

SEGURIDAD HÍDRICA



JOAQUÍN MELGAREJO MORENO
M^a INMACULADA LÓPEZ ORTIZ
PATRICIA FERNÁNDEZ ARACIL

SEGURIDAD HÍDRICA

© los autores, 2023
© de esta edición: Universitat d'Alacant
ISBN: 978-84-1302-234-5

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual.

TABLA DE CONTENIDO

BLOQUE I - PLANIFICACIÓN

Consideraciones ambientales con relación a la aprobación del Plan Hidrológico del Tajo de Tercer Ciclo 2022-2027 y el Traspase Tajo-Segura José Navarro Pedreño.....	19
Planificación Hidrológica: información, participación y evaluación ambiental estratégica Ángel Ruiz de Apodaca Espinosa	39
Representación espacio-temporal del riesgo de inundación a partir de las indemnizaciones del seguro de riesgos extraordinarios Francisco Espejo Gil, Urko Elozegi Gurmendi.....	59
La desalación en la estrategia de seguridad hídrica. Implicaciones económicas y ambientales Alberto del Villar García.....	73
La desalación en la provincia de Almería: garantía para el abastecimiento y el regadío Francisco Javier Alcántara Pérez	93
Mejorar la resiliencia ante las inundaciones en la Vega Baja (España). Propuesta didáctica en bachillerato Ángela del Carmen Zaragoza, Álvaro-Francisco Morote, María Hernández Hernández.....	105
Resignificando la ciudad como biotopo humano Javier Eduardo Parada Rodríguez, Liliana Romero Guzmán, Jesús Enrique De Hoyos Martínez	117
Gestión del agua y saneamiento básico en una reserva de desarrollo sostenible: comunidad de Nossa Senhora do Livramento do Tupé, Brasil Antonio Jorge Barbosa da Silva Maria Claudia da Silva Antunes de Souza	133
Proposición de una metodología para estimar la erosión del suelo en viticultura mediante ISUM (Improved Stock Unearthing Method). Un caso en el viñedo leonés Antonio Jódar-Abellán, Marta García-Fernández, Susana García-Pisabarro, Jesús Rodrigo-Comino	141
Estimación de la disponibilidad y seguridad hídrica bajo escenarios de cambio climático en una cuenca hidrológica agro-forestal del sureste de España Antonio Jódar-Abellán, Dámaris Núñez-Gómez, Efraín Carrillo-López, Ryan T. Bailey, Pablo Melgarejo	151
Determinación del umbral de escorrentía y disponibilidad hídrica de la cuenca hidrográfica del río Jubones, Ecuador Paolo Brazales Cervantes, Seyed Babak Haji Seyed Asadollah, Antonio Jódar-Abellán.....	163
Análisis del umbral de escorrentía de la cuenca del río Obispo, en la provincia del Carchi (Ecuador) Pablo David Viera Ríos, Derdour Abdessamed, Antonio Jódar-Abellán.....	175
El acuífero del Peñón (Alicante): un pequeño acuífero kárstico Víctor Sala Sala, José Miguel Andreu Rodes, Miguel Fernández Mejuto, Ernesto García Sánchez.....	185

¿Se observan cambios en la precipitación que afecten al Acuífero del Ventós (provincia de Alicante)?

José Miguel Andreu Rodes, Igor Gómez Domenech, Miguel Fernández-Mejuto, Juan Bellot Abad197

Revisión de las políticas de modernización de regadíos en la Comunidad Valenciana. La estrategia valenciana de regadíos 2020-2040

David Sancho-Vila, Marta García-Mollá207

El impacto del proyecto europeo ARSINOE en la gestión del acuífero de la isla de El Hierro (Canarias)

Juan C. Santamarta, Noelia Cruz-Pérez, Joselin S. Rodríguez-Alcántara, Alejandro García-Gil, Miguel Á. Marazuela, Carlos Baquedano, Jesica Rodríguez Martín, Luis Fernando Martín Rodríguez 219

BLOQUE II - INFRAESTRUCTURAS

Reutilización de aguas regeneradas en la cuenca del segura. Adaptación al reglamento (UE) 2020/741: retos y oportunidades

Sonia M. Hernández López, José Carlos González Martínez231

Caracterización hidrológica de los caudales ecológicos mínimos en España

Luis Garrote de Marcos 249

Sobrevvertido en presas de hormigón. Evaluación de las acciones hidrodinámicas

Luis G. Castillo Elsitdié, José M. Carrillo Sánchez, Juan T. García Bermejo 269

Consideraciones sobre la estimación de hidrogramas de rotura de presas

Luis Altarejos García 295

La seguridad de las infraestructuras hidráulicas

Francisco Javier Flores Montoya315

La ordenación del territorio y la planificación hidrológica al servicio de la seguridad hidráulica y energética

Francisco Javier Flores Montoya325

La evolución de los servicios urbanos del agua en Madrid: un servicio de alta calidad

Ignacio Lozano Colmenarejo345

BALTEN: el agua regenerada como garantía de suministro de agua de riego en Tenerife

Ana Sánchez Espadas, Jesús Rodríguez Martí363

El sector del agua urbana frente a las nuevas exigencias legislativas para mantener la seguridad hídrica

Carmen Hernández de Vega, Alicia Ayuso Solís381

El abastecimiento de la ciudad de Ávila: retos y soluciones científico-técnicas

José Luis Molina González, Jorge Mongil Manso 399

El Consorcio de Aguas de la Marina Baja: un ejemplo de economía circular en la garantía del abastecimiento urbano ante el reto continuo de las sequías

Jaime Berenguer Ponsoda409

Gestión activa de sistemas de abastecimiento mediante el empleo de sistemas multiagente (MAS) para la sostenibilidad

Carlos Calatayud Asensi, José Vicente Berná Martínez, Vicente Javier Macián Cervera, Lucía Arnau Muñoz439

La gestión municipal del ciclo urbano del agua digitalizado

Rosa Rozas Torrente, M^a José Moya Llamas, Arturo Trapote Jaume451

Microsectorización dinámica redes de distribución de agua	
Arturo Albaladejo Ruiz.....	463
Uso de compuertas en redes de drenaje para reducir inundaciones	
Leonardo Bayas-Jiménez	477
Detección y monitoreo de aguas superficiales en la región semiárida brasileña a partir de datos orbitales de sensores remotos	
Izaias de Souza Silva.....	487

BLOQUE III - EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y JURÍDICA

La inseguridad hídrica del informe del Consejo Nacional del Agua sobre el recorte del travase Tajo-Segura	
Miguel Ángel Blanes Climent.....	499
El necesario impulso a las centrales hidroeléctricas reversibles como contribución a la seguridad energética nacional: algunas cuestiones jurídicas	
Estanislao Arana García	511
Políticas públicas para la mitigación del impacto del cambio climático sobre los aprovechamientos energéticos	
Jesús Conde Antequera	529
La legislación contra el cambio climático y la transición a una economía descarbonizada desde una doble perspectiva: ambiental y social	
José Esteve Pardo.....	549
Huella hídrica y financiación sostenible	
Domingo Zarzo Martínez, Mercedes Calzada Garzón, Patricia Terrero Rodríguez.....	559
¿Estamos sobreestimando los recursos de agua regenerada? Una ducha fría con la realidad hidro-económica	
Julio Berbel, Esther Díaz-Cano, Alfonso Expósito	577
Taxonomía de los instrumentos económicos aplicados para la gestión sostenible del agua	
Nazaret M ^a Montilla López, Esther Díaz-Cano y Julio Berbel.....	597
Seguridad hídrica y objetivos del PNIEC desde una perspectiva jurídica	
José Antonio Blanco Moa	613
SIAGES: un innovador sistema integrado de apoyo a la gestión del agua	
Alberto Esteban Barrera García, Álvaro Rodríguez García, Ramón Bella Piñeiro, Jose Pablo Ormaechea, Luis José Ruiz Aznar, Abel Solera Solera et al., Manuel Argamasilla Ruiz, Lupicino García Ortiz.....	631
Crisis energética y equilibrio económico financiero en la contratación pública	
Esteban Arimany Lamoglia	643
Garantía del abastecimiento en el Sureste español: la Mancomunidad de los Canales del Taibilla	
Patricia Fernández Aracil, M ^a Inmaculada López Ortiz, Joaquín Melgarejo Moreno.....	655
La evaluación de impacto ambiental de proyectos hidráulicos ¿lo estamos haciendo bien?	
Carlos Martín Cantarino.....	677

La seguridad energética y el autoconsumo fotovoltaico como herramienta para la seguridad hídrica	
Marcos García-López, Joaquín Melgarejo	695
Seguridad hídrica y equilibrio ecológico en el parque natural «El Hondo»: visión histórico-jurídica	
Francisco José Abellán Contreras	709
Los trasvases en tiempos de seguridad hídrica	
Paul Villegas Vega	723
Vulnerabilidad e incidencia de la pobreza hídrica en Alicante	
Ricardo Abad Coloma	735
Asequibilidad al agua urbana y pobreza hídrica en ciudades del Norte global: el caso de Alicante	
Luis E. Zapana Churata, Rubén A. Villar Navascués, María Hernández Hernández, Antonio M. Rico Amorós	745
Políticas públicas de ayudas para la mejora, modernización e innovación en el regadío de la Región de Murcia	
Ramón Martínez Medina, Encarnación Gil Meseguer, José María Gómez-Gil, José María Gómez Espín	759
O reflexo das <i>fake news</i> frente a crise ambiental: uma reflexão necessária nos dias atuais	
Aline Hoffmann, Liton Lanes Pilau Sobrinho	773
Apontamentos sobre o pagamento por serviços ambientais	
André Luiz Anrain Trentini	783
Constitucionalismo das águas – o “aguar” das constituições	
Luciana Pelisser Gottardi Trentini	795
Uso sustentável da água: uma definição a partir dos conceitos de segurança hídrica, de eficiência e de sustentabilidade	
Ana Luisa Schmidt Ramos, Alexandre Morais da Rosa	805
O regime de responsabilidade penal pela poluição hídrica no Brasil	
Jefferson Zanini, Luiz Antônio Zanini Fornerolli	815
Segurança hídrica e seu tratamento jurídico no o regime de responsabilidade penal pela poluição hídrica no Brasil e na Espanha	
Leandro Katscharowski Aguiar	827
Debatendo os ODS com base na sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável.....	
Denise Schmitt Siqueira Garcia, Heloise Siqueira Garcia	837
A falta de efetividade no planejamento da segurança hídrica do Brasil	
Denise Schmitt Siqueira Garcia, Alexandre Waltrick Rates	851
Do constitucionalismo ao constitucionalismo global: por uma constituição mundial em defesa de bens fundamentais	
Vanessa Ramos Casagrande	863
A dessalinização da água como instrumento de segurança hídrica	
Anaxágora Alves Machado Rates	875
A canção dos oceanos	
Paola Fava Saikoski	885

Análise da lei de recursos hídricos à luz da responsabilidade do Brasil para com a sustentabilidade e a conscientização ambiental	
Adilor Danieli	895
Investigación sobre el río Amarillo en las dinastías Ming y Qing. Comentario sobre la Ley de protección del río Amarillo	
Yang Yang.....	907
Propuesta metodológica para la recolección del etnoconocimiento en la gestión del riesgo de desastre	
Isaleimi Quiguapumbo Valencia, Antonio Aledo Tur.....	919

BLOQUE IV - TECNOLOGÍAS

Nuevo sistema de riego con recuperación de agua y nutrientes	
Pablo Melgarejo, Dámaris Núñez-Gómez, Pilar Legua, Vicente Lidón, Agustín Conesa, Antonio Marhuenda, Juan José Martínez-Nicolás.....	933
Dinapsis: transformación digital para la gestión sostenible del agua y la salud ambiental	
María Tuesta San Miguel.....	953
Los contaminantes emergentes en la reforma de la directiva de aguas residuales	
Daniel Prats Rico.....	959
Fertirrigación y nuevas estrategias como garantía de seguridad hídrica en el regadío	
Alejandro Pérez Pastor y Elisa Pagán Rubio.....	985
La desalación y el hidrógeno	
Alejandro Zarzuela López.....	1005
Análisis regional de la reducción de boro en agua marina desalinizada para el riego agrícola en el sureste español	
Alberto Imbernón Mulero, José Francisco Maestre Valero, Saker Ben Abdallah, Victoriano Martínez Álvarez, Belén Gallego Elvira.....	1021
Impacto ambiental de la reducción del boro del agua de mar desalinizada para el riego en parcela	
Saker Ben Abdallah, Belén Gallego-Elvira, Alberto Imbernón-Mulero, Victoriano Martínez-Alvarez, José Francisco Maestre Valero.....	1031
Modelado cinético del consumo de CO₂ para la cepa Spirulina platensis	
Antonio F. Marcilla Gomis, Inmaculada Blasco López.....	1041
Empleo de filtro verde construido con residuos para reducir el contenido en fósforo en aguas de riego	
Teresa Rodríguez Espinosa, María Belén Almendro Candel, Ana Pérez Gimeno, Iliana Papamichael.....	1055
Tecnologías de oxidación avanzada para la degradación del fármaco carbamazepina: la ozonización	
María José Moya-Llamas, Marta Ferre Martínez, Elizabetha Domínguez Chabaliná, Arturo Trapote Jaime, Daniel Prats Rico.....	1067
Aprendizaje basado en proyectos colaborativos globales en formación profesional: banco de ensayos hidráulicos para la digitalización del agua	
Albert Canut Montalvã, Joaquín Martínez López, Maties Roma mayor, Antonio Oliva Sánchez.....	1079

Reutilización de agua para riego en la ciudad de Murcia. Proyecto LIFE CONQUER Eva Mena Gil, Simón Nevado Santos, Elena de Vicente Aguilar, Adriana Romero Lestido Benoît Fabien Claude Lefèvre.....	1091
Eliminación de microcontaminantes emergentes en lodos de depuradora mediante procesos de oxidación avanzada: peróxido de hidrógeno y ozono Clara Calvo Barahona, Adrián Rodríguez Montoya, María José Moya-Llamas, Arturo Trapote Jaume, Daniel Prats Rico.....	1103
Vigilancia y protección de las aguas superficiales mediante el proyecto WQeMS y los servicios del Copernicus Pablo Cascales de Paz, Eva Mena Gil, Isabel Hurtado Melgar, Laurent Pouget.....	1115
Tratamiento ecológico para la eutrofización y la anoxia en las masas de agua Ricardo Mateos-Aparicio Baixauli.....	1125
Modelado de descarga submarina de salmuera antes y después de la instalación de un difusor Silvano Porto Pereira, José Luís Sánchez-Lizaso, Paulo César Colonna Rosman. Ángel Loya, Iran Eduardo Lima Neto.....	1137
Las sequías en España en el siglo XXI: su influencia en la disminución y cierre de transferencias de agua del acueducto Tajo-Segura y de la conexión Negratín-Almanzora Encarnación Gil Meseguer, Ramón Martínez Medina, José María Gómez-Gil, José María Gómez Espín.....	1147

Aprendizaje basado en proyectos colaborativos globales en formación profesional: banco de ensayos hidráulicos para la digitalización del agua

Albert Canut MontalvÀ

IES Beatriu Fajardo de Mendoza (Benidorm), España
a.canutmontalva@edu.gva.com

Joaquín Martínez López

IES Beatriu Fajardo de Mendoza (Benidorm), España
<https://portal.edu.gva.es/iesbeatriu/es/portada-es/>

Maties Roma mayor

IES Beatriu Fajardo de Mendoza (Benidorm), España
<https://portal.edu.gva.es/iesbeatriu/es/portada-es/>

Antonio Oliva Sánchez

Responsable de Operaciones en Hidraqua
antonio.oliva@hidraqua.es

RESUMEN

Una formación de calidad alineada con las actuales necesidades de las empresas del agua constituye un pilar básico para el futuro del sector. El proyecto de innovación educativa Banco de Ensayos Hidráulicos para la Digitalización del Agua, llevado a cabo de forma colaborativa por un centro educativo que imparte los ciclos de formación profesional del agua con el apoyo de una empresa de referencia del ciclo urbano del agua, permite sumar la formación en digitalización del agua a través de diseño, montaje y puesta en marcha de una planta piloto dotada de sensores de forma que permite realizar, además de los ensayos hidráulicos típicos (curvas de caudal de bombas, pérdidas de carga de elementos, etc.), la realización de ensayos de duración indefinida que plantean distintas simulaciones de operación de una red de forma que los sensores instalados permiten el seguimiento de caudales, presiones, temperatura, niveles, etc. en diversos puntos de la red para mediante su análisis obtener parámetros de gestión eficiente de una red. El proyecto se concibe desde un enfoque de Aprendizaje basado en Proyectos al que se le añade el matiz Colaborativo Global por cuanto se promueve la colaboración de alumnado de 1º y 2º curso de ciclo de grado medio y de grado superior para su desarrollo y la movilización integral de los diversos saberes y habilidades. El resultado obtenido constituye un recurso formativo innovador en gestión del agua como planta de experimentación y como fuente para el planteamiento de actividades prácticas de rediseño y montaje para futuras promociones de alumnos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Necesidades actuales de formación de profesionales en el sector del agua urbana

En España 2022, el volumen de pérdidas de agua en las redes de abastecimiento es del 23,5%. Para mejorar estas cifras, el control y la gestión de las infraestructuras y los servicios del agua deben alinearse con las nuevas tecnologías, como oportunidad para reducir el consumo de energía, mitigar las pérdidas innecesarias de agua y optimizar la gestión avanzada de activos, es decir, lograr una gestión del agua más inteligente y sostenible (AEAS, 2022). La digitalización de los servicios urbanos del agua constituye una de las líneas estratégicas para la optimización y sostenibilidad del sector del agua urbana (PTA, 2020). Posición que cristaliza con la publicación en 2022 por parte del Gobierno de España del PERTE de digitalización del ciclo del agua en cuya introducción señala que *no se ha producido en este sector una completa digitalización ni a nivel usuarios, ni a nivel administración, y, como consecuencia de ello, en plena sociedad del conocimiento no se dispone de información completa sobre el uso del agua, así como sobre las pérdidas de agua que se producen en las redes de distribución por fugas, roturas o filtraciones.*

El nuevo paradigma en la gestión del agua urbana, a su vez, ha producido un cambio en las necesidades de formación del personal técnico requerido por las empresas fruto de la creciente digitalización de las herramientas y nuevos requerimientos técnicos y tecnológicos de los puestos de trabajo que no se reflejan todavía de forma suficiente en la oferta formativa existente (nuevas tecnologías, herramientas digitales y software especializado), observándose un déficit de formación reglada, especialmente en la categoría profesional de técnicos y oficiales pese a que en las principales empresas del sector del agua analizadas, más de la mitad de los trabajadores (52,6%) se encuadran en dos categorías profesionales: operarios y personal subalterno, y técnicos y oficiales. situación muestra la relevancia que tienen dichos profesionales en las empresas del sector (CEAGU, 2020).

A este contexto viene a sumarse el reciente RD 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro que en su artículo 48 establece que: *El operador de las plantas de tratamiento de potabilización, depósitos o redes de distribución de la zona de abastecimiento, deberá asegurarse que todo el personal propio o subcontratado implicado en las actividades previstas en este real decreto, cuente con la cualificación profesional mínima para la actividad que desempeña en dichas infraestructuras, siempre y cuando sean actuaciones operativas y que pudieran incidir sobre la calidad del agua, que en su Disposición adicional quinta. Formación del personal añade que El Ministerio de Educación y Formación Profesional, junto al sector e interlocutores sociales establecerá y actualizará los desarrollos curriculares y criterios formativos que permitan garantizar unos niveles mínimos de capacitación a las personas que desarrollen actividades laborales relacionadas con tareas descritas en este real decreto y, en concreto, para cumplir lo dispuesto en los artículos 48 y 49, antes de 2030.*

1.2. La actual oferta formación profesional inicial reglada para el sector del agua

Pese a que la norma anterior no explicita los requisitos de titulación considerando el vigente sistema de formación inicial reglada, el marco formativo para los profesionales técnicos del sector del agua queda definido por el Real Decreto 114/2017, de 17 de febrero, por el que se establece el título de Técnico en redes y estaciones de tratamiento de aguas y por el Real Decreto 113/2017, de 17 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en gestión del agua que se fijan los aspectos básicos de los respectivos currículos y se desarrollan en sendas Órdenes Ministeriales de 2019.

La competencia general de ambos títulos se muestra en la Tabla 1, observándose la orientación al montaje y mantenimiento de los técnicos de grado medio y la orientación a la organización, gestión y supervisión den los técnicos de grado superior.

TÉCNICO EN REDES Y ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y SE FIJAN LOS ASPECTOS BÁSICOS DEL CURRÍCULO	TÉCNICO SUPERIOR EN GESTIÓN DEL AGUA
Competencia general. Realizar el montaje, operación y mantenimiento de redes de agua, así como operar y mantener los equipos e instalaciones de estaciones de tratamiento de aguas, aplicando la normativa vigente, protocolos de calidad, de seguridad y prevención de riesgos laborales establecidos, asegurando su funcionalidad y el respeto al medio ambiente.	Competencia general. Gestionar el uso eficiente del agua, organizando y desarrollando el montaje, la puesta en servicio, explotación y mantenimiento de redes y estaciones de tratamiento de aguas, aplicando los requerimientos de calidad, tanto de las instalaciones como del agua y las medidas de prevención de riesgos laborales y de protección ambiental requeridas por la normativa vigente.

Tabla 1. Competencia general ciclo grado medio vs ciclo grado superior.

1.3. Las metodologías didácticas en ámbitos tecnológicos

Los centros educativos, en el ámbito de la formación profesional, tienen por objeto proporcionar al alumnado una formación de calidad actualizada a las necesidades de los sectores productivos y de servicios relacionados con las familias profesionales impartidas en cada centro buscando para ello el diálogo y la colaboración con las empresas y entidades de referencia del sector facilitando así la empleabilidad de los titulados. Esta misión conlleva la adopción de estrategias y métodos de enseñanza-aprendizaje innovadores y la elaboración de recursos didácticos novedosos.

Pese a que existe una gran diversidad de métodos dentro del campo de la didáctica y no se puede afirmar que uno de ellos sea el método ideal, el empleo de uno u otro está en función de lo que se pretende, del contenido a desarrollar, de las actividades que se van a realizar y de las características de los alumnos, para cada contexto deberá adecuarse el método didáctico o combinación de métodos a las características del grupo y a la complejidad de los conceptos. En particular, las actividades de enseñanza-aprendizaje de materias dentro del campo tecnológico deben hacer posible la adquisición de conocimientos técnicos necesarios para la comprensión y el desarrollo de la actividad tecnológica abordada y además para su asimilación debe planificarse actividades en que el alumnado ponga en práctica los conocimientos y procedimientos a través de actividades que constituyan un desafío principalmente a través de la metodología de proyectos desde la identificación y análisis de un problema, hasta la construcción del objeto, máquina o sistema capaces de resolverlo, incluyendo la evaluación del objeto final y de los pasos seguidos para

alcanzarlo. Una continua manipulación de materiales sin los conocimientos técnicos necesarios nos puede conducir al mero activismo y, del mismo modo, un proceso de enseñanza-aprendizaje puramente académico, carente de experimentación, manipulación y construcción, puede derivar en un enciclopedismo tecnológico inútil. En relación a los procesos de enseñanza aprendizaje en la materia de tecnología cabe señalar (Cervera, 2010; Ortiz, 2013; Medina, 2015):

- a. Es imprescindible la adquisición de los conocimientos técnicos y científicos necesarios para comprender y desarrollar la actividad tecnológica.
- b. Estos conocimientos adquieren su razón de ser si se aplican al análisis de los objetos tecnológicos existentes y a su posible manipulación y transformación.
- c. La posibilidad de emular procesos de resolución de problemas a través de una metodología de proyectos se convierte es fundamental para el proceso de aprendizaje y adquiere su dimensión completa apoyado en las dos actividades precedentes. Además, los proyectos requieren que el alumnado trabaje en equipo, y permite que desarrolle las cualidades necesarias para un futuro trabajo profesional dentro de un grupo.

2. PROYECTO BANCO DE ENSAYOS PARA LA DIGITALIZACIÓN DEL AGUA

2.1. Antecedentes del proyecto

Por su contexto socioeconómico, en el entorno de Benidorm la disponibilidad de agua de calidad es de especial relevancia. El IES Beatriu Fajardo de Mendoza ubicado en Benidorm imparte los ciclos de Grado Medio en Redes y Estaciones de Tratamiento de Aguas y el de Grado Superior de Gestión del Agua, contribuyendo a la necesidad de formar profesionales acordes a las actuales demandas de la sociedad y de las empresas.

Tal como se ha comentado anteriormente el nuevo paradigma de gestión sostenible del agua se apoya en la digitalización del ciclo integral y la toma de decisiones basadas en datos. En este contexto, el proyecto tiene por objeto realizar el montaje de un banco de ensayo provistos de los elementos tecnológicos necesarios para, de esta forma, lograr una incorporación efectiva de recursos didácticos innovadores para la adquisición de competencias en digitalización del agua mediante técnicas IoT. El proyecto cuenta con la colaboración Hidraqua una de las empresas punteras en la gestión del ciclo integral del agua.

En la literatura podemos encontrar diversos ejemplos de bancos de pruebas hidráulicas. No obstante, se trata de proyectos individuales de fin de grado o fin de máster para determinar parámetros concretos tales como pérdidas de carga lineales o en singularidades o bien para determinar curvas características de bombas. Por su naturaleza, estos trabajos se realizan desde una perspectiva de diseño hidráulico, pero no analizan aspectos didácticos ni formativos ni suelen emplearse como recurso didáctico para el conjunto del alumnado (Gea 2014; Guanotaxi 2012; Rojas, 2020; Gutiérrez 2019; Ascensios 2014; Lara 2011; Ortiz 2021). Todas estas experiencias se refieren a trabajos en el ámbito universitario y no ha sido posible encontrar experiencias referidas a niveles relativos a la Formación Profesional, probablemente debido a la relativa novedad de los ciclos.

Por un lado, a diferencia de las experiencias comentadas en el párrafo anterior, el banco de ensayos permite realizar, además de los ensayos hidráulicos típicos (curvas de caudal, pérdidas de carga, etc.), ensayos de larga duración (días, semanas o indefinidamente) en que se plantean distintas simulaciones de operación de una red de forma que los sensores instalados proporcionan el seguimiento de caudales, presiones, temperatura, niveles, etc. en diversos puntos de la red de forma que el alumnado analiza los datos adquiridos para obtener y aprender parámetros de gestión tales como Agua no registrada (ANR), Rendimiento técnico hidráulico (RTH) y plantear simulaciones de otros parámetros tales como el TIRL (TIRL, Technical Indicator for Real Losses) y UARL (UARL, Unavoidable Average Real Losses) (Alvarez, 2014) simulando diversas tipologías de red según alineamiento de válvulas, modo de operación y simulación de puntos de consumo con contador y fugas, etc. en largos periodos de tiempo.

Por otro lado, desde la perspectiva de la innovación didáctica, el proyecto ha sido llevado a cabo de forma colaborativa por alumnos del ciclo grado medio de Redes y Equipos de Tratamiento de Agua y del ciclo de grado superior de Gestión del Agua desde una metodología didáctica de aprendizaje que denominamos Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos Globales (ABP-CG) cuyas premisas responden a la dualidad proyecto como proceso/ proyecto como producto:

EL PROYECTO COMO PROCESO	EL PROYECTO COMO PRODUCTO
Formativo para los alumnos. Coherente con los currículos. Integrable en las programaciones. Colaborativo entre grupos y entre profesores y con la empresa. Global respecto a los ciclos involucrados.	Didáctico: facilitador del aprendizaje de saberes y habilidades. Flexible: permite distintos escenarios y ensayos. Modificable: fácil cambio de disposición. Ampliable: incorporar tramos, equipos, funcionalidades, etc. Reutilizable: por futuras promociones.

Tabla 2. Premisas ABP-GC

Como elementos innovadores destacaremos la consideración de proyecto colaborativo global desde una perspectiva múltiple:

- Participan en un mismo proyecto el equipo docente y el alumnado de 1º y 2º de Grado Medio y de Grado Superior.
- Colabora personal técnico de una empresa en tareas de conceptualización y cesión de materiales.
- Se movilizan, de forma integrada, para lograr el objetivo los diversos saberes y habilidades contempladas en los currículos de todos los módulos que conforman ambos ciclos con un enfoque de aprender haciendo, pues supone la puesta en práctica de los contenidos y métodos de trabajo previstos en los diversos módulos formativos de los ciclos. En la Tabla 3 se indican los módulos que constituyen una continuidad entre grado medio y superior.

MÓDULOS DE GRADO MEDIO	MÓDULOS DE GRADO SUPERIOR
1559. Replanteo en redes de agua. 1564. Calidad del agua. 1560. Estaciones de tratamiento de aguas. 1563. Montaje y puesta en servicio de redes de agua. 1566. Mantenimiento de equipos e instalaciones y 1568. Mantenimiento de redes 1567. Hidráulica y redes de agua. 0310. Montaje y mantenimiento de instalaciones de agua y 562. Técnicas de mecanizado y unión. 1561. Instalaciones eléctricas en redes de agua.	1572. Planificación y replanteo. 1573. Calidad y tratamiento de aguas 1576. Sistemas eléctricos en instalaciones de agua. 1578. Operaciones en redes e instalaciones de agua. 1575. Configuración de redes de agua. 1580. Técnicas de montaje en instalaciones de agua 1577. Automatismos y telecontrol en instalaciones de agua.

Tabla 3. Interrelación entre los módulos de 1º y 2º curso des grados medio y superior.

2.2. Objeto del proyecto

El proyecto plantea como objetivos:

- Mejorar y actualizar las competencias previstas en los actuales programas formativos de los ciclos implicados incorporando la digitalización del agua.
- Mejorar los recursos didácticos disponibles para proporcionar una formación profesional de la mejor calidad al alumnado.
- Incrementar la colaboración con empresas del sector.
- Mejorar de la visibilidad y reconocimiento de los ciclos de agua atrayendo nuevo alumnado a realizar FP.

2.3. Plan de trabajo

El proyecto se ha desarrollado entre enero y junio de 2023. Las Etapas o fases del proyecto llevadas a cabo se muestran a continuación:

- *FASE I. Formación, Diseño y aprovisionamiento*
 - Planificación y diseño del banco de pruebas, sección hidráulica.
 - Planificación y diseño del banco de pruebas, sensorización.
 - Planificación y diseño de comunicaciones del banco de pruebas.
 - Planificación y diseño de pruebas de ensayo.
- *FASE II. Tareas de montaje y puesta en marcha (estructuras, conducciones, sensores, cableado, SCADA, IoT)*
 - Aprovisionamiento y acopio de materiales.
 - Construcción del banco de pruebas.
 - Montaje hidráulico del banco de pruebas.
 - Montaje de la sensorización en el banco de trabajo.
 - Instalación y montaje de la parte de comunicaciones.
 - Puesta a punto de la instalación.



Figura 1. Prácticas de construcción y montaje del banco de ensayos.

- FASE III. Tareas de ensayos y evaluación
 - Adquisición de datos y análisis de datos obtenidos.
 - Desarrollo de protocolos de ensayos de redes.

TAREAS DE COORDINACIÓN Y GESTIÓN.

PLAN DE COMUNICACIÓN

- Tareas de coordinación y gestión.
- Plan de comunicación.

2.4. Materiales y medios empleados

Para el desarrollo del proyecto se ha empleado los siguientes recursos:

1. Materiales: perfiles y chapas de hierro, pintura protectora anticorrosión, tubo de polietileno varios diámetros, tubo PVC transparente varios diámetros, tubo PVC evacuación, accesorios varios de fundición (válvulas de bola, antirretorno, compuerta, tomas, etc.), accesorios varios de latón (uniones, rácores, etc.), depósitos de PE, bomba centrífuga, cuadro eléctrico con protecciones, autómatas, boyas, cable eléctrico, cable de señal, juego de placas ESP32 con WIFI con sensores de pH, temperatura, nivel y TDS.
2. Herramientas de taller: equipos de corte diversos, equipos de soldadura, taladros de columna, manuales y radiales, juegos de llaves y herramientas de apriete de todo tipo, instrumentos de metrología para la realización de mediciones, herramientas de conexionado eléctrico.
3. Software y aplicaciones WEB: PC sala diseño gráfico disponible en centro, Autocad, QElectrotech. PC de control, Programa SCADA, aplicación web de Hidraqua para visionado del registro de contadores cliente, aplicación web proporcionado por la empresa WTW para Gestión del Mantenimiento, Aplicaciones web (NodeRed) para la visualización de datos adquiridos en la planta a través de protocolos de comunicación (MQTT) para IoT.

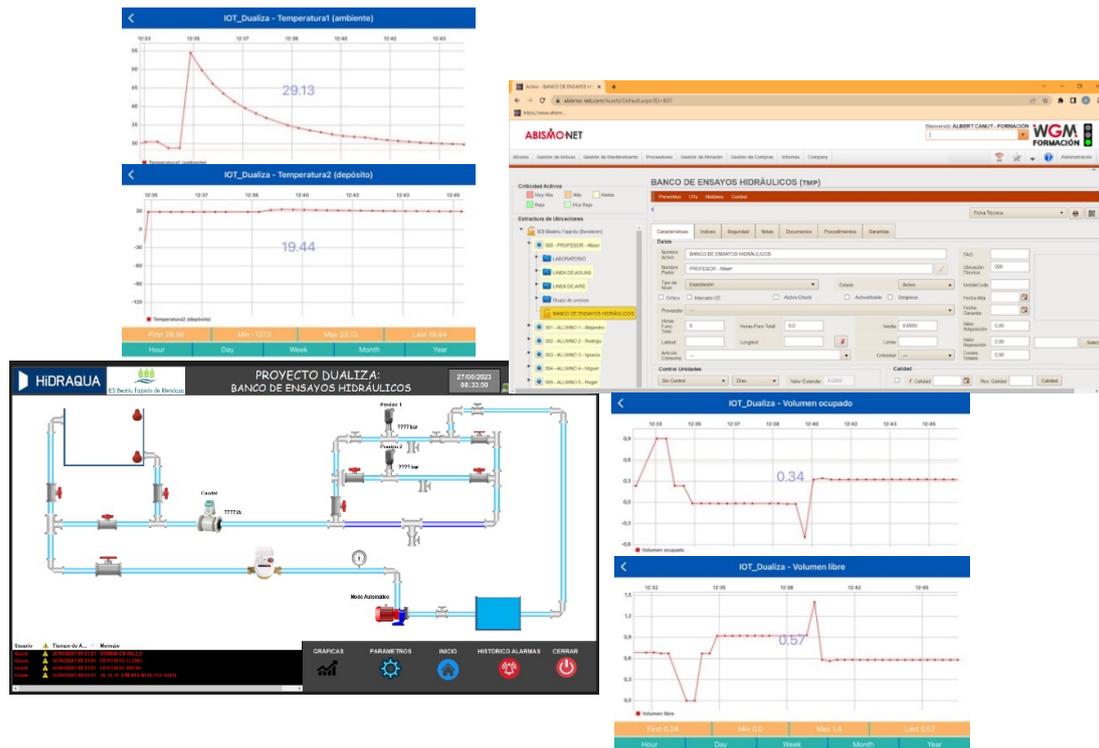


Figura 2. Vista del programa de gestión de activos aplicado a la planta de ensayos, del sinóptico del SCADA y datos registrados mediante IoT.

3. RESULTADOS

Como resultado del proyecto ha construido un banco de ensayos hidráulicos capaz de operar de forma continua dotada de elementos de monitorización de parámetros operativos para la evaluación de diversos parámetros de eficiencia hidráulica. La adquisición de datos se realiza tanto a través del autómatas como a través de los datos recogidos a través de dispositivos IoT conectados a diversos sensores, enviado datos a la nube y en local, para su posterior análisis.

El banco de ensayos de simulación de una red de abastecimiento se compone de 4 subsistemas asimilables a las etapas principales del ciclo urbano:

- Sistema de impulsión a depósito regulador con control de niveles y alimentación a la red por gravedad o directa por bombeo dotado de contador en impulsión y caudalímetro en entrada a red.
- Red mallada/ramificada (según alineación de válvulas) con posibilidad de sectorización dotado de manómetros en ramales y sensores de presión que transmiten datos al SCADA.
- Red 1 de retornos (consumos contabilizados) dotado de contador con recogida de datos en la nube.
- Red 2 de retornos para simulación de agua no registrada (fugas).

En la Figura 3 se muestra un esquema conceptual del sistema y en la Figura 4 una fotografía del banco de ensayos construido.

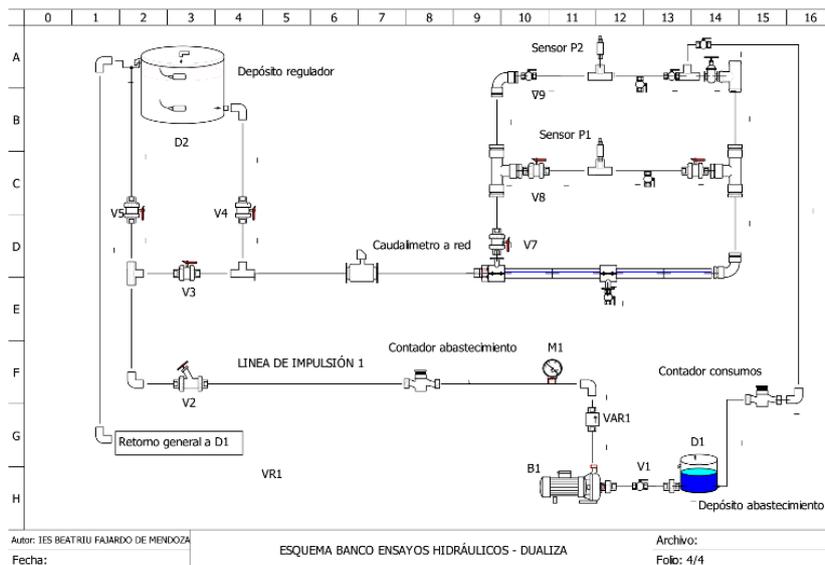


Figura 3. Esquema conceptual del banco de ensayos

Paralelamente constituye un resultado del proyecto la colección de prácticas derivadas del diseño y montaje del banco de pruebas que pueden ser implementadas por futuras promociones de alumnos de modo que las actividades de montaje, puesta en marcha, desarrollo de ensayos y evaluación de los datos se integran en las actividades prácticas a desarrollar por parte del alumnado asociadas a los distintos módulos de carácter técnico distribuyéndose de forma lógica entre el alumnado de ciclo medio y superior de forma coherente a los roles que sus títulos les confieren en su desarrollo profesional futuro (Tabla 4).



Figura 4. Banco de ensayos hidráulicos.

PRÁCTICAS PROYECTO GRADO MEDIO	PRÁCTICAS PROYECTO GRADO SUPERIOR
Interpretación de planos. Inventario Uniones soldadas, embridades, roscadas, fittings en montaje de conductos. Corte, mecanizado y soldadura para montaje de estructuras. Pruebas de estanqueidad. Limpieza y desinfección. Toma de muestras y análisis in situ. Cableado eléctrico y conexionado. Instalación de equipos (sensores y bomba).	Realización de planos. Propuestas de diseño. Propuestas de mejora y ampliación. Planificación de montajes. Presupuesto de ejecución. Puesta en marcha. Toma de datos e interpretación de simulaciones. Ensayos hidráulicos varios (Curva H-Q, pérdidas de carga en elementos, etc.). Plan de mantenimiento programado.

Tabla 4. Listado de prácticas asociadas a las fases del proyecto.

4. CONCLUSIONES

El banco de ensayos realizado en el proyecto permite simular la gestión de redes frente a gran variedad de factores facilitando la adquisición de las competencias digitales a los nuevos profesionales que requiere el sector para una adecuada implementación de los nuevos modelos de gestión de redes.

Los recursos didácticos y metodologías generados podrán ser empleados por futuras promociones de alumnos que disfrutarán de los métodos y medios para la adquisición de competencias relativas a la digitalización del agua. Asimismo, podrán realizar actividades de reingeniería del sistema implementados y actualizaciones acordes al estado del arte en cada momento con la colaboración continuada de Hidraqua y la incorporación en futuros años de otras empresas o entidades o centros educativos bajo nuevos convenios de colaboración o proyectos intercentros.

El planteamiento de proyectos permite intensificar los lazos con las empresas, además de la participación activa de la empresa Hidraqua, se ha sumado la colaboración de la empresa Works gestión del mantenimiento que ha cedido licencias para el uso de una aplicación GMAO.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ha sido financiado por CaxaBank-Dualiza y FPEmpresa en la IV Convocatoria de Ayudas para impulsar proyectos de FP de centros educativos que cuenten con la colaboración de empresas.

REFERENCIAS

- Alvarado Rojas A., Humberto C., Mora E., & Andrés S. (2020). *Diseño y simulación de un banco hidráulico didáctico para la determinación de pérdidas de energía por fricción del agua en tubería pvc y acero inoxidable*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2229>
- Álvarez Paz, M., Castellví Arasa, E., Monzó Llopis, M., & Verdú Sandoval, C. (2014). La eficiencia en los sistemas de distribución: revisión sobre la gestión del agua no registrada. *Aqua Papers*, 4. <http://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/aquaepapers4.pdf>
- Ascencios T., & Poma S. (2014). Diseño y construcción de un banco de ensayo para el estudio de pérdidas de carga por fricción y singularidad. *Anales Científicos*, 75(1), 116-124.
- Asociación Española de Abastecimiento de agua y saneamiento y la Asociación Española de Empresas Gestoras del de Servicios de Agua Urbana (2022). *XVII Estudio Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España 2022*. <https://www.aeas.es/component/content/article/52-estudios/estudios-suministro/301-xvii-estudio-nacional-aeas-aga?Itemid=101>
- Centro de Referencia Nacional de Energía Eléctrica, Agua y Gas CEAGU (2020). *Estudio de necesidades formativas del sector del agua en España*. http://ceagu.com/sites/ceagu.castillalamancha.es/files/documentos/pdf/20201104/estudio_de_necesidades_formativas_del_sector_del_agua_en_espana_-_ceagu.pdf
- Cervera, D. (2010). *Didáctica de la tecnología*. Ed. Graó.
- Plataforma Tecnológica Española del Agua (2020). *Estrategia Tecnológica del Agua para el periodo 2020-2022*. http://www.plataformaagua.org/images/doc_pdf/SRIA_1_PTEA.pdf
- Egea, G, Franco, A., & Pérez L. (2014). *Aprendizaje basado en proyectos y trabajo en equipo: experiencia de innovación docente en hidráulica para graduados en Ingeniería Agrícola*. <https://api.core.ac.uk/oai/oai:idus.us.es:11441/48538>
- Gómez Ortiz, L. G., & Santiago Galvis, A. W. (2013). *Consideraciones en torno a la tecnología y su didáctica*. TED, 33, 123-145.
- Gutiérrez Rodríguez G., Danilo D., Morales A., & Javier F. (2019). *Diseño y construcción de un banco de prueba para realización del ensayo de vertederos y de resalto hidráulico, para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Piloto de Colombia seccional Alto Magdalena*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5748>
- Lara J. L., & Velásquez, J. A. (2011). Diseño y construcción de un banco de pruebas para la medición de caudal y caída de presión en tuberías paralelas. *Revista facultad de ciencias exactas, físicas y naturales* (Universidad Tecnológica de Bolívar), 6(1).
- Medina Rivilla, A. (coord). (2015). *Innovación de la educación y de la docencia*. Editorial Universitaria Ramón Areces (2ª Edición).

- Ministerio de educación y formación profesional (2019). *Orden EFP/1215/2019, de 11 de diciembre, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de grado medio correspondiente al título de Técnico en Redes y estaciones de tratamiento de aguas.*
- Ministerio de educación y formación profesional (2019). *Orden EFP/1217/2019, de 11 de diciembre, por la que se establece el currículo del ciclo formativo de grado superior correspondiente al título de Técnico Superior en Gestión del agua.*
- Ortiz, M. A. (2021). *Diseño de un banco de pruebas para bombas hidráulicas centrífugas en configuración en serie, paralelo e individual.* Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Yambombo Guanutaxi, Y., & Gustavo J. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de pérdidas de carga en tuberías y accesorios.* UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/325>