TENDENCIAS, RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA DIGITALIZACIÓN DEL AGUA EN CANARIAS



Cabildo de Gran Canaria
spegc Sociedad de Promoción Económica
CAN FONDO DE DESARROLLO DE CANARIAS
Cabildo de Gran Canaria
Gobierno de Canarias

El presente documento constituye la v 1.0 de prospectiva tecnológica con título “Tendencias, Retos y Oportunidades en la Digitalización del Agua en Canarias”.

Su redacción y publicación ha sido promovida por la Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria – Cabildo de Gran Canaria, mediante encargo al Instituto Tecnológico de Canarias y ha sido redactado por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) en el marco de la Orden de encargo, de 18 de diciembre de 2023, modificada por la orden de encargo, de 19 de febrero de 2024, que realiza la SPEGC al ITC para la ejecución de tareas de apoyo para la organización y celebración de acciones de capacitación especializada, divulgación de conocimiento y prospectiva de cara a la empleabilidad en el sector industrial del agua.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Gobierno de Canarias

Abril 2025

Diseño y maquetación: Hansel González

Nota: Imágenes realizadas con Inteligencia Artificial mediante Freepik AI Suite - Flux 1.0



Cabildo de Gran Canaria spegc Sociedad de Promoción Económica

CAN FONDO DE DESARROLLO DE CANARIAS

Cabildo de Gran Canaria

Gobierno de Canarias

Resumen ejecutivo

El sector del agua se enfrenta al desafío de gestionar eficientemente los recursos en condiciones de escasez y de necesidad de proteger los ecosistemas, adaptándose a variaciones de la demanda y al cambio climático. Es preciso optimizar la eficiencia de los procesos de riego y del ciclo industrial del agua, integrar nuevas fuentes y calidades de agua en el sistema, y desarrollar la resiliencia y sostenibilidad a través de la economía circular.

En este estudio se ha evaluado el nivel de digitalización del sector del agua en Canarias, identificando los retos y oportunidades que presenta esta transformación. Se ha profundizado en:

- El estado actual de la digitalización en el sector del agua.
- Las tecnologías empleadas y cómo estas inciden en la eficiencia operativa y en los aspectos ambientales y económicos del mismo.
- La identificación de tendencias y necesidades.
- Perfiles profesionales requeridos y posibles necesidades de formación.

Los resultados muestran que aunque se han integrado tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT), la simulación o la computación en nube en las islas, aún persisten desafíos importantes como son:

- La resistencia al cambio.
- La falta de habilidades técnicas necesarias.
- Dificultades en la integración de sistemas nuevos con infraestructuras antiguas. la necesidad de mayor formación y desarrollo de capacidades.
- La adopción de políticas que promuevan una transición efectiva hacia sistemas de gestión del agua más sostenibles y eficientes.



Glosario de términos

A

Amazon Web Services (AWS) Plataforma de servicios en la nube de Amazon, que ofrece herramientas para almacenamiento, procesamiento y gestión de datos a través de Internet.

Apache Hadoop Software de código abierto que permite procesar grandes volúmenes de datos distribuidos (big data) en múltiples servidores conectados en red.

Apache Hive Herramienta sobre Hadoop que facilita la consulta, agrupación y análisis de grandes volúmenes de datos mediante un lenguaje similar a SQL.

Apache Kafka Plataforma de código abierto para el streaming de datos en tiempo real, ideal para transferir grandes volúmenes de información entre aplicaciones.

Apache Spark Framework de código abierto para procesar grandes volúmenes de datos en clústeres, con soporte para paralelismo y tolerancia a fallos.

ArcGIS Conjunto de herramientas de software propietario para Sistemas de Información Geográfica (SIG), desarrollado por Esri, utilizado para analizar y representar datos geoespaciales.

A - B

Autómata Programable (PLC) Dispositivo utilizado en automatización industrial para controlar y supervisar procesos electromecánicos de manera programada.

Base de Datos de Series Temporales (TSDB) Base de datos especialmente optimizada para almacenar y consultar datos que cambian con el tiempo (series temporales), como mediciones de sensores o registros de eventos.

Base de Datos No Relacional (NoSQL) Tipo de base de datos que no organiza la información en tablas. Almacena datos en formatos como clave-valor, documentos JSON o grafos, según necesidades específicas.

Base de Datos Relacional (RDB) Base de datos que organiza la información en tablas relacionadas entre sí, facilitando la consulta y gestión de datos.

Big Data Conjunto de datos tan grandes y complejos que requieren tecnologías avanzadas para ser almacenados, procesados y analizados.

B - C

BIM (Modelado de Información de Construcción) Metodología que utiliza modelos digitales para gestionar toda la información de un proyecto de construcción durante su ciclo de vida.

Blockchain Tecnología que almacena datos en bloques encadenados cronológicamente, asegurando su integridad y trazabilidad mediante criptografía.

Ciberseguridad Conjunto de prácticas y tecnologías destinadas a proteger sistemas informáticos, redes y datos frente a amenazas y accesos no autorizados.

Cloud Computing Uso de servidores remotos a través de Internet para almacenar, procesar y gestionar datos en lugar de hacerlo en dispositivos locales.

CMMS (Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora) Software que ayuda a planificar, organizar y controlar las actividades de mantenimiento en una empresa.

Copernicus Programa europeo que ofrece datos de observación de la Tierra de acceso libre para el análisis ambiental y de seguridad.

D - F

Dashboards Interfaz gráfica que presenta visualizaciones resumidas de datos importantes para monitorizar procesos o tomar decisiones.

Data Lake Almacén que guarda datos en su formato original y sin procesar para ser analizados posteriormente.

Data Warehouse Repositorio que almacena datos estructurados y procesados para análisis y toma de decisiones.

DevOps Conjunto de prácticas que integran desarrollo de software y operaciones de TI para mejorar la eficiencia y velocidad de entrega.

Dron Vehículo aéreo no tripulado capaz de volar de manera autónoma o controlada a distancia. Se está generalizando su uso para cualquier otro tipo de vehículo no tripulado.

Edge Computing Procesamiento de datos cerca de su fuente de origen para reducir latencia y mejorar tiempos de respuesta.

EPANET Software de análisis hidráulico desarrollado por la agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (EPA) para modelar redes de distribución de agua potable.

Fotogrametría Técnica que determina la forma y posición de objetos mediante el análisis de fotografías.

G - I

Gemelos Digitales Réplicas virtuales de objetos o procesos físicos que permiten simular su comportamiento en tiempo real.

GeoJSON Formato estándar basado en JSON para representar datos geográficos y sus atributos.

GIS - Sistemas de Información Geográfica Herramienta que organiza, analiza y visualiza datos espaciales para facilitar la toma de decisiones.

Grafana Software de visualización de datos de series temporales que permite crear paneles interactivos a partir de múltiples fuentes.

HEC-RAS Software desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos para modelar el flujo de agua en ríos y canales, utilizado para análisis hidráulicos.

Índice de Fugas Estructural (IFE) También Infrastructure leakage index (ILI). Propuesto por la International Water Association (IWA), es un indicador que compara las pérdidas reales en sistemas de agua con infraestructura y presión variables. IFE = PRAA / PRII.

ILI Ver IFE.

Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Sistema que facilita el acceso y uso de información geoespacial a través de Internet.

I - M

Imagen Hiperespectral Tecnología que captura imágenes en múltiples bandas del espectro electromagnético para su análisis.

Inteligencia Artificial (IA) Capacidad de los sistemas informáticos para imitar procesos de razonamiento humano y mejorar con la experiencia.

IoT (Internet de las Cosas) Red de dispositivos conectados que recopilan e intercambian datos a través de Internet.

JSON Formato ligero y de texto plano para el intercambio de datos, independiente del lenguaje de programación.

LoRaWAN Especificación de red de baja potencia y largo alcance (LPWAN) diseñada para conectar dispositivos con bajo consumo energético.

LPWAN Red de área amplia y baja potencia que permite la comunicación de dispositivos con recursos energéticos limitados.

LTE Tecnología de comunicación inalámbrica de alta velocidad, considerada un paso previo a las redes 4G.

M2M (Machine to machine - máquina a máquina) Comunicación automatizada entre dos máquinas sin intervención humana.

M- O

Machine Learning Subcampo de la IA que permite a las computadoras aprender y mejorar a partir de datos sin programación explícita.

MariaDB Sistema de bases de datos derivado de MySQL, de código abierto y licenciado bajo GPL.

MATLAB Plataforma de cálculo numérico con un lenguaje propio, utilizada para análisis matemático y simulaciones técnicas.

MOOC Cursos en línea masivos y abiertos que permiten a un gran número de personas acceder a contenidos educativos a través de Internet.

MQTT Protocolo ligero de mensajería diseñado para dispositivos conectados en redes poco fiables o con ancho de banda limitado.

MySQL Sistema de gestión de bases de datos relacional popular por su rendimiento y uso en aplicaciones web.

NB-IoT Tecnología LPWAN basada en 4G/LTE, diseñada para dispositivos IoT con bajo consumo y alta cobertura.

OPC-UA Estándar abierto para el intercambio seguro y confiable de datos en aplicaciones industriales, desde sensores hasta la nube.

P

PostGIS Extensión que añade capacidades de bases de datos espaciales a PostgreSQL, permitiendo trabajar con datos geográficos.

PostgreSQL Sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, conocido por su estabilidad y robustez.

Power BI Plataforma de Microsoft para crear visualizaciones interactivas y realizar análisis de datos de manera sencilla.

PRAA También Technical Indicator for Real Losses (TIRL). Propuesto por la International Water Association (IWA), es el volumen anual de pérdidas. En ocasiones se presenta en función del número de acometidas.

Pérdidas Reales Actuales Inevitables (PRAI) También Unavoidable Average Real Losses, UARL. Propuesto por la International Water Association (IWA), son las reales mínimas inevitables calculadas para un sistema de agua según estándares técnicos. En ocasiones se presenta en función del número de acometidas.

Python Lenguaje de programación versátil y de alto nivel, conocido por su sintaxis sencilla y aplicaciones en múltiples áreas como desarrollo web, ciencia de datos y automatización.

Q - R

QGIS Software libre de Sistemas de Información Geográfica (GIS) utilizado para análisis, edición y visualización de datos geoespaciales.

R Lenguaje de programación orientado al análisis estadístico y la minería de datos, ampliamente utilizado en investigación y machine learning.

Realidad Aumentada Tecnología que superpone información digital, como imágenes o gráficos, sobre el mundo real a través de dispositivos.

Realidad Extendida Término que engloba la realidad virtual, aumentada y mixta, combinando entornos físicos y digitales interactivos.

Realidad Mixta Tecnología que combina elementos del mundo real y virtual, permitiendo la interacción en tiempo real entre objetos físicos y digitales dentro de un mismo entorno.

Realidad Virtual Simulación de entornos digitales que crean una experiencia inmersiva a través de dispositivos como gafas de realidad virtual.

RFID Tecnología que identifica objetos mediante etiquetas que transmiten información a través de ondas de radio.

S

SAICA Sistema del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente que monitoriza en tiempo real la calidad de las aguas mediante sensores automáticos.

SAIH Sistema de información hidrológica en tiempo real que recopila, procesa y analiza datos sobre el estado de los recursos hídricos y el comportamiento de caudales.

SCADA Sistema de software utilizado para supervisar y controlar procesos industriales de forma remota.

Sensor Virtual Modelo que predice valores de mediciones cuando un sensor físico no está disponible o es poco fiable.

Sigfox Red global para conectar dispositivos de bajo consumo que transmiten pequeñas cantidades de datos.

Sonda Multiparamétrica Sensores que miden varias variables como temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto en un solo dispositivo.

SQL Lenguaje utilizado para gestionar y consultar datos en bases de datos relacionales.

S - U

SWMM Software de modelado hidrológico desarrollado por la agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (EPA) que simula el comportamiento del agua en sistemas de drenaje urbano.

Tableau Herramienta de software que permite crear visualizaciones de datos interactivas para el análisis y toma de decisiones.

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) Herramientas y recursos tecnológicos que permiten el acceso, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información, como computadoras, internet y dispositivos digitales.

TimeScale Base de datos de series temporales construida sobre PostgreSQL, diseñada para manejar grandes volúmenes de datos indexados por tiempo.

TIRL Ver PRAA.

TSDB (Base de Datos de Series de Tiempo) Base de datos optimizada para almacenar y gestionar datos indexados cronológicamente.

UARL Ver PRAI.

V -

Visión Computarizada Conjunto de tecnologías que permiten analizar imágenes con ordenadores para generar información útil.

WaterCAD Software para modelar y analizar redes de distribución de agua a presión.

WaterGEMS Herramienta que ayuda a diseñar y gestionar sistemas de distribución de agua de manera eficiente.

Zigbee Protocolo de comunicación inalámbrica diseñado para dispositivos de bajo consumo y baja tasa de datos.

4G En telecomunicaciones, 4G es la sigla utilizada para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y precede a la 5G.

5G Quinta generación de tecnologías de telefonía móvil que sucede al 4G. Permite aplicaciones avanzadas como el IoT y la comunicación entre máquinas (M2M).



Indice de Contenidos

9 Introducción

9 Objetivos y alcance

9 Objetivo General

9 Alcance

9 Metodología

10 Análisis del estado actual

11 La digitalización en el sector del agua

15 Tecnologías y aplicaciones

20 La digitalización en España

23 La situación de Canarias

26 Capacitación digital en el sector del agua.

29 Consulta directa a entidades con competencias en el ciclo industrial del agua en Canarias

36 Conclusión

37 Bibliografia

40 Anexo | - Resultados de la encuesta

49 Anexo II - Perfiles profesionales del Proyecto SMACite

Introducción

En la era de la transformación digital, el sector del agua enfrenta retos y oportunidades que pueden revolucionar la forma en que se gestionan y preservan los recursos hídricos. Este documento explora la digitalización en el sector del agua en Canarias, examinando cómo las innovaciones tecnológicas están remodelando la gestión, el uso sostenible y la distribución de este recurso vital.

Se abordará como la integración de tecnologías avanzadas, el IoT, la Inteligencia Artificial (IA), y el análisis de datos están facilitando una gestión más eficiente y sostenible del agua. También identificaremos los principales desafíos que estas innovaciones presentan, tales como la adaptación de infraestructuras antiguas y la capacitación del personal. Al profundizar en la situación actual, las tendencias y las necesidades de capacitación profesional, este estudio proporciona una visión integral y estratégica que busca no solo optimizar el uso del agua, sino también mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sector en el contexto de un clima cambiante y una creciente demanda hídrica.

Objetivos y alcance

Objetivo General

El objetivo principal de este estudio es determinar el estado actual de la digitalización en el sector del agua, identificar las tendencias en esta materia, los perfiles profesionales requeridos y las necesidades de formación. Este informe recoge un:

- Análisis del estado actual: identificación de la infraestructura tecnológica existente y las prácticas de gestión digital
- Análisis de tendencias
- Evaluación de necesidades
- Definición de perfiles profesionales

Este documento es una herramienta para apoyar la transformación hacia la sostenibilidad integral del sector del agua, considerando no solo la eficiencia y la innovación tecnológica, sino también cómo estas inciden en la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico.

Alcance

Este documento evalúa el estado actual de la digitalización en el sector del agua (Smart water) y recoge las tendencias que marcarán el futuro del sector en los próximos años, abarcando todos los aspectos relacionados con el ciclo integral del agua: captación, producción, potabilización, bombeos y distribución, abastecimientos, saneamiento, depuración, vertido y regeneración, así como las políticas, la gobernanza y las regulaciones específicas que impactan en la digitalización del sector.

Metodología

Este documento realiza una revisión detallada de estudios anteriores, documentos estratégicos, investigaciones académicas, casos de estudio y análisis de tendencias globales. Con estos datos se ofrece una visión integral sobre la digitalización en el sector del agua, abordando tanto los avances tecnológicos como los desafíos operativos y estratégicos presentes, que ayuden a comprender la situación actual y las posibles trayectorias futuras a destacar los aspectos clave del uso de tecnologías digitales actuales, las barreras para la implementación tecnológica y las brechas en habilidades y competencias necesarias para una transformación efectiva.

Análisis del estado actual

El primer paso para realizar un análisis del estado actual de la transformación digital del sector del agua es definir lo que se entiende por ello: La transformación digital o digitalización se refiere al proceso de adoptar tecnologías digitales para transformar servicios y procesos, abarcando la integración de herramientas digitales avanzadas como el IoT) , la computación en la nube (cloud computing), la IA, el aprendizaje automático (Machine Learning – ML), el análisis de grandes volúmenes de datos (big data) o los gemelos digitales (Digital Twins), con el objetivo de mejorar la eficiencia, accesibilidad y calidad de los servicios y las operaciones en la gestión integral del agua.

Esto abarca la automatización y optimización de procesos desde la captación hasta la regeneración del agua residual pasando por las etapas de producción, potabilización, bombeo, distribución, abastecimiento, saneamiento, depuración, vertido y regeneración del agua.
También, la implementación de sensores y dispositivos conectados permite una monitorización constante y en tiempo real de las condiciones del agua y la infraestructura, facilitando una gestión óptima. Además, la integración de tecnologías como la IA apoya la toma de decisiones, desde el pronóstico del uso del agua hasta la detección anticipada de fugas y contaminación.

Con todo esto, se busca mejorar la eficiencia operativa y energética, reducir costes, aumentar la sostenibilidad y adaptarse al cambio climático.

A partir de la información recogida en este estudio se identifican qué tecnologías digitales están siendo utilizadas actualmente en el sector y se analizarán los factores, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y de gobernanza que afectan la implementación de soluciones digitales en el sector del agua.

1. La digitalización en el sector del agua

El sector del agua se enfrenta a múltiples desafíos, particularmente en la gestión de recursos hídricos limitados y su impacto ambiental. En primer lugar, nos encontramos con una demanda de agua creciente y una disponibilidad de recursos limitada, agravada por la sequía y el cambio climático, lo que obliga a las ciudades y otros sectores como la agricultura, a optimizar el uso del agua. El principal reto en este punto es evaluar y mejorar el rendimiento hidráulico de las redes de distribución, de modo que se pueda caracterizar el agua no registrada y determinar cuánto volumen de agua se debe a las pérdidas por la antigüedad o mal estado de las redes, cuánto por el fraude y uso no autorizado del agua y cuánto a problemas con los contadores y sistemas de control (Adedeji et al., 2022; Hernaningsih et al., 2023; Landa et al., 2018; Osés, 2019; Sotelo Navalpotro & Sotelo Pérez, 2018; Sotelo Pérez et al., 2023).

Una tendencia en digitalización que se observa en este sentido, es el smart metering (medición inteligente), es decir, el despliegue de sistemas avanzados para la gestión de contadores de consumo doméstico de agua. Esto permite una mejor interacción con los consumidores y conocer los patrones de consumo, además de tener un conocimiento en tiempo real de los flujos. Esto se traduce en una detección temprana de anomalías, tanto por parte de los propios usuarios como por los gestores de la red, y en la posibilidad para estos últimos de llevar a cabo una mejor gestión de la demanda, detección del fraude y la implementación de sistemas de pago y facturación electrónicos (Amankwaa et al., 2021; Owen, 2023).

En el contexto de las infraestructuras y el cambio climático, también nos encontramos ante el reto de reducir el consumo de electricidad y las emisiones de CO^2 en todos los procesos del ciclo integral del agua, lo que supone abordar las ineficiencias operativas en el tratamiento y la distribución del agua. La digitalización del sector es una herramienta para afrontar estos retos, pero si bien su adopción mejora la eficiencia operativa, esta enfrenta obstáculos relacionados con la resistencia al cambio, la falta de habilidades técnicas y los problemas de integración de los sistemas existentes con las nuevas tecnologías.



Sin embargo, integrar nuevas tecnologías en los sistemas existentes es un proceso complejo, ya que se debe asegurar la compatibilidad de los nuevos elementos con los existentes y, a la vez, garantizar el servicio durante la transición. Como dificultad añadida, están las limitaciones técnicas al despliegue: implementar tecnologías inteligentes en sistemas de distribución de agua a gran escala requiere de grandes inversiones económicas, además de personal cualificado y de la voluntad de cambio por parte de empresas y operadores del sector. Este proceso puede verse limitado por factores culturales, la falta de capacitación, análisis de coste-beneficio débiles y la falta de políticas que respalden este proceso. Por ello se deben tener en cuenta a los operarios y a los usuarios para que los sistemas de agua inteligente sean verdaderamente efectivos (Amankwaa et al., 2021; Grievson et al., 2022; Landa et al., 2018, p. 2; Sankhua, s. f.).

Este proceso no se limita únicamente a al despliegue de sensores sino que, para mantener la fiabilidad y prevenir errores de medición o fallos en los sistemas de control que podrían llevar a decisiones ineficaces, se requiere de la implementación de protocolos de mantenimiento y selección de equipos, la formación continua del personal técnico (Antzoulatos et al., 2020; Gupta et al., 2020; Osés, 2019; Playán et al., 2018).

Otros aspectos técnicos que pueden suponer un reto en el proceso de digitalización del sector son: la comunicación, la ciberseguridad, la calidad y disponibilidad de los datos. La comunicación entre equipos es uno de los problemas a la hora de implementar soluciones inteligentes en cualquier sector. La integración efectiva de los sensores y equipos de control debe atajar dos barreras: la falta de normas y protocolos comunes que faciliten la interoperabilidad de los diferentes equipos y las barreras físicas para la conectividad. Los factores que pueden afectar a la conectividad incluyen la falta de suministro energético, la ausencia de redes de comunicación, especialmente en áreas remotas, o los problemas de cobertura en entornos urbanos por factores estructurales y ambientales (Antzoulatos et al., 2020; Lian et al., 2022; Msamadya et al., 2022; Owen, 2023; Playán et al., 2018).

A medida que en un proceso de digitalización aumenta la recolección de datos y la interconexión de sistemas a través de internet, también crecen las preocupaciones sobre la seguridad y la privacidad de los datos y las infraestructuras. La implementación de estas soluciones lleva asociada la adopción de medidas de ciberseguridad robustas que protejan tanto los datos recogidos como las infraestructuras hidráulicas de ataques maliciosos (Adedeji et al., 2022; Grievson et al., 2022; Gupta et al., 2020; Markopoulou, 2023; Sankhua, s. f.; Zhang, 2023).





Esta tendencia no se limita únicamente a la recopilación de datos mediante sensores y sistemas SCADA, sino que se está extendiendo el desarrollo de sistemas avanzados de análisis y visualización de datos que transforman estos datos en información y, luego, en conocimientos y la aplicación de nuevas fuentes de datos como el uso de drones, las imágenes de satélites o los sensores virtuales. La IA y el aprendizaje automático tienen un papel principal en este campo pues son la base de sistemas de soporte de decisiones y herramientas para la detección de anomalías en las redes de distribución. Estas tecnologías forman parte de una tendencia global hacia la evolución del agua inteligente y las ciudades inteligentes conocidas por sus denominaciones en inglés como Smart Water y Smart Cities respectivamente. El objetivo es transformar los datos en información útil que mejore la supervisión y gestión de las redes de agua, mejorando la eficiencia operativa, minimizando el número de fugas y eventos de contaminación, facilitando su detección temprana y reduciendo sus impactos y aportando información de valor para la toma de decisiones estratégicas y la gestión de eventos críticos (Grievson et al., 2022; Hernaningsih et al., 2023; Lian et al., 2022; Sankhua, s. f.). Por ejemplo, la aplicación de IA en inspecciones con cámaras de vídeo del alcantarillado para detectar automáticamente defectos o problemas, reduce el tiempo y el coste asociado con el análisis manual y permite una respuesta más rápida a los incidentes.

Estos sistemas inteligentes necesitan grandes volúmenes de datos de alta calidad para su entrenamiento, por lo que la recogida y el almacenamiento de datos debe ser coordinada, con estándares uniformes y los datos estar actualizados y disponibles en formatos reutilizables. Sin embargo, una vez resueltas las consideraciones de comunicación y ciberseguridad, el proceso de extracción de conocimiento a partir de los datos puede encontrarse con: restricciones legales, la fragmentación administrativa y la falta de coordinación entre los diferentes agentes, que complica la gestión eficiente de grandes volúmenes de datos, conflictos sobre la propiedad y el control de los datos, la falta de estandarización de protocolos que faciliten compartir los datos, datos en formatos no amigables como PDF. Todo ello complica la creación de un ecosistema de datos abierto y efectivo en el sector del agua y el impacto de estos sistemas en las decisiones estratégicas y de alto nivel. (Stefano et al., 2018)

En esta línea, las soluciones basadas en la nube están ganando popularidad, mejorando los sistemas de gestión del agua inteligente, a la vez que se han desarrollado Sistemas Automatizados de Información Hidrológica (SAIH) y Sistemas de Calidad del Agua (SAICA) para monitorizar y gestionar eficientemente los recursos hídricos, lo que también promueve la apertura de datos (Landa et al., 2018). Gracias a esto, se está observando un aumento en el uso de datos abiertos y las sinergias entre administraciones públicas y centros de investigación, lo que permite desarrollar plataformas y herramientas que proporcionan datos detallados de consumo a los usuarios finales, promoviendo la conservación del agua y una mayor responsabilidad en su uso (Stefano et al., 2018). Con todos estos avances, España se encamina hacia una gestión del agua más eficiente, sostenible y adaptada a las necesidades del futuro.



Mediante la adopción de sistemas inteligentes de monitorización se reducen las pérdidas y se fomenta una mayor eficiencia hidráulica en las redes de distribución, se facilitan la recuperación y reutilización del agua y se minimizan los vertidos. Además, la transformación digital proporciona información de calidad para el desarrollo de políticas que fortalecen la gobernanza del agua, contemplando su impacto en la huella hídrica y facilitando la creación de ecosistemas colaborativos para la cooperación entre los diversos actores del sector, desde autoridades públicas hasta entidades privadas.

La implementación de plataformas integradas mejora la coordinación de servicios y permiten la toma de decisiones basada en datos y, a los consumidores finales, tener un conocimiento total y a tiempo real sobre su consumo de agua. Este acceso a la información, combinado con políticas de educación y concienciación social, representa una oportunidad para fomentar prácticas de consumo responsable y sostenible del agua. En contextos donde los eventos climáticos extremos, como inundaciones y sequías se han vuelto más frecuentes, es más importante contar con buenas estrategias de gobernanza para el manejo de estos eventos. La digitalización aporta herramientas de alerta temprana con las que es posible prevenir pérdidas de vidas, daños materiales y su impacto negativo sobre el medio (Adedeji et al., 2022; Hernaningsih et al., 2023; Krishnan et al., 2022).

Todo esto, combinado con una mejor seguridad y transparencia en la gestión del agua, prepara el terreno para una gestión más efectiva que responde tanto a necesidades actuales como futuras, marcando un impacto socioeconómico positivo y duradero. Además, la transformación digital no solo promueve la adopción de medidas para asegurar el cumplimiento de normativas y fomentar la sostenibilidad a largo plazo del servicio de abastecimiento, con los consecuentes beneficios ambientales y económicos, sino que también posee el potencial de transformar la economía mediante la creación de nuevos empleos especializados y el impulso hacia una economía basada en el conocimiento.

2. Tecnologías y aplicaciones

La digitalización en el sector del agua busca transformar la manera en que gestionamos este recurso a lo largo de todo el ciclo industrial del agua, desde la captación hasta su vertido o reutilización. Al aprovechar las tecnologías digitales avanzadas, como el IoT, la IA y el análisis de datos en tiempo real, se logra una supervisión y control más precisos de los recursos hídricos. Esta estrategia conduce a una gestión más eficaz y sostenible, que no solo optimiza el consumo mejora la eficiencia hídrica, sino que también mejora la calidad y la disponibilidad del agua para todos.

Esta transformación, impulsada por la digitalización, hacia una gestión más eficiente y sostenible del agua es lo que conocemos como Smart Water. Traducido literalmente como agua inteligente, se refiere a la gestión inteligente del agua por los operadores.

El concepto de Smart Water se puede integrar dentro de un concepto más amplio, las Smart Cities, tecnologías de la información y comunicación para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los servicios urbanos y la calidad de vida de los ciudadanos. A su vez, el concepto de Smart Cities puede englobarse dentro del concepto Industria 4.0, ya que este último se caracteriza, precisamente, por la integración en los procesos industriales de las tecnologías digitales avanzadas. Sus principales aplicaciones se pueden dividir, grosso modo, en cinco bloques:

Sensores inteligentes

Son el primer paso en el proceso de digitalización, proporcionando datos precisos sobre el estado y funcionamiento de las redes de distribución y tratamiento de agua.

Recolección y transmisión de datos

La rapidez en la detección y respuesta a eventos garantiza la eficiencia y continuidad de las operaciones y reduce los costes de las incidencias. Tecnologías de IoT y de baja potencia (LPWAN - Low Power Wide Area Networks), se utilizan para enviar la información recopilada por los sensores en tiempo real para une mejor planificación y una respuesta rápida ante las anomalías.

Automatización y control

La digitalización también aporta valor en la automatización de procesos. Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), supervisan y controlan infraestructuras y procesos en tiempo real, mejorando la operación diaria y gestionando eventos críticos como tormentas o averías.

Técnicas de análisis y modelado

La automatización es solo el primer paso para aprovechar la información recogida por los sensores. Herramientas como el Big Data o el Aprendizaje Automático (Machine Learning), identifican patrones y generan modelos predictivos que optimizan los procesos yendo más allá de las capacidades de los sistemas SCADA tradicionales, a lo que hay que añadir las simulaciones dinámicas de sistemas físicos que ofrecen los Gemelos Digitales.

Sistemas de información y colaboración

Las tecnologías digitales permiten transformar la manera en que se produce la comunicación entre operarios y técnicos, mejorando la coordinación en la gestión. Gracias a aplicaciones móviles y plataformas colaborativas cualquier operario puede reportar incidencias en tiempo real, los operarios documentar sus actuaciones y, en general, mejorar la gobernanza mediante el acceso y uso compartido de datos entre municipios y operadores.

La transformación digital en el sector del agua se basa en sistemas avanzados de monitorización y control que permiten la supervisión en tiempo real de infraestructuras que además son críticas. Los sensores distribuidos a lo largo de la red recopilan datos que son transmitidos mediante IoT, tecnologías de comunicación con diferentes características como el consumo energético, la capacidad de transmisión o la cobertura requerida que las hacen más o menos adecuadas para diferentes escenarios. Ejemplos de estas tecnologías son Sigfox, LoRaWAN, Zigbee, NB-IoT, LTE y 5G, que ofrecen velocidades de transmisión desde los 600 bps (bits por segundo) de Sigfox hasta más de 1 Gbps con 5G, y con diferencias en su implementación: Sigfox y LoRaWAN permiten el despliegue de redes propias, mientras que NB-IoT, LTE y 5G dependen de la infraestructura de operadores móviles. Estas tecnologías tienen aplicación en sistemas de alerta temprana que detectan y notifican sobre posibles problemas, como fugas o cambios en la calidad del agua y traen emparejadas protocolos de comunicación como MQTT u OPC-UA.

Por otra parte, drones y datos satelitales, como los proporcionados por Copernicus, ofrecen una inspección visual detallada de grandes superficies o áreas de difícil acceso, como zonas remotas o galerías y proporcionan datos que pueden ser procesan mediante técnicas avanzadas de fotogrametría y análisis espectral.

La monitorización en línea se gestiona mediante sistemas SCADA, facilitando el mantenimiento y la gestión activa de los recursos hídricos. Tradicionalmente se basan en el uso de PLC (Controladores Lógicos Programables) y, más recientemente, incorporan tecnologías de Edge Computing para hacer procesado avanzado de datos cerca de los dispositivos de campo, gracias a la popularización de microcontroladores de bajo coste como la RaspberryPi.

El modelado avanzado de flujos y presiones toma los datos de sensores y utiliza algoritmos de simulación para predecir el comportamiento de las redes de distribución de agua. Herramientas como EPANET y WaterCAD ayudan a identificar áreas problemáticas, optimizar el diseño de las redes y mejorar la eficiencia en la distribución. La IA y Machine Learning se aplican para refinar estos modelos y hacer predicciones más precisas que permiten pronosticar patrones de consumo y detectar anomalías. Estas pueden ser implementadas mediante plataformas comerciales en la nube como IBM Watson, Google IA Platform, Amazon Web Services o Azure Machine Learning. El análisis de datos en tiempo real es facilitado por herramientas como Grafana, Tableau o PowerBI, que ofrecen a los operadores una visualización clara y comprensible de la información para la toma de decisiones.





Cuando aumenta la escala de los datos generados o se quiere correlacionar con información de fuentes muy diversas (como la que proviene de otros sistemas, como la red eléctrica, el tráfico de vehículos o la información meteorológica) se puede hacer uso de tecnologías de Big Data como Hadoop, Kafka o Spark, que permiten manejar esta complejidad y obtener insights más profundos. Almacenar estos volúmenes de datos requiere enfoques específicos como los Data Lake para datos no estructurados, Data Warehouse para datos estructurados y Bases de Datos de Series Temporales. También son de utilidad en estos procesos, lenguajes de programación como R o Python, útiles para analizar y modelar datos complejos y generar visualizaciones y estadísticas.

La gestión de la demanda de agua se beneficia del uso de contadores inteligentes, es decir, contadores dotados con sistemas de comunicación y que proporcionan datos detallados sobre el consumo en diferentes momentos del día. Estos datos se analizan con las herramientas descritas anteriormente como el Machine Learning y el Big Data para identificar patrones de uso, detectar fugas y promover prácticas de conservación del agua, ayudando a anticipar la demanda y realizar una planificación de recursos más efectiva. Estos datos han sido estudiados, junto con factores socioeconómicos como el número de residentes por vivienda y su nivel educativo. Este enfoque ha permitido identificar correlaciones útiles para detectar anomalías en los patrones de demanda y localizar ineficiencias en el uso del agua, como fugas domésticas, con mayor detalle y fiabilidad que si se utilizara exclusivamente la información de la red hidraúlica, o informar sobre temas sociosanitarios.

La calidad del agua también se monitoriza en tiempo real utilizando sondas multiparamétricas que miden parámetros como pH, conductividad y temperatura. Además, los avances en algoritmos y análisis de datos han dado lugar a los llamados sensores virtuales, que consisten en estimar parámetros para los que no se dispone de sensores físicos de medida, mediante el análisis de las múltiples fuentes de datos de las que sí se dispone. Estos datos se integran en plataformas de análisis como WaterGEMS que permiten detectar cambios en la calidad del agua y tomar medidas correctivas rápidamente. A esto se une el uso de Gemelos Digitales, representaciones virtuales dinámicas de sistemas físicos que reflejan su estado en tiempo real, permite simular y evaluar diferentes escenarios para mejorar la



operación del sistema, la gestión de recursos y mejorar la calidad del agua y los servicios. Para su implementación existen plataformas comerciales como Innovyze Info360 o Siemens Water Solutions.

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS), junto con modelos avanzados y datos satelitales suponen también un apoyo en la planificación hidrológica. Mediante software como ArcGIS o QGIS se consigue una visualización geográfica detallada de los recursos hídricos y llevar a cabo el análisis espacial de estos datos para la toma de decisiones informadas sobre la gestión del agua. Además, modelos avanzados como HEC-RAS para la simulación de flujos de ríos y SWMM para el manejo de aguas pluviales urbanas, permiten prever escenarios y evaluar impactos de diferentes estrategias de gestión. Los datos satelitales, por otro lado, como los proporcionados por el programa Copernicus de la Unión Europea, ofrecen una cobertura extensa y actualizaciones regulares gracias a lo cual se puede llevar a cabo una buena planificación del uso del suelo y la mitigación de riesgos relacionados con el agua.

Todas estas tecnologías encuentran una aplicación directa en tres retos fundamentales de los sistemas hídricos: la gestión de eventos extremos, la optimización del consumo energético y la reducción del agua no registrada. En el ámbito de los eventos extremos como inundaciones o sequías, el procesamiento de datos en tiempo real y la modelización avanzada permiten realizar análisis predictivos que anticipan la ocurrencia e impacto de estos fenómenos. Estos modelos mejoran la respuesta a estos eventos y la mitigación de riesgos mediante decisiones basadas en datos y también, antes de que se produzcan, son medidas muy útiles de apoyo a la planificación. En cuanto al consumo energético, el análisis de datos operativos y el uso de algoritmos de optimización facilitan la identificación de oportunidades para reducir el consumo de energía en procesos como el bombeo, tratamiento y distribución de agua, maximizando la eficiencia y reduciendo la huella de carbono a través de soluciones digitales de gestión energética. Por otro lado, en la reducción del agua no registrada, que abarca pérdidas físicas (fugas) y no físicas (ausencia o errores de medición), se emplean técnicas avanzadas de detección de fugas basadas en IA y Machine Learning, capaces de procesar datos de presión y flujo para identificar anomalías y pérdidas, lo que permite implementar estrategias más efectivas y minimizar estas ineficiencias. Este enfoque tecnológico, complementario a las soluciones mencionadas previamente, refuerza la sostenibilidad y la resiliencia en la gestión integral del agua.

La digitalización optimiza la gestión de activos mediante el uso de plataformas de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) como IBM Maximo, MaintainX o Smartsheet. Estas herramientas ayudan a rastrear y gestionar el estado de los equipos e infraestructuras, planificar las operaciones de mantenimiento y optimizar el uso de recursos.

La integración de tecnologías como RFID, SCADA o blockchain permite un seguimiento detallado y en tiempo real de los activos, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costes.

Por último, la digitalización ha transformado también la forma en que se diseñan y desarrollan las infraestructuras en el sector del agua mediante herramientas avanzadas que mejoran la planificación, construcción y mantenimiento de las mismas. Y esto es gracias a la metodología BIM (Building Information Modeling) que facilita la colaboración y la resolución de problemas durante todo el ciclo de vida de las instalaciones, pero especialmente anticipándose a ellos en la fase de diseño, lo que reduce costes y tiempos de proyecto.
Hay que destacar, que todas estas tecnologías no se limitan únicamente a las aplicaciones descritas sino que además ofrecen una amplia gama de combinaciones y nuevas aplicaciones que abren la puerta a escenarios de innovación no contemplados anteriormente. Además, es común que los operadores lleven a cabo el desarrollo de soluciones propias y personalizadas más allá de las plataformas comerciales citadas.

Por último, la digitalización también tiene la capacidad de transformar la forma en la que se lleva a cabo la capacitación de los empleados en el sector del agua mediante el uso de herramientas digitales que mejoran el aprendizaje y la práctica. Las plataformas de e-learning, como los MOOC (Cursos Masivos Abiertos en Línea), ofrecen cursos en línea que cubren una amplia gama de temas, desde la operación de sistemas SCADA hasta el análisis de datos y la ciberseguridad. Estas plataformas permiten a los empleados aprender a su propio ritmo y acceder a recursos educativos actualizados con módulos interactivos y evaluaciones continuas.
En este sentido, la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) se utilizan para simular entornos de trabajo y situaciones reales sin los riesgos asociados. Los simuladores de procesos y los Gemelos Digitales recrean el funcionamiento de plantas de tratamiento de agua y otros sistemas críticos y los empleados pueden practicar la operación y el mantenimiento de los sistemas en un entorno controlado, mejorando sus habilidades y entendiendo cómo las diferentes variables afectan el rendimiento del sistema sin interrumpir las operaciones diarias. Estas tecnologías también permiten visualizar infraestructuras subterráneas y complejas redes de tuberías, facilitando el aprendizaje práctico y la resolución de problemas. Esto es particularmente útil para entrenar en situaciones de emergencia, fallos o eventos extremos sin tener que exponer los sistemas a estas situaciones.



3. La digitalización en España

El Plan Nacional de Competencias Digitales (2021), elaborado por el Gobierno de España a través del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital en colaboración con otras entidades públicas, plantea una estrategia para abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades de la transformación digital en España. Este documento identifica las brechas existentes en competencias digitales de la población y en los sectores productivos.

De este documento se puede extraer que:

1. España cuenta con una infraestructura tecnológica desarrollada (en 2019 ocupaba el puesto 11 de 28 en el índice global DESI) y, sin embargo, existen carencias en competencias digitales básicas (un 43% de la población carece de estas y un 8% jamás ha utilizado internet).

2. La proporción de especialistas en TIC (3,2% del empleo total) tiene una tendencia ascendente, pero aún se encuentra por debajo del promedio de la Unión Eueropea (3,9%).

3. La demanda de competencias digitales crece cuatro veces más rápido que la oferta disponible de especialistas en TIC, déficit que se achaca a una formación insuficiente, baja participación femenina y la competencia de mejores salarios en otras regiones.

4. El Plan Nacional propone una serie de medidas para la re-cualificación (reskilling) y la mejora de competencias (upskilling) de cara a cubrir la creciente demanda de perfiles digitales especializados. Entre estas medidas se encuentra el desarrollo de plataformas en línea (como MOOCs).

5. El Plan Nacional toma las competencias digitales de La Agenda Digital 2025, entre ellas, las competencias digitales avanzadas, dirigidas a la población activa para realizar actividades tecnológicas complejas, y las competencias digitales especializadas, enfocadas en profesionales TIC que deben cubrir la demanda laboral de especialistas en tecnologías digitales en áreas como la analítica de datos, la IA, la ciberseguridad, etc.

España destaca por su alto consumo de agua per cápita situándose entre los países europeos con mayor demanda. Este uso intensivo se observa principalmente en la agricultura de regadío, la industria y el ámbito doméstico, a lo que se une una notable variabilidad en la huella hídrica entre diferentes regiones. En los últimos años ha crecido notablemente el interés por comprender y gestionar la huella hídrica, si bien, el consumo de agua ha disminuido gracias a las mejoras en la eficiencia de los sistemas de riego y en los electrodomésticos, así como un cambio en los patrones de consumo. Este fenómeno ha impulsado el desarrollo de metodologías para calcular la huella hídrica y nuevos modelos de gestión (marcos legislativos y regulatorios) que fomenten la eficiencia económica y la sostenibilidad medioambiental del consumo de agua tanto a nivel local como nacional, evidenciando una mayor conciencia sobre la importancia de una gestión sostenible del agua. Integrar esta gestión con el desarrollo sostenible de las ciudades se ha convertido en una prioridad, destacando la relevancia de las prácticas de conservación del agua en el ámbito urbano (Landa et al., 2018; Sotelo Pérez et al., 2023).

La digitalización en el sector del agua busca optimizar operaciones, reducir costes y aumentar la resiliencia mediante la integración de herramientas avanzadas como GIS, IoT, Machine Learning, Big Data o gemelos digitales. Tecnologías como la IA han optimizado la predicción de consumos y detección de fugas, mientras que el IoT ha permitido la monitorización en tiempo real de infraestructuras, que, junto con los Gemelos Digitales, mejoran la gestión, reducien los riesgos y mejoran la planificación operativa. Sin embargo, este cambio exige nuevos perfiles profesionales transversales que combinen los conocimientos técnicos tradicionales con habilidades en nuevas tecnologías. Surge por lo tanto la necesidad, por un lado, de vencer la resistencia al cambio, la falta de competencias digitales capacitando a técnicos del sector en tecnologías digitales y, por otro, trasladar los conocimientos específicos del sector del agua a los profesionales del sector digital (informáticos, ingenieros de telecomunicaciones, etc.).

La política más importante en materia de digitalización en el sector del agua de España son los PERTE, “los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de digitalización del ciclo del agua” (Memoria descriptiva PERTE de Digitalización del ciclo del Agua, 2022; Resumen ejecutivo PERTE de Digitalización del ciclo del Agua, 2022). Este PERTE tiene como objetivo la modernización del modelo de gestión del ciclo urbano del agua, dentro del plazo horizonte 2030, para dar cumplimiento al ODS 6 Agua Limpia y Saneamiento, a través de la digitalización, la innovación y la formación.

Con ello se hace frente a los siguientes desafíos y oportunidades en la gestión del ciclo del agua:

- Cambio climático y disponibilidad del agua
- Control de los vertidos, estado y calidad del agua
- Infraestructuras disponibles y pérdidas de agua
- Incompleta digitalización del ciclo del agua: a nivel usuarios y a nivel administración
- Falta de información completa sobre el uso del agua
- Carencias en el control efectivo de los usos del agua

(Fuente: Memoria descriptiva PERTE de Digitalización del ciclo del Agua, 2022)

El principal reto y oportunidad en el proceso de digitalización del sector industrial del agua en España es su incompleta implementación ya que, a pesar de estar en la sociedad del conocimiento, existe una falta de información completa sobre el uso del agua y pérdidas en las redes de distribución. De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística de 2020, “El agua no registrada se desagrega en pérdidas reales y aparentes. Las pérdidas reales (fugas, roturas y averías en la red de suministro) se estimaron en 652 hm3, lo que supuso un 15,4% del total del agua suministrada a dichas redes” mientras que el Resumen ejecutivo PERTE de Digitalización del ciclo del Agua recoge que la media del índice Agua No Registrada (ANR) en el ciclo urbano es el 23%, de la que, aproximadamente el 14% se considera como pérdidas reales.

La transparencia y las plataformas abiertas de datos han demostrado, además, ser instrumentos eficaces para lograr una gestión eficiente de los recursos. Para ello debe existir la colaboración de los usuarios finales del agua y un buen uso de esta información en la elaboración de instrumentos de regulación, de capacitación y de concienciación. Esto puede traducirse en, por ejemplo, herramientas gratuitas de asesoramiento para gestionar la demanda y reducir el regadío o, si fuese necesario, la implementación de un régimen sancionador (López Gunn & Vargas Amelin, 2020). Sin embargo, indica que cerca del 40% de las redes de abastecimiento no están telemandadas y eleva esta cifra hasta el 75% en las redes de alcantarillado mientras que la telelectura alcanza tan solo el 19% en las áreas metropolitanas y un 16,4 % del total de los contadores existentes (Memoria descriptiva PERTE de Digitalización del ciclo del Agua, 2022; Resumen ejecutivo PERTE de Digitalización del ciclo del Agua, 2022).

Por su lado, la agricultura es el sector con mayor impacto en el uso del agua, ya que se estima que utiliza el 70% del agua a nivel mundial, principalmente a través de técnicas de riego intensivo y bombeo de aguas subterráneas (Savić, 2022). Las tecnologías digitales permiten el desarrollo de sistemas de riego de precisión, que ajustan automáticamente la cantidad de agua necesaria según las condiciones ambientales como temperatura, humedad y contenido de humedad del suelo y el estado de los cultivos (Poulussen, 2020). Para la agricultura, la digitalización trae consigo una rápida transferencia tecnológica y favorece la creación de plataformas interactivas para visualizar y comprender rápidamente la situación de las cuencas hidrográficas y compartir la gran cantidad de información existente. Esto es una oportunidad para aumentar la transparencia frente un consumidor final de los productos agrícolas con una mayor preocupación por aspectos de sostenibilidad, salud, ambientales y éticos (Poulussen, 2020).



4. La situación de Canarias

El Informe sobre la Sociedad Digital en Canarias (2024) se elabora periódicamente por Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) a través del Observatorio Canario de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (OCTSI). En este informe se analiza el nivel de digitalización en el archipiélago a partir de datos de organismos como el Instituto Nacional de Estadística (INE) y Eurostat, con lo que se busca identificar tendencias, brechas digitales, y las necesidades formativas y perfiles profesionales requeridos para afrontar los desafíos de la transformación digital. En su decimoséptima edición (2024), recoge los datos relativos al año 2023.

De este informe se extrae la siguiente información de relevancia:

1. Más del 97% de los hogares canarios tienen acceso a Internet.

2. Solo el 1% de las empresas con menos de 10 empleados cuenta con especialista TIC. El 87% tienen conexión a Internet, pero solo el 25% usa “medios sociales”, solo el 21% dispone de sitio web y solo el 8% usa servicios en la nube de pago.

3. En el caso de empresas de 10 o más empleados, un 14% cuenta con especialistas en TIC, cifra inferior a la media nacional del 16%. El contraste es mayor cuando se valora el porcentaje de este personal en la plantilla, siendo del 1,3% las empresas de Canarias y del 4,2% en el conjunto nacional.

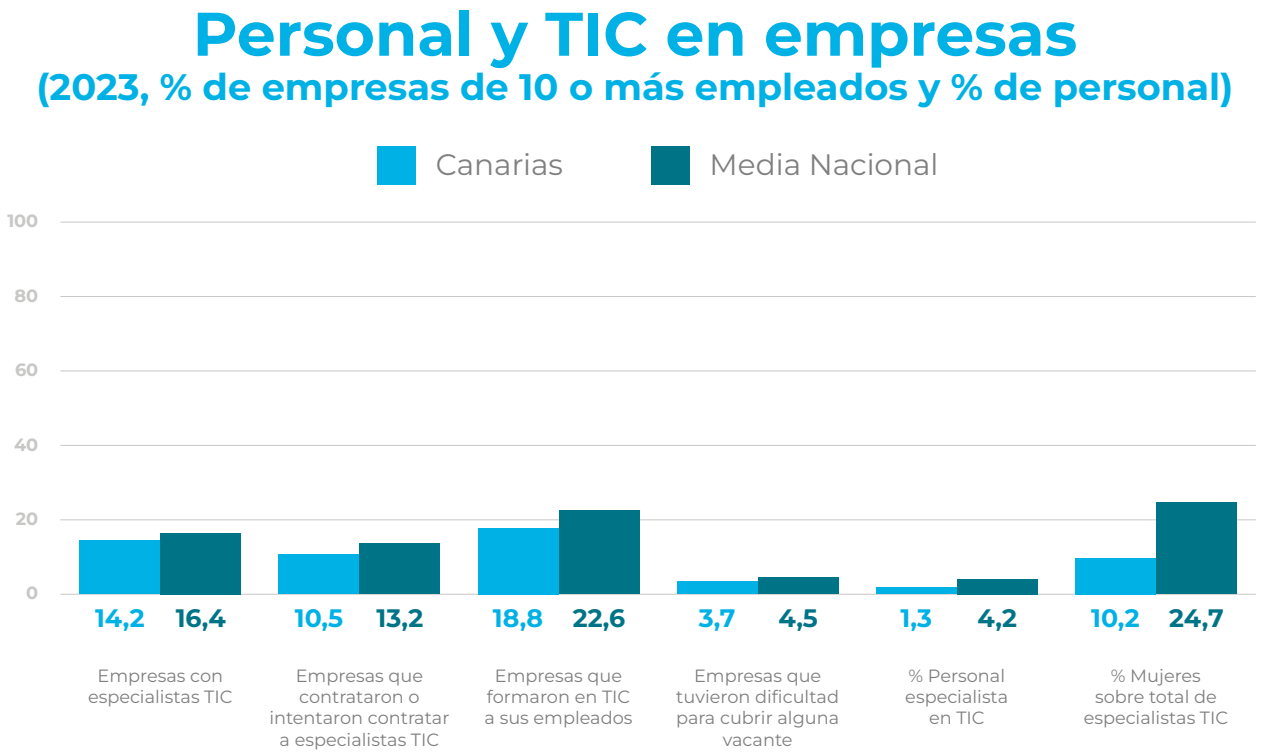


Ilustración 1: Personal TIC en las empresas Canarias. Fuente: Informe sobre la Sociedad Digital en Canarias, 2024.

4. Particularizando para el sector industrial, todas las empresas canarias de 10 o más empleados disponen de ordenadores y de conexión a internet, peros solo el 8% cuenta con empleados TIC, suponiendo el 0,8% de la plantilla, (frente al 14% y 1,3% de media nacional respectivamente). Únicamete el 17% de las empresas formó a sus empleados en TIC.

5. En comparación con la media nacional, estas empresas hacen un uso inferior de aplicaciones de AI, ERP (Enterprise Resource Planning) y herramientas de inteligencia de negocio (BI) y solo un 2% hace uso de IA frente al 9% nacional.

6. Canarias cuenta con 2.900 empresas TIC, la mayoría pequeñas (un 68% sin empleados).

7. Los centros educativos (datos del curso 2020/2021) cuentan con una buena disponibilidad de banda ancha (94% de los centros frente al 45,8% nacional) y ratio de alumnos por ordenador (2,5 frente al 3 nacional). Sin embargo, hay un uso menor de tecnologías en centros y aulas frente al resto del territorio.

8. El 41,3% de los canarios tiene habilidades digitales avanzadas, superando la media nacional del 38,9%, mientras que un 29,2% no alcanza un nivel básico (promedio nacional 28,6%). Sin embargo, el 47% de los canarios desconfían de Internet, frente al 39% a nivel nacional.

En otro estudio reciente (Zafra-Gómez et al., 2024) se evalúan la transparencia y la digitalización de las 59 empresas encargadas del suministro de agua en los 100 municipios más grandes de España. Los autores analizan el grado de cumplimiento de estas empresas con las obligaciones de divulgación establecidas por la Ley de Transparencia utilizando el Índice de Transparencia de Empresas Públicas (INDEP) así como su nivel de adopción de tecnologías digitales mediante los indicadores del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE). Este estudio incluye cinco municipios de Canarias:

Tabla 1: Nivel de transparencia y digitalización en materia del servicio de abastecimiento de aguas de los municipios más grandes de Canarias.

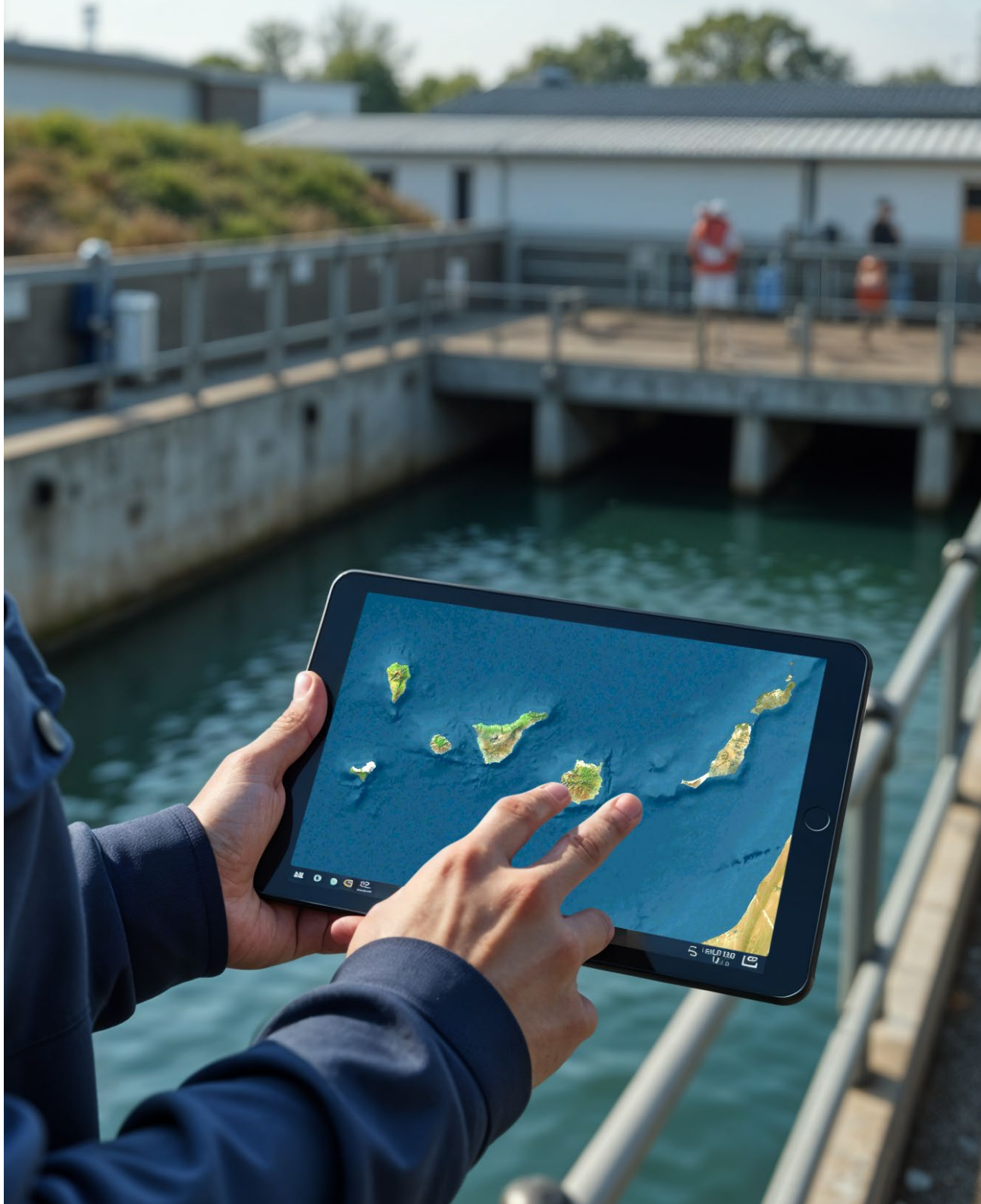
Municipio	Empresa	Tipo de Gestión	Resultado INDE/PERTE	Ranking INDE/PERTE
Telde	Aguas de Telde	Público-privada	46,67% / 50%	25/25
Arona	Canaragua	Público-privada	23,33% / 63%	44/14
Las Palmas de Gran Canaria	Emalsa	Público-privada	26,67% / 50%	39/31
Santa Cruz	Emmasa	Público-privada	31,66% / 50%	35/29
San Cristobal de la Laguna	Teideagua	Público-privada	45% / 38%	26/43

Fuente: Zafra-Gómez et al., 2024

El estudio revela un amplio margen de mejora en ambas áreas, no alcanzando ninguna de las empresas evaluadas un nivel alto de transparencia y tan solo destacando Canaragua (Arona) en el apartado de digitalización. En general, los municipios del estudio, incluidos los municipios de Canarias, muestran una desconexión entre la transparencia y la digitalización, es decir, a pesar de los avances en la implementación de tecnologías digitales, estos no se han traducido en mejoras significativas en la transparencia.

Por su parte, en la primera convocatoria del PERTE de digitalización del ciclo del agua, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) otorgó ayudas por 200 millones de euros a un total de 30 proyectos, con financiación entre 3,3 y 7,9 millones de euros por proyecto. Dos de estos proyectos tienen sus actuaciones localizadas en Canarias, concretamente los presentados por Empresa Mixta de Aguas de S/C Tenerife S.A. (EMMASA) y Empresa Mixta de Aguas de Las Palmas, S.A. (EMALSA), encargadas del suministro de agua potable de las dos capitales de provincia.

En la segunda convocatoria del PERTE agua han sido beneficiados 50 proyectos, con una ayuda que oscila entre los 675 mil a los 10 millones por proyecto. Canarias cuenta con un proyecto presentado por Aqualia, Entemanser y el Consejo Insular de Aguas de Tenerife.



5. Capacitación digital en el sector del agua

Los cambios rápidos provocados por la digitalización afectan al mercado laboral ya que crean la necesidad de integrar las habilidades existentes con las nuevas competencias necesarias para llevar a cabo los procesos de digitalización. Un estudio en EEUU recoge que las plantas de tratamiento de agua tienen una fuerza laboral envejecida y una falta de trabajadores jóvenes, y estiman que el 10,6% de trabajadores se jubilarán o cambiarán de sector cada año desde 2016 hasta 2026 (Zahorodny et al., 2022). Esto obliga a evaluar y mejorar la preparación digital del capital humano de las empresas del sector, ya que, además de las habilidades técnicas tradicionales, Los trabajadores deben adquirir habilidades en el manejo y análisis de datos y en el uso de nuevas tecnologías para comprender y manejar los sistemas automatizados y llevar a cabo toma de decisiones informadas y una operación segura y eficiente. Por lo tanto, se hace necesario revisar los programas. Esto obliga a revisar los programas de capacitación para incorporar conocimientos en tecnologías digitales y mantener una cooperación continua entre las entidades educativas y la industria que asegure que los programas de formación se alineen con las últimas innovaciones tecnológicas y las demandas del mercado laboral.

En general, la bibliografía menciona la necesidad de contar tanto con habilidades técnicas como transversales, destacando la demanda de habilidades sociales, gestión de proyectos, visión estratégica, liderazgo, trabajo en equipo, toma de decisiones, y por otro lado conocimiento en tecnologías específicas como IoT, desarrollo de software, análisis de datos espaciales y big data entre otros. Algunos autores, tras analizar las ofertas de empleo en EEUU, observan un crecimiento considerable en las ofertas que solicitan competencias en análisis de ciberseguridad y privacidad digital e identifican que los perfiles laborales de la Industria 4.0 se caracterizan por tener habilidades transversales más desarrolladas, como la gestión del cambio y la gestión de proyectos. (Panagiotakopoulos et al., 2022). Otros autores detectan una tendencia de adopción de competencias 4.0 de abajo hacia arriba en la estructura jerárquica de la compañía, con roles operativos mostrando una mayor inclusión de tecnologías 4.0 en comparación con los roles de gestión superior (Fareri et al., 2020).

Algunos de los nuevos puestos de trabajo emergentes que mencionan estos autores son:

- Analista de datos
- Científico de IA y Aprendizaje Automático
- Experto en Gemelo Digital
- Gerente de Ciberseguridad
- Diseñador/Desarrollador de Realidad Aumentada

Y de las nuevas habilidades requeridas:

- IoT
- Desarrollo de software
- Tecnologías GIS/análisis de datos espaciales
- Análisis Big Data
- Computación en la nube
- Seguridad informática
- Arquitectura de sistemas y software
- IA y Aprendizaje Automático
- Control de calidad TI
- Conceptos básicos de DevOps
- Gestión de repositorios
- Integración continua
- Gestión de configuración
- Uso de herramientas de construcción, despliegue y monitoreo
- Herramientas de análisis de código y pruebas continuas



Por su lado, el Departamento de Ciencia y Tecnología de Gestión de la Universidad de Patras (Grecia) detecta la necesidad de programas de educación y formación especializados en el ámbito de las Ciudades Inteligentes que combinen una mezcla adaptativa tanto de habilidades técnicas como no técnicas (Gkamas & Rigou, 2023). Como consecuencia, han desarrollado un programa para la formación de dos perfiles profesionales: Smart Cities Engineer y Smart Cities Technician (ver Anexo II - Perfiles profesionales del Proyecto SMACite).

Este programa formativo, que tuvo su primera edición piloto entre febrero y septiembre de 2024, incluye trece cursos que abarcan un amplio número de competencias, tanto digitales como transversales, de una duración entre 24 y 50 horas cada uno hasta sumar 463. Estos cursos son: Smart Cities, Internet of Things, Cybersecurity, Cloud Computing, Data Analytics and Visualizations, Machine Learning with Big Data, 3D Printing, Blockchain, Drones, Autonomous Vehicles, Soft skills, Entrepreneurship skills y Green skills.

Ya en 2020, en España se publicó un estudio denominado “Estudio de necesidades formativas del sector del agua en España (Centro de Referencia Nacional de Energía Eléctrica, Agua y Gas (CEAGU), 2020). Este estudia la oferta y las necesidades formativas del sector y detecta que más de la mitad de los profesionales son de perfil tipo operarios y personal subalterno, técnicos y oficiales, y que, la oferta de formación reglada se reduce únicamente a dos ciclos formativos: Técnico en Redes y Estaciones de Tratamiento de Aguas y Técnico Superior en Gestión de Aguas. Por otro lado, indica que las empresas demandan principalmente conocimientos técnicos especializados y certificaciones oficiales, por delante de otros aspectos como habilidades interpersonales, conocimientos transversales o conocimientos generalistas. Recoge los cursos específicos más demandados por las empresas del sector del agua, siendo cuatro de los seis primeros formación en materia de digitalización:

1. Electromecánica aplicada a equipos relacionados con el ciclo integral del agua

2. Gestión de cuadro de control para EDAR

3. Control remoto de plantas hidráulicas urbanas

4. Mantenimiento e instalaciones de bombas

5. Especialistas en programación y gestión de software (3D, BIM...)

6. Equipos de instrumentación y sensores

También recoge las conclusiones del Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE) sobre las necesidades formativas de la familia profesional del agua en materia de digitalización que, desde 2017 a 2019, incluye las competencias técnico-profesionales "Incorporación de nuevas tecnologías a los procesos: automatización, sistemas de control distribuido" y "Mantenimiento y virtualización del sistema SCADA" y en 2019 añade "Uso y manejo de maquinaria a través de un simulador".

Como consecuencia de este estudio se desarrollaron dos programas formativos para dos especialidades formativas: "Equipamiento y explotación de instalaciones de captación de aguas subterráneas" con código ENAA02 y "Electromecánica para el mantenimiento de equipos esenciales en instalaciones de tratamiento de aguas" con código ENAA03 (Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE), 2021a, 2021b). Una especialidad formativa es un curso que, al contrario que un certificado de profesionalidad, no acredita a su titular para el desarrollo de una actividad profesional sino que acredita que tiene las competencias para llevar a cabo una determinada tarea. Actualmente la especialidad ENAA02 se imparte en varios centros del territorio nacional, incluyendo 5 en Canarias, mientras que la especialidad ENAA03 no se imparte en ningún centro de España.

Con posterioridad, teniendo en cuenta las conclusiones del estudio del CEAGU, el IES Beatriu Fajardo de Mendoza en Benidorm llevó a cabo un proyecto de innovación educativa denominado "Banco de Ensayos Hidráulicos para la Digitalización del Agua" destinado a alumnado de 1º y 2º curso del ciclo de grado medio de Redes y Equipos de Tratamiento de Agua y del ciclo de grado superior de Gestión del Agua, siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (Canut Montalvà et al., 2023). El proyecto abarca todas las fases para la puesta en marcha del mismo: su diseño, su montaje y la realización de ensayos. La principal diferencia con otros bancos de ensayo hidráulicos utilizados habitualmente en estos ciclos formativos es que el propuesto dispone de sensores para monitorizar diversos parámetros (caudales, presiones, temperatura, pH, niveles...), un autómata, tecnología IoT y software SCADA y de Gestión del Mantenimiento, lo que permite llevar a cabo pruebas prolongadas que simulan condiciones operativas reales y analizar datos para deducir indicadores clave de gestión como Agua No Registrada (ANR), Rendimiento Técnico Hidráulico (RTH), TIRL (TIRL, Technical Indicator for Real Losses) y UARL (UARL, Unavoidable Average Real Losses).

Por el lado universitario, existen en España siete titulaciones directamente relacionadas con la evaluación y gestión de recursos hídricos: Ingeniería Civil, Ingeniería de Minas, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Forestal, Ciencias Ambientales, Geología e Ingeniería Geológica; así como un gran número de másteres relacionados con los recursos hídricos tanto oficiales como no oficiales. Otras titulaciones como Ingeniería Industrial o Ingeniería Química también poseen formación y competencias relacionadas como son el diseño de infraestructuras para el tratamiento de aguas residuales y plantas de desalinización de agua (Santamarta et al., 2015). Si bien los autores no abordan la digitalización en el sector, sí que mencionan que en estas titulaciones se hace uso de software especializado y que los planes de estudio incluyen asignaturas como "Adquisición de Datos Hidrológicos" para el caso de Ingeniería Agronómica.



6. Consulta directa a entidades con competencias en el ciclo industrial del agua en Canarias

En el marco de la elaboración de este documento, se llevó a cabo una encuesta para evaluar el estado actual de digitalización en las islas y detectar necesidades de capacitación profesional (ver resultados completos en anexo).

La encuesta fue enviada a diferentes empresas explotadoras del ciclo integral del agua y entidades públicas titulares de los servicios (ayuntamientos y consejos insulares de aguas) en Canarias. Abarcó un espectro de roles completo, desde operarios y personal técnico especializado, hasta directivos y responsables de recursos humanos. En total, participaron 41 profesionales, provenientes de 13 entidades relacionadas directamente con la gestión del ciclo integral del agua en Canarias. A continuación, se presentan sus resultados.

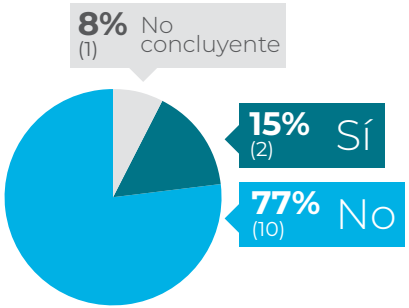


Ilustración 1: Implementación de tecnologías digitales de gestión.

La autoevaluación que llevaron a cabo las entidades consultadas sobre su nivel de digitalización actual, da como resultado una media de **5,6 sobre 10.**

De todas ellas, el **77%**[2] indica haber implementado tecnologías de gestión digital del agua en los últimos 5 años. Al pedir a estas últimas evaluar si el nivel de los esfuerzos llevados a cabo para la implantación de tecnologías digitales es suficiente, se obtiene como resultado un **6,45 sobre 10** de media.

[2] Se da el caso de una entidad cuyo resultado es "No concluyente" obtenerse la misma cantidad de respuestas afirmativas y negativas.

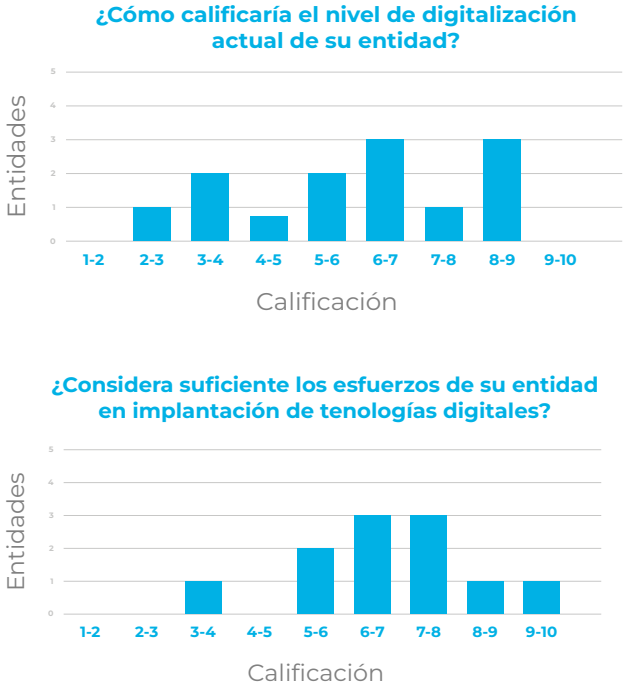


Ilustración 2: Nivel y esfuerzos en digitalización.

Respecto a las tecnologías implementadas, destacan dos tecnologías por estar presentes en el **91%** de las entidades: el IoT o telelectura y los sistemas de automatización y control (SCADA). Del mismo modo, resaltan otras dos tecnologías por la cola, implementadas únicamente en el **18%** de las entidades: la realidad virtual, o realidad aumentada, y los gemelos digitales. En cuanto a la relación con sus abonados, solo el **55%** de las entidades confirma contar con alguna plataforma digital que permite a sus clientes acceder a información sobre el uso del agua.

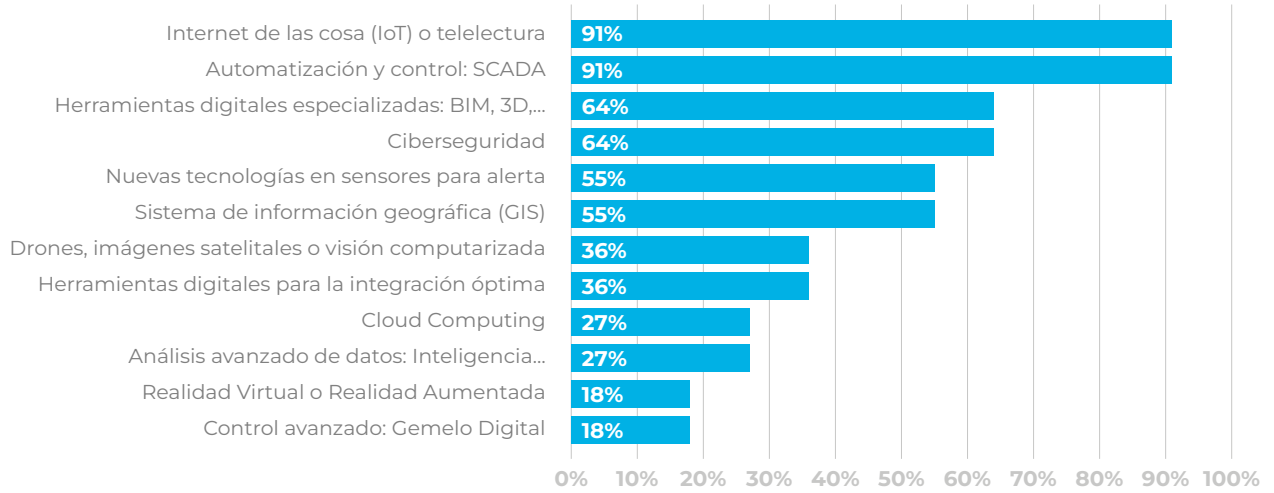
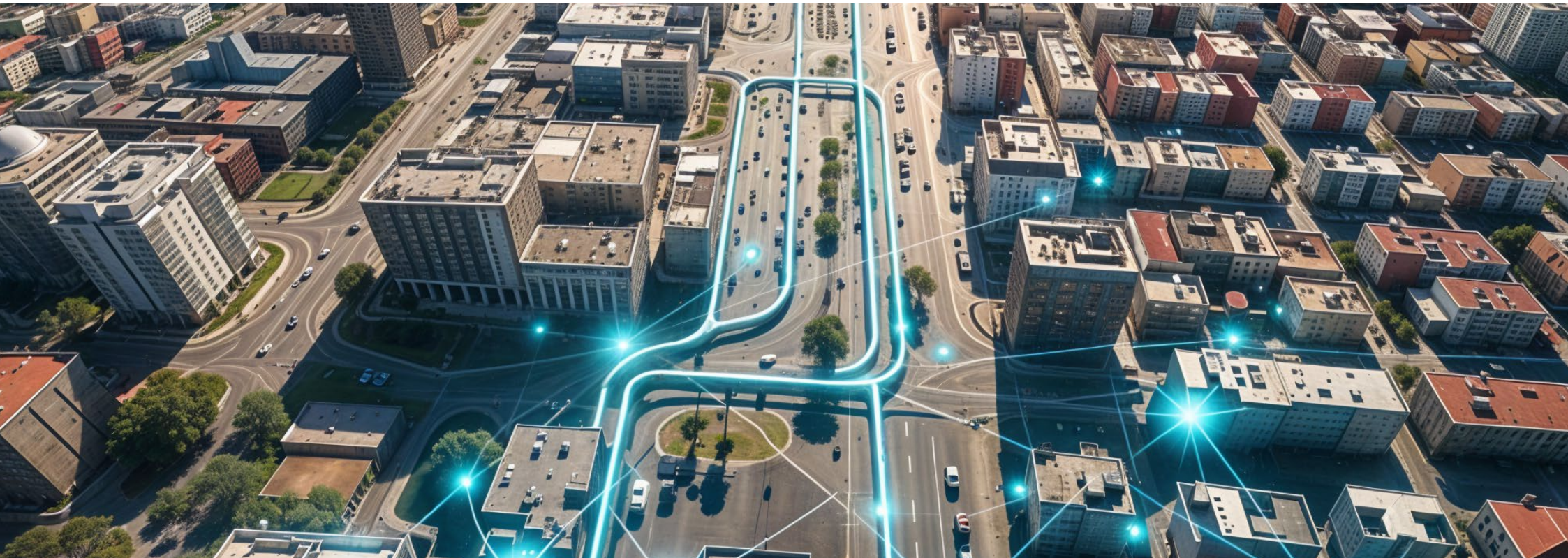


Ilustración 3: Tecnologías implementadas.



Contrasta con los resultados anteriores las respuestas de las entidades a la pregunta: ¿Tiene su entidad un programa de capacitación en competencias digitales? Pese a haber cierto grado de implementación de tecnologías de gestión digital del agua y a aprobar en el nivel de esfuerzos llevados a cabo para la implantación de tecnologías digitales, solo el **15%** de las entidades confirma disponer de un programa de capacitación. Del mismo modo, la evidencia de esta carencia se refuerza con la valoración que hacen las diferentes entidades sobre la suficiencia de sus propias acciones de capacitación y la necesidad mejorar las competencias digitales, valoradas con notas promedio de **5,1 y 8,6 sobre 10** respectivamente.

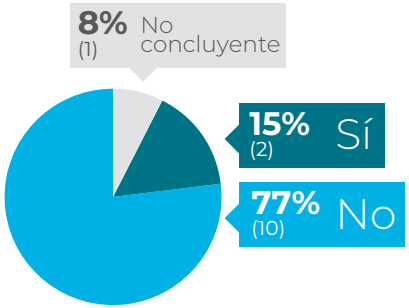


Ilustración 4: Implementación de tecnologías digitales de gestión del agua

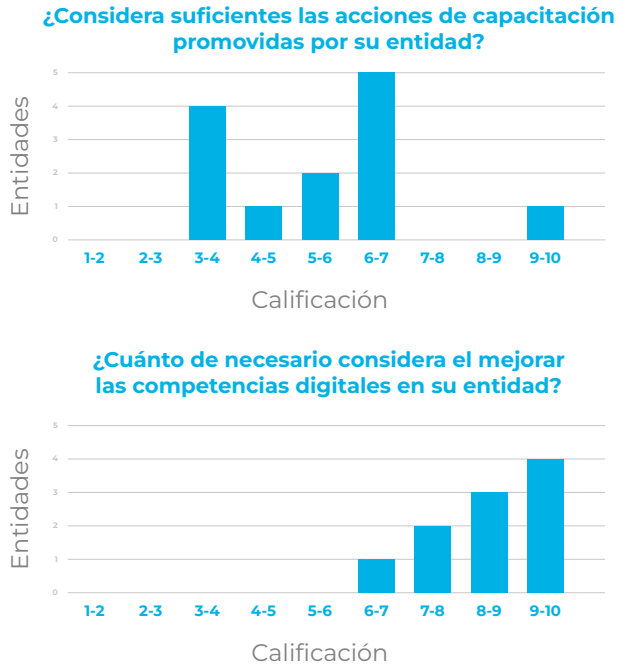


Ilustración 5: Acciones de capacitación y necesidad de mejora en competencias

Al consultar a los diferentes roles profesionales dentro de cada entidad cómo de necesario consideran mejorar en competencias digitales, tanto del personal con su mismo rol, como para cada uno de los otros roles, los resultados muestran diferencias significativas en dicha percepción. La categoría de "Operarios" es la que percibe una menor necesidad, con las puntuaciones más bajas que oscilan entre **1,8 y 2,0 sobre 5**. El resto de roles considera necesaria la mejora con evaluaciones que van de los **3,6 a los 5,0 sobre 5**, siendo en este caso los roles directivos los que menos necesidad perciben.



Ilustración 6: Necesidades de mejora en competencias digitales por roles.

En cuanto a la valoración general de cada rol, no hay diferencias significativas, presentando todos ellos una alta necesidad **(3,9 sobre 5)** a excepción del rol de dirección, con una necesidad evaluada ligeramente por debajo **(3,6)**. Sin embargo, al retirar para cada rol el valor de su autoevaluación, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 2: Resultados de las preguntas sobre el nivel de digitalización de la entidad

Dirección	Cargos intermedios	Personal técnico especializado	Operarios
3,6	3,7	3,8	4,1

Fuente: Elaboración propia

De esto se extrae que, nuevamente, se percibe una menor necesidad de mejora en los cargos con un rol de dirección. De los otros tres roles, son los cargos intermedios los que son percibidos con una menor necesidad de mejora y los operarios, aquellos en los que se percibe la mayor necesidad.

Al evaluar el nivel de competencias en diferentes áreas digitales del personal de las entidades, destacan, en primer lugar, que las dos peores áreas coinciden con las tecnologías menos implementadas: “Gemelos Digitales” y “Realidad Virtual o Realidad Aumentada”. Se pueden identificar oportunidades de mejora en las dos categorías mencionadas y en otras con baja puntuación como “Herramientas digitales para la integración óptima de Energías Renovables”, “Análisis avanzado de datos: IA, Machine Learning…”, “Drones, imágenes satelitales o visión computarizada” y, “Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico…”. Por otro lado, en el extremo de las competencias mejor valoradas, se encuentran “Automatización y control”, “IoT y telelectura”, “Comunicación y redes” y “Gestión de proyectos digitales”, áreas que se puede identificar como las fortalezas de las entidades del sector.



Ilustración 8: Nivel de competencias por áreas.

Para identificar las áreas donde es prioritario mejorar las competencias digitales del personal de cada entidad, de la misma lista, se dio la opción de escoger hasta tres. Las áreas que suscitaron un mayor interés fueron: “Automatización y control” e “IoT y telelectura”, ambas categorías con un 47% de las respuestas, seguidas de “Análisis avanzado de datos: IA, Machine Learning” con un 33%. Cabe destacar que las dos categorías más demandadas son a su vez las que tienen una aplicación más extendida entre las entidades, mientras que las tecnologías menos implementadas: “Gemelos Digitales” y “Realidad Virtual o Realidad Aumentada” no suscitaron un especial interés con un 20% y un 13% de las respuestas respectivamente.

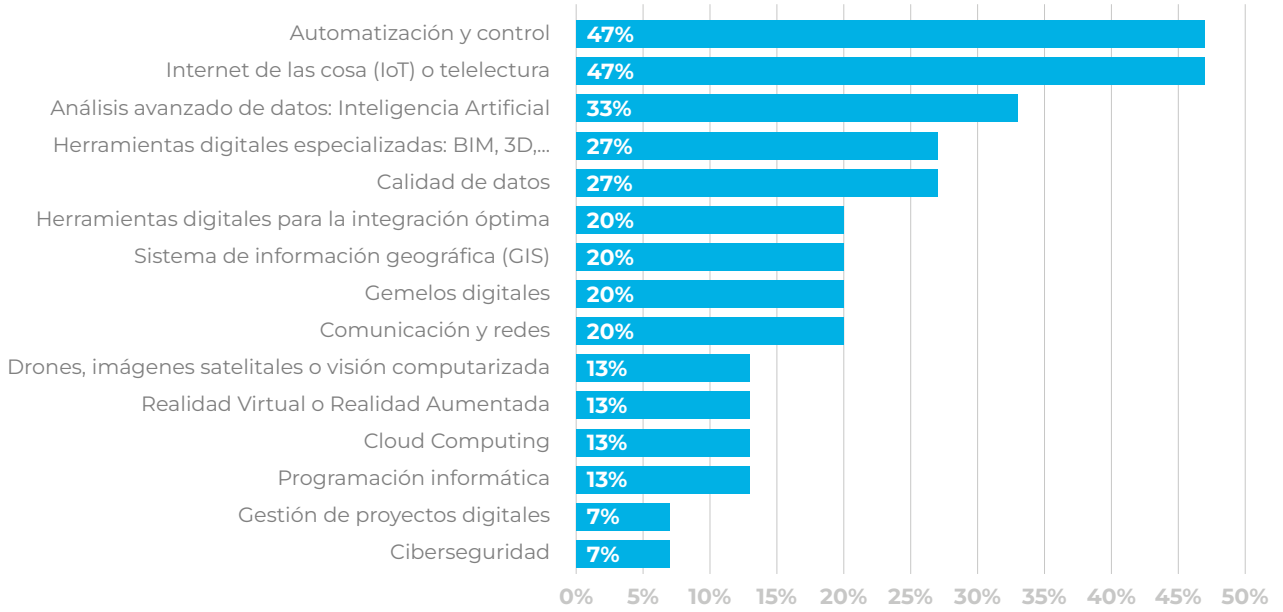


Ilustración 9: Prioridad de mejora por áreas.



Para terminar de evaluar cada área, se consultó a las entidades su dificultad para incorporar personal técnico cualificado. Nos encontramos ante respuestas que trasladan una dificultad alta en todas las áreas, con un **3,7 sobre 5** como valor más bajo. Destaca sobre las demás la categoría de, "Programación informática", con una puntuación promedio de **4,7**, seguida de cerca por "Gemelos digitales" y "Realidad Virtual o Realidad Aumentada" con un **4,5**. Esto contrasta con el bajo interés que recibieron estas dos últimas categorías de cara a mejorar las capacidades del personal de la entidad. Sin embargo, ocurre lo contrario con las siguientes dos categorías que, con un **4,3** de promedio, son a su vez dos de las áreas que mayor demanda de mejora obtuvieron: "IoT y telelectura" y "Análisis avanzado de datos: IA, Machine Learning".

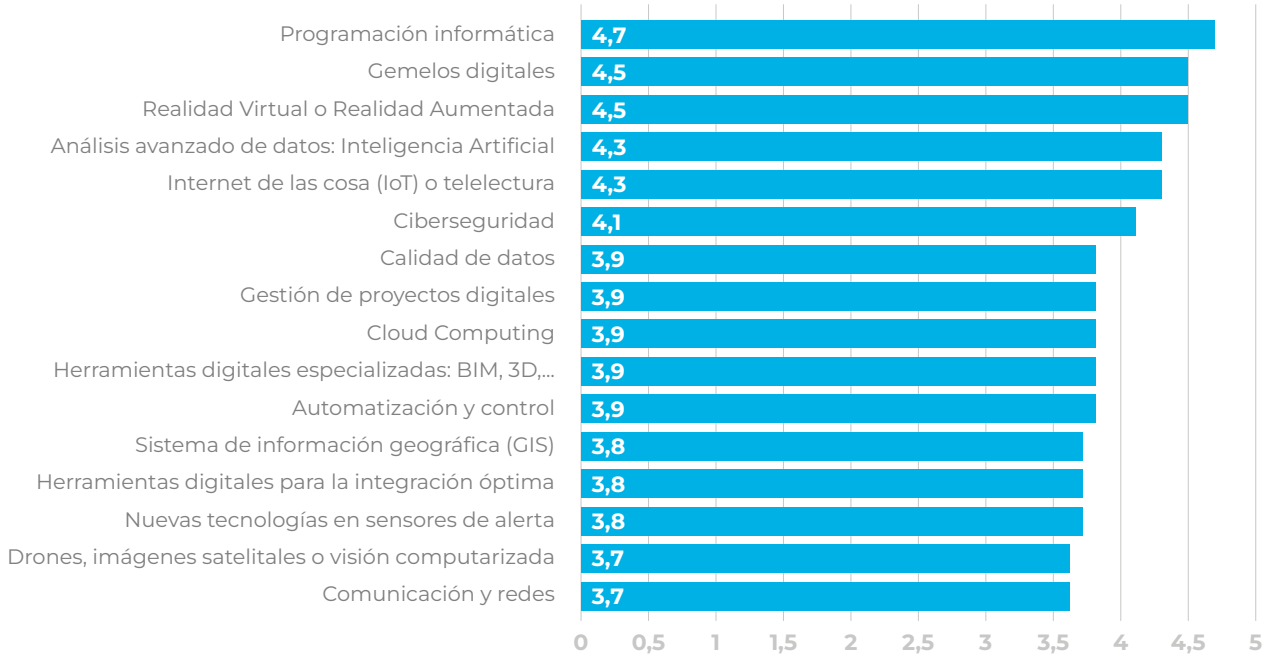


Ilustración 10: Dificultad para incorporar talento por áreas.



Para finalizar, se realizaron cuatro preguntas de de respuesta abierta, cuyas principales respuestas se recogen a continuación:

¿Cuáles son los principales obstáculos para una mayor digitalización y automatización de los procesos en su entidad?

- Resistencia al cambio, particularmente entre el personal de mayor edad y carencia de cultura digital
- Son procesos largos y costosos que no muestran resultados inmediatos.
- Falta de personal especializado, especialmente para la fase de explotación junto a la dificultad para la incorporación de nuevo talento.
- Antigüedad de las instalaciones y ausencia de sistemas de automatización adecuados.

¿Qué tipo de decisiones se han mejorado gracias al análisis de datos en su entidad?

- Localización de averías y toma de decisiones mucho más rápidas.
- Optimización en operaciones de mantenimiento.
- Mejoras en el rendimiento de las redes y en la eficiencia energética.
- Mejoras estratégicas en gobernanza y distribución del agua.
- Decisiones económicas relacionadas con inversión.

¿Qué acciones de capacitación digital ha implementado su entidad para su personal en los dos últimos años?

- Cursos de varias tecnologías: programación SCADA, Control remoto, PLC, ciberseguridad, alerta temprana, BIM, drones...
- Capacitación en uso de herramientas digitales, ofimática y servicios cloud.
- Adopción de formación continua, tanto presencial como online.

Con respecto a la digitalización del sector del agua **¿cuáles son los principales retos a los que su entidad ha enfrentado relacionados con la capacitación y la disponibilidad de personal capacitado?**

- A la hora de contratar personal especializado en tecnologías digitales, falta de formación o familiaridad con los aspectos técnicos del sector del agua.
- Falta de formaciones específicas.
- Dificultades para encontrar nuevo talento y mantenerlo dentro de la empresa.
- Ajustar la capacitación y la incorporación de nuevo talento al ritmo de crecimiento y los tiempos marcados por los proyectos en marcha.
- Las limitaciones administrativas para la contratación, propias de la Administración Pública.

Estas respuestas refuerzan las conclusiones del resto de la encuesta y se alinean con el análisis llevado a cabo en este documento, constatando que la digitalización en el sector del agua aún enfrenta desafíos importantes y que, estas herramientas, que han logrado avances en la toma de decisiones y en los procesos, no se han explotado de manera uniforme en todas las entidades.
En términos de capacitación, persisten brechas en la especialización pese a las acciones de capacitación que llevan a cabo las entidades. Además, las dificultadas para la contratación del personal con las capacidades requeridas de ambos ámbitos a la vez (sector digital y sector del agua), subrayan la necesidad de implementar estrategias integrales que alineen la formación y la incorporación de talento que permitan la modernización tecnológica del sector del agua.

Conclusiones

La digitalización en el sector del agua ofrece grandes oportunidades para mejorar la eficiencia operativa, reducir costes y aumentar la sostenibilidad del sector. Se posiciona como una oportunidad estratégica para abordar desafíos relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia operativa y la resiliencia frente al cambio climático. La transformación digital debe mejorar la gestión del agua, impulsar la economía hacia un modelo basado en el conocimiento, generando nuevos empleos y fomentando prácticas de consumo social responsable.

A pesar de la integración paulatina de tecnologías avanzadas en el sector del agua, como son los sistemas de control, el IoT o los sistemas GIS, este sector se enfrenta aún a resistencias al cambio digital, a la falta de habilidades técnicas y a dificultades para integrar nuevas tecnologías digitales en infraestructuras antiguas. Los principales obstáculos incluyen la necesidad de formación y el desarrollo de capacidades técnicas, junto con problemas culturales que dificultan la adopción de nuevas tecnologías.

Para aprovechar plenamente las oportunidades que brinda la digitalización en el sector del agua en Canarias, se deben abordar estos grandes objetivos:

Promover la colaboración entre instituciones educativas y el sector del agua para alinear los nuevos perfiles profesionales con las necesidades actuales y futuras.

Fortalecer la gobernanza del agua mediante la integración de sistemas digitales que permitan un monitoreo más preciso y una planificación más eficaz.

Implementar mecanismos de evaluación continua que permitan ajustes estratégicos, maximizando así los beneficios económicos, ambientales y sociales

Priorizar tecnologías con resultados comprobados y garantizar la interoperabilidad de los sistemas.

De acuerdo a lo expresado por los actores del sector, las actuaciones de capacitación en competencias digitales deben ir destinadas a todas las escalas del personal, desde los cargos intermedios hasta los operarios. Dichas acciones formativas debieran orientarse hacia la:

- Automatización y control
- IoT y telelectura
- Análisis avanzado de datos: Inteligencia Artificial, Machine Learning
- Gemelos Digitales
- Realidad Virtual y Realidad Aumentada
- Necesidades del sector agua a los profesionales del sector TIC

Bibliografía

Adedeji, K. B., Ponnle, A. A., Abu-Mahfouz, A. M., & Kurien, A. M. (2022).
Towards Digitalization of Water Supply Systems for Sustainable Smart City Development—Water 4.0. *Applied Sciences,* 12(18), 9174. https://doi.org/10.3390/app12189174

Amankwaa, G., Heeks, R., & Browne, A. L. (2021).
Digitalising the water sector: implications for water service management and governance.

Antzoulatos, G., Mourtzios, C., Stournara, P., Kouloglou, I.-O., Papadimitriou, N., Spyrou, D., Mentes, A., Nikolaidis, E., Karakostas, A., Kourtesis, D., Vrochidis, S., & Kompatsiaris, I. (2020). Making urban water smart: The SMART-WATER solution.
Water Science and Technology, 82(12), 2691-2710. https://doi.org/10.2166/wst.2020.391

Canut Montalvà, A., Martínez López, J., Roma Mayor, M., & Oliva Sánchez, A. (2023).
Aprendizaje basado en proyectos colaborativos globales en formación profesional: Banco de ensayos hidráulicos para la digitalización del agua.

Centro de Referencia Nacional de Energía Eléctrica, Agua y Gas (CEAGU). (2020).
Estudio de necesidades formativas del sector del agua en España.

Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E., & Binda, A. (2020).
Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. *Computers in Industry*, 118, 103222. https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103222

Gkamas, V., & Rigou, M. (2023).
A Multidisciplinary Training Program For Smart Cities Technicians And Engineers. 236-240. https://doi.org/10.36315/2023v1end050

Grievson, O., Holloway, T., & Johnson, B. (Eds.). (2022).
A Strategic Digital Transformation for the Water Industry. IWA Publishing. https://doi.org/10.2166/9781789063400

Gupta, A. D., Pandey, P., Feijóo, A., Yaseen, Z. M., & Bokde, N. D. (2020).
Smart Water Technology for Efficient Water Resource Management: A Review. *Energies,* 13(23), 6268. https://doi.org/10.3390/en13236268

Hernaningsih, T., Said, N. I., Yudo, S., Wahyono, H. D., Widayat, W., & Rifai, A. (2023).
Application of the concept of smart city and smart water management for the new capital city. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1), 012103. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012103

Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022).
Smart Water Resource Management Using Artificial Intelligence—A Review. *Sustainability*, 14(20), 13384. https://doi.org/10.3390/su142013384

Lambert, A., & Hirner, W. (2000).
Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. International Water Association (IWA). https://iwa-network.org/

Landa, C. F., Marzana, F. C., Sardina, S. F. O., & Bargues, J. E. (2018).
La gestión del agua en España: Análisis y retos del ciclo urbano del agua [Informe técnico]. PwC.

Lian, B., Zhu, Y., Branchaud, D., Wang, Y., Bales, C., Bednarz, T., & Waite, T. D. (2022).
Application of digital twins for remote operation of membrane capacitive deionization (mCDI) *systems. Desalination*, 525, 115482. https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115482

López Gunn, E., & Vargas Amelin, E. (2020).
La gobernanza del agua subterránea y la seguridad hídrica en España (Studies on the Spanish Economy Nos. eee2020-40). FEDEA. https://ideas.repec.org/p/fda/fdaeee/eee2020-40.html

Markopoulou, D. (2023).
Tackling cybersecurity challenges in the energy and water sectors in the context of the cybersecurity and sectoral regulatory frameworks: The case of smart metering systems in the new digitalised environment. *International Review of Law, Computers & Technology*, 37(1), 52-77. https://doi.org/10.1080/13600869.2022.2094609

***Memoria descriptiva PERTE de Digitalización del ciclo del Agua.* (2022, marzo 24).**
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2022/220322-PERTE_agua_memoria.pdf

Ministerio de la Presidencia, R. con las C. y M. D. (2023).
Real Decreto 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: Vol. BOE núm. 9. https://www.boe.es/diario_boe/

Msamadya, S., Joo, J. C., Lee, J. M., Choi, J. S., Lee, S., Lee, D. J., Go, H. W., Jang, S. Y., & Lee, D. H. (2022).
Role of Water Policies in the Adoption of Smart Water Metering and the Future Market. *Water*, 14(5), 826. https://doi.org/10.3390/w14050826

Observatorio Canario de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, (OCTSI). (2024, marzo).
Informe sobre la Sociedad Digital en Canarias 2023 (Edición 2024). Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI). https://www.octsi.es

Osés, J. M. E. (2019).
Ratio de agua no registrada (ANR): Consideraciones ante un cambio drástico de tendencia.

Owen, D. L. (2023).
Smart water management. River, 2(1), 21-29. https://doi.org/10.1002/rvr2.29

Panagiotakopoulos, T., Iatrellis, O., & Kameas, A. (2022).
Emerging Smart City Job Roles and Skills for Smart Urban Governance. En P. Fitsilis (Ed.), *Building on Smart Cities Skills and Competences* (pp. 3-19). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97818-1_1

Plan Nacional de Competencias Digitales. (2021).
Gobierno de España. https://www.lamoncloa.gob.es

Playán, E., Salvador, R., Bonet, L., Camacho, E., Intrigliolo, D. S., Moreno, M. A., Rodríguez-Díaz, J. A., Tarjuelo, J. M., Madurga, C., Zazo, T., Sánchez-de-Ribera, A., Cervantes, A., & Zapata, N. (2018).
Assessing telemetry and remote control systems for water users associations in Spain. *Agricultural Water Management*, 202, 89-98. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.015

Poulussen, A. F. (2020).
Riesgos hídricos e implicaciones económicas para España en un contexto global (Studies on the Spanish Economy Nos. eee2020-33). FEDEA. https://ideas.repec.org/p/fda/fdaeee/eee2020-33.html

Resumen ejecutivo PERTE de Digitalización del ciclo del Agua. (2022, marzo 24).
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2022/220322-PERTE_agua_resumen_ejecutivo.pdf

Sankhua, D. R. N. (s. f.).
Digital Initiatives In Water Resources Management.

Santamarta, J. C., Ritter, A., Neris, J., Rodríguez-Martín, J., García, J. L., Lario-Bascones, R. J., Arraiza, M. P., & Ioras, F. (2015).
University Studies and Professional Skills in the Field of Integrated Water Resources Management: The Case of Spain. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2747-2752. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.522

Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2021a, junio).
Programa formativo—Equipamiento y Explotación de Instalaciones de Captación de Aguas Subterráneas.

Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE). (2021b, julio).
Programa formativo—Electromecánica para el mantenimiento de equipos esenciales en instalaciones de tratamiento de aguas.

Sotelo Navalpotro, J. A., & Sotelo Pérez, M. (2018).
Consumo de agua y «Huella Hídrica» de las ciudades españolas. *Estudios Geográficos*, 79(284), 115. https://doi.org/10.3989/estgeogr.201805

Sotelo Pérez, I., Sotelo Pérez, M., & Sotelo Navalpotro, J. A. (2023).
Análisis Geográfico Regional De La "Huella Hídrica" Española: Bases Para La Planificación Turística. *Cuadernos De Turismo*, 51, 349-383. https://Doi.org/10.6018/Turismo.571661

Stefano, L. D., Cabello, V., & Hernandez-Mora, N. (2018).
Datos Abiertos En El Sector Del Agua En España. https://Doi.org/10.13140/Rg.2.2.11154.56003

Zafra-Gómez, E., Garrido-Montañés, M., López-Pérez, G., & Navarro-Ruiz, M.-A. (2024).
Transparency and Digitalization in Water Services: Reality or Still a Dream? *Water*, 16(3), 367. https://doi.org/10.3390/w16030367

Zahorodny, S. M., Webb, D., & Silva, M. R. (2022).
Evaluation of a Water System Model for Educational Research. *Creative Education*, 13(02), 637-657. https://doi.org/10.4236/ce.2022.132040

Zhang, Y. (2023).
Smart Water Applications in Drinking Water Distribution Systems: A Review. En M. F. B. S. M. Dom, P. T. Zabielskis, X. Liu, & X. Liu (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Culture, Design and Social Development (CDSD 2022)* (pp. 593-597). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-018-3_69

Anexo I - Resultados de la encuesta

Tabla 3: Resultados de las preguntas sobre el nivel de digitalización de la entidad (2, 3 y 4).

1. Entidad (código)	Respuestas por entidad	2. ¿Cómo calificaría el nivel de digitalización actual de su entidad? Valore en una escala del 1 al 10.	3. ¿Ha implementado su entidad tecnologías de gestión digital del agua en los últimos 5 años?		4. ¿Considera suficiente los esfuerzos de su entidad en implantación de tecnologías digitales? Valore en una escala del 1 al 10.
		Media	Sí	No	Media
1	1	2,0	0	1	NA
2	2	4,0	1	1	5
3	4	5,5	4	0	6
4	13	8,5	13	0	8,2
5	2	3,5	2	0	3
6	1	5,0	1	0	6
7	1	7,0	1	0	6
8	1	3,0	0	1	NA
9	6	6,7	5	1	7,6
10	6	6,0	6	0	7,7
11	1	8,0	1	0	9
12	1	6,0	1	0	5
13	2	8,0	2	0	7,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Resultados de la pregunta 5. ¿Cuáles de estas tecnologías sabe que se han implementado su entidad?

1. Entidad (código)	Control avanzado: Gemelo Digital	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Análisis avanzado de datos de datos: IA, Machine Learning...	Cloud Computing	Herramientas digitales para la integración óptima de Energías Renovables	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Sistemas de información geográfica (GIS)	Nuevas tecnologías en sensores para alerta temprana	Ciberseguridad	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico...	Automatización y control: SCADA	IoT o telelectura
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	3	1
4	4	1	6	3	3	3	12	6	12	6	12	13
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2	0	0	0	1	0	0	5	1	5	4
10	0	0	1	1	2	0	5	1	5	1	4	5
11	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
13	1	0	0	2	1	1	2	1	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Resultados de la pregunta 6. ¿Dispone su entidad de alguna plataforma digital que permita a sus clientes acceder a información sobre el uso del agua?

1. Entidad (código)	Sí	No
1	NA	NA
2	0	1
3	4	0
4	13	0
5	0	2
6	0	1
7	1	0
8	NA	NA
9	2	3
10	4	2
11	1	0
12	0	1
13	2	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Resultados de las preguntas sobre capacitación en competencias digitales de la entidad (7, 8 y 9).

1. Entidad (código)	7. ¿Tiene su entidad un programa de capacitación en competencias digitales?		8. En una escala del 1 al 10 ¿Considera suficientes las acciones de capacitación promovidas por su entidad?	9. En una escala del 1 al 10 ¿Cuánto de necesario considera el mejorar las competencias digitales en su entidad?
	Sí	No	Media	Media
1	0	1	3,0	8,0
2	0	2	4,0	9,5
3	1	3	3,8	9,0
4	6	7	6,6	7,7
5	0	2	3,0	10,0
6	0	1	6,0	10,0
7	0	1	6,0	6,0
8	0	1	3,0	10,0
9	3	3	6,5	8,2
10	2	4	5,0	8,3
11	1	0	9,0	9,0
12	0	1	5,0	9,0
13	2	0	6,0	7,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Resultados de la pregunta 10. ¿Cuánto de necesario considera en su entidad, para las siguientes categorías profesionales, mejorar en competencias digitales?

1. Entidad (código)	11. Rol del encuestado	Número de respuestas	Operarios	Personal técnico especializado	Cargos intermedios	Dirección
1	Todos los roles	1	4,00	4,00	4,00	1,00
	Personal con responsabilidades de gestión técnica	1	4,00	4,00	4,00	1,00
2	Todos los roles	2	4,00	5,00	4,50	4,00
	Dirección	2	4,00	5,00	4,50	4,00
3	Todos los roles	4	3,50	3,00	3,25	3,00
	Operario	1	2,00	1,00	2,00	2,00
	Personal técnico especializado	3	4,00	3,67	3,67	3,33
4	Todos los roles	13	3,69	3,92	3,77	3,69
	Dirección	3	2,67	2,67	2,67	2,67
	Operario	2	3,00	2,00	2,00	2,50
	Personal con responsabilidades de gestión técnica	4	4,00	4,75	4,75	4,50
	Personal técnico especializado	4	4,50	5,00	4,50	4,25
5	Todos los roles	2	5,00	5,00	4,50	3,50
	Dirección	2	5,00	5,00	4,50	3,50
6	Todos los roles	1	4,00	4,00	4,00	2,00
	Personal con responsabilidades de gestión técnica	1	4,00	4,00	4,00	2,00
7	Todos los roles	1	1,00	4,00	4,00	3,00
	Dirección	1	1,00	4,00	4,00	3,00
8	Todos los roles	1	4,00	5,00	5,00	1,00
	Personal técnico especializado	1	4,00	5,00	5,00	1,00
9	Todos los roles	6	3,50	3,17	3,17	2,83
	Dirección	1	2,00	3,00	3,00	3,00
	Operario	2	3,50	2,00	2,00	1,50
	Personal con responsabilidades de gestión técnica	1	4,00	4,00	4,00	3,00
	Personal técnico especializado	2	4,00	4,00	4,00	4,00
10	Todos los roles	6	3,67	4,17	4,17	4,33
	Dirección	1	4,00	5,00	5,00	5,00
	Personal con responsabilidades de gestión de RRHH	1	5,00	5,00	5,00	5,00
	Personal con responsabilidades de gestión técnica	3	3,67	4,00	4,33	4,67
	Personal técnico especializado	1	2,00	3,00	2,00	2,00
11	Todos los roles	1	3,00	5,00	3,00	4,00
	Dirección	1	3,00	5,00	3,00	4,00
12	Todos los roles	1	5,00	5,00	5,00	5,00
	Dirección	1	5,00	5,00	5,00	5,00
13	Todos los roles	2	4,00	4,50	4,50	4,50
	Personal técnico especializado	2	4,00	4,50	4,50	4,50
Total		**41**	**3,71**	**3,98**	**3,85**	**3,49**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Resultados de la pregunta 12. ¿Cuál es el nivel de habilidad en competencias digitales, que usted percibe, del personal de su entidad para cada área de esta lista?

1. Entidad (código)	Programación informática	IoT y telelectura	Análisis avanzado de datos: Inteligencia Artificial, Machine Learning...	Sistemas de información geográfica (GIS)	Ciberseguridad	Automatización y control	Comunicación y redes	Gestión de proyectos digitales	Cloud Computing	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico...	Gemelos digitales	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Nuevas tecnologías en sensores para alerta temprana	Herramientas digitales para la integración óptima de Energías Renovables
1	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	5,00	3,00	NA	2,00	NA	NA	NA	4,00	3,00
4	4,43	4,14	3,17	4,43	4,57	4,14	4,43	3,43	3,43	3,43	2,50	2,40	2,00	3,71	2,83
2	2,00	3,50	1,50	1,50	2,00	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50
5	1,00	3,50	1,50	2,50	1,50	2,50	2,50	2,00	1,50	1,50	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50
6	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	4,00	3,00	2,00	5,00	3,00	4,00	3,00	5,00	4,00	4,00	1,00	1,00	4,00	5,00	2,00
9	2,50	3,00	2,50	1,50	3,00	3,00	2,50	2,00	1,50	1,50	1,00	2,00	1,50	1,50	1,00
10	4,00	3,40	2,00	3,60	4,20	3,80	4,00	4,40	2,75	2,25	1,67	1,67	1,33	2,20	2,20
11	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	2,00	4,00	4,00	NA
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	**2,59**	**3,05**	**1,97**	**2,65**	**2,53**	**3,19**	**2,99**	**2,88**	**2,35**	**2,17**	**1,46**	**1,45**	**1,98**	**2,54**	**1,78**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Resultados de la pregunta 12. ¿Cuál es el nivel de habilidad en competencias digitales, que usted percibe, del personal de su entidad para cada área de esta lista? (según el rol del encuestado)

11. Rol del encuestado	Programación informática	IoT y telelectura	Análisis avanzado de datos: Inteligencia Artificial, Machine Learning...	Sistemas de información geográfica (GIS)	Ciberseguridad	Automatización y control	Comunicación y redes	Gestión de proyectos digitales	Cloud Computing	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico...	Gemelos digitales	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Nuevas tecnologías en sensores para alerta temprana	Herramientas digitales para la integración óptima de Energías Renovables
Dirección	3,0	3,5	2,1	3,3	3,1	3,3	3,1	2,8	2,4	2,3	1,6	1,5	1,9	2,5	1,8
P. con responsabilidades de gestión técnica	3,4	3,4	2,4	3,2	3,6	3,7	3,9	3,5	2,9	2,6	1,7	1,8	1,7	2,9	2,3
P. con responsabilidades de gestión de RRHH	4,0	3,0	3,0	2,0	4,0	3,0	3,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resultados de la pregunta 13. Si pudiese mejorar las competencias digitales del personal de su entidad en alguna de estas áreas ¿en cuál o cuáles sería?

1. Entidad	IoT y telelectura	Automatización y control	Análisis avanzado de datos: IA, Machine Learning	Comunicación y redes	Calidad de los datos	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico	Gemelos digitales	Sistemas de información geográfica (GIS)	Herramientas digitales para la integración óptima de Energías Renovables	Programación informática	Cloud Computing	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Ciberseguridad	Gestión de proyectos digitales
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	1	2	5	0	5	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0
5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
6	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
10	2	3	2	0	1	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0
11	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total (%)	**46,7**	**46,7**	**33,3**	**20,0**	**26,7**	**26,7**	**20,0**	**20,0**	**20,0**	**13,3**	**13,3**	**13,3**	**13,3**	**6,7**	**6,7**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Resultados de la pregunta 14. ¿Cuál es el nivel de dificultad al que se enfrenta, para cada una de estas áreas, a la hora de incorporar nuevo personal técnico con capacitación suficiente?

1. Entidad	Programación informática	IoT y telelectura	Análisis avanzado de datos: Inteligencia Artificial, Machine Learning...	Sistemas de información geográfica (GIS)	Ciberseguridad	Automatización y control	Comunicación y redes	Gestión de proyectos digitales	Cloud Computing	Calidad de los datos	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico...	Gemelos digitales	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Nuevas tecnologías en sensores para alerta temprana	Herramientas digitales para la integración óptima de EER
1	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	NA	4,0	3,0	NA	NA	NA	NA	4,0
2	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	5,0
4	3,3	3,5	3,9	3,4	4,0	3,7	3,6	4,1	3,5	4,3	3,9	3,8	4,1	4,0	3,9	3,5
5	5,0	4,5	5,0	4,0	4,5	4,5	4,0	4,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0
6	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
7	4,0	3,0	2,0	1,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0
9	5,0	4,0	4,5	4,5	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
10	4,2	3,6	4,3	2,8	3,8	4,2	2,8	3,2	3,8	3,2	3,2	4,0	4,3	4,0	3,4	4,2
11	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	NA	3,0	4,0	5,0	5,0	2,0	3,0	2,0
12	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Total	**4,7**	**4,3**	**4,3**	**3,8**	**4,1**	**3,9**	**3,7**	**3,9**	**3,9**	**3,9**	**3,9**	**4,5**	**4,5**	**3,7**	**3,8**	**3,8**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resultados de la pregunta 13. Si pudiese mejorar las competencias digitales del personal de su entidad en alguna de estas áreas ¿en cuál o cuáles sería?

11. Rol del encuestado	Programación informática	IoT y telelectura	Análisis avanzado de datos: IA, Machine Learning...	Sistemas de información geográfica (GIS)	Ciberseguridad	Automatización y control	Comunicación y redes	Gestión de proyectos digitales	Cloud Computing	Calidad de los datos	Herramientas digitales especializadas: BIM, 3D, modelado hidráulico...	Gemelos digitales	Realidad Virtual o Realidad Aumentada	Drones, imágenes satelitales o visión computerizada	Nuevas tecnologías en sensores para alerta temprana	Herramientas digitales para la integración óptima de EERR
Dirección	4,6	4,3	4,5	3,9	4,4	4,1	3,8	4,4	4,2	4,3	4,3	4,8	4,8	4,0	4,1	4,0
P. con responsabilidades de gestión técnica	4,1	3,8	4,0	3,4	3,6	3,8	3,2	3,4	3,4	3,7	3,4	3,5	3,7	3,6	3,2	3,6
P. con responsabilidades de gestión de RRHH	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Fuente: Elaboración propia

Anexo II - Perfiles profesionales del Proyecto SMACite

Smart Cities Engineer Job Profile

Functions aligned with ESCO

1. Design, plan, and develop technical and engineering specifications and solutions for projects from infrastructure optimizing materials and integrating specifications and resource allocation within time constraints.

2. Oversee the project on daily basis and is responsible for high-quality results within objectives and constraints, ensuring effective use of resources. Responsible for risk and issue management, communication and stakeholder management.

3. Design, plan, manage and maintain cloud-based systems. Responsible for developing, implementing and debugging cloud-applications and handle migration of applications to cloud.

4. Advise and implement solutions to control access to data and programs and ensure protection of processes. Responsible for protection and security of systems and network and design, plan and execute the system's security architecture, with models and security policies and procedures.

5. Collect and interpret rich data sources, manage large amounts of data, merge sources, ensure consistency and create visualizations to aid in understanding data using mathematical models and communicate insights and findings to team and, if required, to non-experts and recommend ways to apply data.

6. Design, integration and acceptance testing of automation systems integrating connected devices and smart appliances within residential facilities. Work with key stakeholders to ensure the desired project outcome including wire design, layout, appearance and component programming.



Essential knowledge and skills

IoT knowledge. Principles, requirements, limitations and vulnerabilities of smart connected devices and automatic control systems for digital control, distribution saving and use of energy and information management.

IoT skills. Design and calculate smart systems, based on grid load, duration curves, energy simulations, etc.

Security knowledge. Methods and standards to protect ICT systems, resources and users against illegal or unauthorized use, identifying, assessing and dealing with all types of risks including from cloud computing

Security skills. Create strategy for safety and security, with set of rules and policies. Analyze systems to identify risks and implement procedures for identifying, assessing, mitigating them and prepare recovery plans

Cloud Computing knowledge. Technologies to access resources (hardware, software, services, etc.) through remote servers and software networks irrespective of location and architecture and metrics and alarms for monitoring services.

Cloud Computing skills. Design infrastructure (networks and architecture) to implement optimized cloud solutions for customer requirements, fault toleration, workload and business needs. Identify elastic and scalable and cost-effective solutions and remediate deployment issues

Data analytics knowledge. Statistical methods, practices and data techniques for collection, organization, structure of data elements, analysis, interpretation and presentation of data (local and cloud) to reinforce the human understanding.

Data analytics skills. Define data quality criteria; perform data analysis with statistical techniques to interpret data to assess development and innovation.

Machine Learning and Big Data knowledge. Big data technologies (machine learning, datamining, etc.) for smart cities to develop novel software ecosystems upon which advanced mobility functionalities emerge.

Machine Learning and Big Data skills. Explore large datasets to reveal patterns using statistics, database or IA and present information in a comprehensible way.

Business and Management knowledge. Management principles and methodologies for projects or for own business venture, identifying creative solutions and according to quality standards and legal dispositions.

Business and Management skills. Manage and plan resources (budget, deadline, results, quality), according to codes of conduct, and monitor progress and changes according to customer requirements and advice in a creative and feasible way according to legal dispositions.

Green knowledge. Political and technical processes to design urban environment and optimize land use considering aspects such as infrastructure, water, green and social spaces, circular economy, energy conservation and waste management.

Optional knowledge and skills

Green skills. Apply principles, policies and regulations aimed at environmental sustainability (e.g., reduction of waste, energy and water consumption, reuse and recycling, and sharing economy) and promote a sustainability-oriented mindset on urban ecological attitude and on environmental impact of behavior, applying measures to reduce pollution (air, noise, light, water or environmental).

Soft skills

Accountability (customer focus, diligence, reliability, efficiency)
Communication (networking, negotiation, teamwork)
Creativity (critical thinking, problem solving, decision making, initiative)
Ethical behavior (respect diversity, respect environment, respect privacy)
Leadership (coaching, conflict resolution, entrepreneurship, strategic thinking, motivate others, manage quality)
Self-management (adaptability, organization, positive attitude, self-control, personal development)
Tenacity (goal orientation, patience, motivation, resilience)


Cabildo de
Gran Canaria
spegc
Sociedad de
Promoción Económica


CAN
FONDO DE
DESARROLLO
DE CANARIAS
Cabildo de
Gran Canaria
Gobierno
de Canarias