5. Situación y evolución de la economía circular en España - Informe 2019 COTEC <https://cotec.es/media/informe-cotec-economia-circular-2019.pdf>
6. Agua y Economía Circular. Joaquín Melgarejo [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88467/1/Congreso\\_Nacional\\_Agua\\_2019\\_27-52.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88467/1/Congreso_Nacional_Agua_2019_27-52.pdf)
7. Agua y Economía Circular. Fundación CONAMA [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88467/1/Congreso\\_Nacional\\_Agua\\_2019\\_27-52.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88467/1/Congreso_Nacional_Agua_2019_27-52.pdf)
8. Directiva 2014/24/UE del parlamento europeo y del consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0024&from=ES>
9. Directiva 2014/23/UE del parlamento europeo y del consejo de 26 de febrero de 2014 relativa a la adjudicación de contratos de concesión. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0023&from=ES>
10. Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-9617>
11. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos de Sector Público. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-12902>
12. ¿Qué es la economía circular? Concepto y principios. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>
13. Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>
14. Rethinking the water cycle. <https://www.mckinsey.it/idee/rethinking-the-water-cycle>
15. What kind of legal, technical and political bottlenecks stand in the way of a circular approach to water? <http://www.thesourcemagazine.org/the-role-of-water-in-the-circular-economy/>





*Mucho más que Agua*

