



# INFRAESTRUCTURAS INTELIGENTES PARA UN MUNDO DIGITAL

Cómo la tecnología transforma las infraestructuras al  
servicio de la sociedad





# Índice

<b>Visión General: Retos y Oportunidades</b> .....	<b>3</b>
<b>1.</b> Infraestructura y Tecnología: Un Nuevo Paradigma .....	<b>5</b>
<b>2.</b> La IA como Herramienta Transversal .....	<b>11</b>
<b>3.</b> Captura de Datos .....	<b>15</b>
<b>4.</b> De Datos a Conocimiento .....	<b>21</b>
<b>5.</b> Digitalización de la Gestión de Activos .....	<b>25</b>
<b>6.</b> Personas y Organizaciones .....	<b>29</b>
<b>7.</b> Desafíos y Conclusiones .....	<b>33</b>







# Visión general:

## Retos y oportunidades

La **digitalización** está transformando radicalmente el mundo de las **infraestructuras**, abriendo puertas a posibilidades que antes solo imaginábamos en la ciencia ficción. Desde la perspectiva de **TYPSA**, esta revolución tecnológica no es simplemente una actualización de herramientas, sino una redefinición completa de cómo concebimos, diseñamos y gestionamos los cimientos de nuestras sociedades: carreteras que se comunican entre sí y con los vehículos para optimizar el tráfico en tiempo real, puentes que “sienten” su propio estado y anticipan necesidades de mantenimiento, o ciudades que ajustan su consumo energético según los hábitos de sus habitantes, todo ello con una **calidad de servicio mejor y a un coste asumible por el usuario**.

En este documento exploramos cómo tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (**IoT**), la Inteligencia Artificial (**IA**), el Building Information Modeling (**BIM**), los **Gemelos Digitales** o los **Sistemas de Gestión de Activos** están cambiando las reglas del juego en un sector clave para nuestro bienestar.

No se trata solo de mejorar la eficiencia o reducir costes, sino de crear infraestructuras más seguras, sostenibles y centradas en las personas. A través de **ejemplos concretos y analizando** las tendencias en el sector, mostramos el potencial transformador de estas herramientas y cómo están beneficiando a los actores involucrados, desde las administraciones públicas hasta usuarios y empresas.

Sin embargo, la **tecnología** también presenta **desafíos y riesgos** fundamentales, que debemos abordar con responsabilidad. La creciente dependencia de sistemas digitales puede hacernos vulnerables a ciberataques capaces de paralizar servicios esenciales o comprometer la seguridad nacional. La complejidad de algunas soluciones tecnológicas puede dificultar la transparencia y la rendición de cuentas, hasta el punto de que decisiones críticas podrían ser tomadas por algoritmos sin una supervisión humana clara. Además, existe el riesgo de que el uso de tecnologías avanzadas amplíe la brecha entre quienes tienen acceso a ellas y quienes no, acentuando desigualdades sociales y económicas.

En este contexto, las **personas y las organizaciones** son la llave para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la **digitalización** y mitigar sus riesgos. La tecnología, al fin y al cabo, solo tiene el valor de quienes la usamos y cómo la usamos para mejorar nuestras vidas y comunidades. Nuevas profesiones y perfiles están emergiendo en el sector de las infraestructuras, combinando conocimientos técnicos con habilidades digitales y nuevas formas de trabajar. Este fenómeno **presenta retos significativos** para gobiernos, instituciones educativas y empresas, que deben adaptarse y fomentar una cultura de aprendizaje continuo y trabajo colaborativo.



**La formación y la capacitación son ya necesidades estratégicas.** Es esencial invertir en programas que desarrollen las competencias necesarias para manejar herramientas digitales de manera efectiva y ética. La colaboración público-privada juega un papel crucial en esta aventura, permitiendo iniciativas conjuntas que impulsen la innovación y aseguren que tanto las personas como las organizaciones estén preparadas para navegar el cambio. Mediante una cultura de educación tecnológica y sensibilización sobre sus riesgos, seremos capaces de afrontar desafíos como la ciber-vulnerabilidad y la exclusión digital.

A medida que avanzamos hacia un futuro hiperconectado, es esencial que organizaciones y profesionales se adapten y evolucionen. Nuestro sector debe reflexionar sobre el papel que tenemos en esta transformación y considerar cómo unir fuerzas para construir infraestructuras más innovadoras y sostenibles, aprovechando lo que nos ofrece la tecnología. Esto requiere **entender bien las oportunidades y los desafíos de la transformación tecnológica del sector**, ya que las decisiones bien informadas serán la clave para aprovechar sus beneficios y a la vez minimizar sus riesgos.

Los gobiernos y operadores de infraestructuras se enfrentan al extraordinario reto de elegir las tecnologías adecuadas para mejorar la prestación de servicios, en un entorno en constante evolución y que presenta incertidumbres crecientes. El reto solo puede abordarse desde una estrategia clara y bien informada que recoja los intereses y las realidades de las distintas partes y que se ejecute de forma efectiva y en colaboración.

En **TYPSA**, como consultores nos tomamos especialmente en serio la responsabilidad de liderar el conocimiento y las buenas prácticas en el campo de las infraestructuras. Contamos con un ecosistema de servicios digitales en permanente evolución para ofrecer soluciones integradas a nuestros clientes y los beneficiarios de sus proyectos y servicios. Más aún, tenemos el firme compromiso con nuestros clientes y con la sociedad de ayudar a convertir ese reto en realidad aportando nuestro mayor valor: **el conocimiento y saber hacer en ingeniería y arquitectura.**

Este documento es nuestra invitación a un recorrido por los avances y tendencias que definen el presente y el futuro de nuestras infraestructuras.

► **Acompáñanos y únete al debate.**







# **INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA: UN NUEVO PARADIGMA**





# 1. Infraestructura y Tecnología: Un nuevo paradigma

Según el Foro Económico Mundial<sup>1</sup>, el sector de las infraestructuras es uno de los sectores que menos ha incorporado tecnologías digitales en comparación con otras industrias. La mayoría de los activos han sido diseñados, construidos y gestionados de manera muy similar durante décadas con escasa incorporación de herramientas digitales avanzadas. Esto, sin embargo, representa una **oportunidad única para impulsar una transformación digital** profunda.

La evolución del uso de la tecnología en las infraestructuras va mucho más allá de la simple digitalización: **transforma** por completo la manera en que concebimos, diseñamos, implementamos y gestionamos nuestros activos para que sean a la vez **seguros, resilientes, sostenibles y eficientes**.

La clave para una gestión eficiente de los activos comienza con un **enfoque integral de ciclo de vida**. En primer lugar, es fundamental capturar datos en tiempo real y contar con herramientas capaces de analizarlos, como las soluciones de **Business Intelligence**. Este análisis convierte los datos en información valiosa que sustenta decisiones estratégicas mejor informadas y orientadas a generar valor. Gracias a ello, es posible anticipar necesidades futuras de mantenimiento, mejora o ampliación, priorizar inversiones en áreas de mayor criticidad, optimizar los recursos disponibles, incrementar la disponibilidad y calidad del servicio, y prolongar la vida útil de los activos.

Por otro lado, esta visión también contribuye a **fortalecer la resiliencia** de las infraestructuras ante fenómenos climáticos extremos, amenazas digitales o condiciones adversas cada vez más imprevisibles.

Por ejemplo, la introducción de **sensores en tiempo real** conectados a través de tecnologías IoT (Internet de las Cosas), los **modelos predictivos basados en inteligencia artificial** y la creación de **gemelos digitales** permiten anticipar fallos estructurales, optimizar el mantenimiento y garantizar la continuidad operativa. Además, la ciberseguridad adquiere una relevancia clave al proteger sistemas críticos frente a posibles ataques, reduciendo riesgos que podrían paralizar servicios esenciales.

Por último, la **sostenibilidad** emerge como pilar ineludible, mediante la **descarbonización, la adaptación al cambio climático y la economía circular**, minimizando el impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida. Tecnologías como **sensores IoT** permiten monitorear en tiempo real el consumo energético y las emisiones operativas, facilitando estrategias de descarbonización. Modelos predictivos basados en inteligencia artificial anticipan eventos climáticos extremos, mejorando el diseño de infraestructuras resilientes. En economía circular, el uso de **BIM combinado** con el Análisis de Ciclo de Vida (**LCA**, por sus siglas en inglés de *Life Cycle Assessment*) permiten generar materiales sostenibles desde la fase de diseño, mientras que Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia (**RFID**, por sus siglas en inglés de *Radio Frequency Identification*) y plataformas inteligentes con tecnología *blockchain* permiten generar “pasaporte de materiales” que aseguran la trazabilidad digital de materiales y componentes, permitiendo su reutilización y minimizando residuos, contribuyendo así a una infraestructura más eficiente, resiliente y sostenible.



La digitalización y las tecnologías avanzadas están revolucionando este panorama, brindando **activos seguros, sostenibles y eficientes**, preparados para afrontar retos actuales y futuros con **máxima rentabilidad social, ambiental y económica**.

En conclusión, la evolución tecnológica está transformando los procesos en el ciclo de vida de las infraestructuras, priorizando la eficiencia para maximizar recursos, la resiliencia para mantener la continuidad operativa y la sostenibilidad para preservar el medio ambiente. Con una visión integral de todo el ciclo de vida, estos avances mejoran la rentabilidad económica y social. Así, se construyen sistemas más robustos, versátiles y comprometidos con el futuro.

El **mercado global de la transformación digital** ha crecido a un ritmo de doble dígito en los últimos años. Según IDC (*International Data Corporation*), la inversión en iniciativas de transformación digital alcanzará los \$2.8 billones de dólares estadounidenses (USD) en 2025 y se prevé que supere los **4 billones de dólares estadounidenses (USD) en 2027**, lo que representa una **tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) cercana al 16% entre 2022 y 2027**<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>World Economic Forum (2021). Emerging technologies and the future of infrastructure.

<sup>2</sup>Inversión en Tecnología de Transformación Digital 2022-2027. Fuente: Guía de Dato Mundial en Transformación Digital de IDC, Versión 1 – 2024.



La tecnología ofrece herramientas para la toma de decisiones **JUSTIFICADAS** y en base a criterios técnicos

#### BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA EN EL CICLO DE VIDA DE LA INFRAESTRUCTURA



#### HERRAMIENTAS DE MODERNIZACIÓN DE PROCESOS



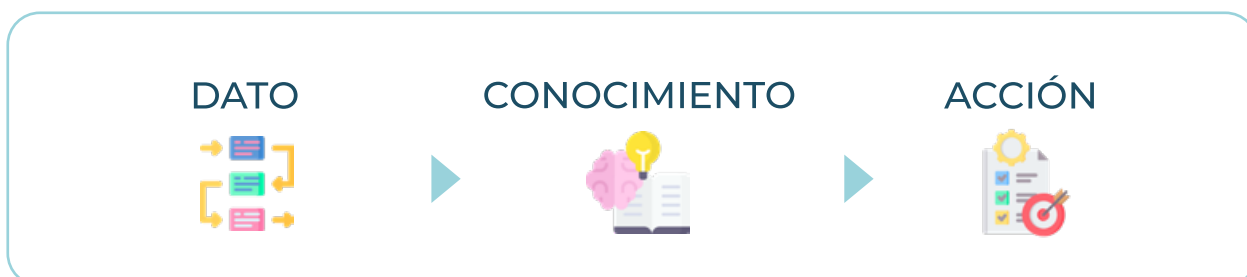
- Optimización de costes de ciclo de vida
- Reducción de riesgos
- Mayores beneficios para la sociedad
- Mayor satisfacción al usuario
- Impacto positivo
- Mayor calidad del servicio
- Transparencia en la gestión
- Mayor disponibilidad del activo
- Mayor VpD (Valor por Dinero)
- Mayor rentabilidad financiera
- Maximización de los rendimientos en los procesos

La tecnología desempeña un papel fundamental en la gestión moderna de activos, con tres pilares clave: **CAPTURA DE DATOS, CONOCIMIENTO DERIVADO DEL ANÁLISIS Y ACCIÓN ESTRATÉGICA**. Este enfoque permite abordar de manera eficiente los desafíos actuales asociados al monitoreo, mantenimiento y optimización de los activos a lo largo de su ciclo de vida.

Según *McKinsey*, la adopción integral de tecnologías digitales en proyectos de infraestructura puede **reducir los costes totales del proyecto hasta en un 45%**, lo que contribuye significativamente a cerrar la brecha histórica de productividad del sector de la construcción en comparación con otras industrias.<sup>3</sup> Asimismo, permite alcanzar **ahorros operativos de hasta un 25%** al anticiparse a fallos, evitar reparaciones de emergencia y extender la vida útil de los activos, a la vez que **mejora indicadores de calidad de servicio** y desempeño operativo (seguridad, fiabilidad, satisfacción del cliente, cumplimiento normativo, etc.) en un **20% a 40%**.

<sup>3</sup> McKinsey & Company. Navigating the digital future: The disruption of capital projects (2017)

Estos modelos facilitan la transición de la observación a la intervención, optimizando respuestas y adaptaciones con un análisis exhaustivo y continuo de la realidad.



El Internet de las Cosas (**IoT**) nos permite **informar en tiempo real** sobre el flujo de tráfico en una carretera, controlar los niveles de ruido y calidad del aire para medir el bienestar del entorno, gestionar la iluminación de la vía, el estado del pavimento y las estructuras (puentes, muros, barreras de seguridad), detectar posibles deterioros, accidentes y anomalías, y planificar y ejecutar ajustes inmediatos para mejorar la circulación y la seguridad del usuario. La Inteligencia Artificial (**IA**) y el **Big Data** hacen posibles modelos predictivos que anticipan necesidades de mantenimiento antes de que surjan problemas críticos y prolongar su vida útil. El **BIM** y los **Gemelos Digitales** permiten crear réplicas virtuales de infraestructuras para gestionarlas en tiempo real de forma más eficiente y colaborativa.

Hay **tres ámbitos donde la tecnología** está transformando en el mundo de las infraestructuras (y los activos físicos en general), lo que en el sector se conoce como “**el entorno construido**”:

1. **La captura de la realidad:** cómo recogemos información sobre el entorno para representarlo y estudiarlo, desde la captura de fotografías del terreno desde satélites hasta las nubes de puntos de edificios y objetos mediante escáner láser.
2. **El conocimiento experto de la realidad:** Las herramientas que usamos para modelar y analizar los datos capturados, transformándolos en conocimiento útil. Esto abarca desde fórmulas matemáticas y modelos físicos hasta gemelos digitales.
3. **La toma de decisiones y ejecución de acciones:** Las herramientas que usamos para tomar decisiones en base al conocimiento y a un conjunto de objetivos y reglas específicas, así como para trasladar esas decisiones a las partes encargadas de ejecutar las acciones correspondientes. Esto incluye sistemas expertos de gestión de activos y sistemas de alerta en tiempo real.





DATO



CONOCIMIENTO



ACCIÓN

### ¿Por qué es necesario?

La información es la base para conocer el activo y su estado

Sin datos confiables, las decisiones se apoyarán en suposiciones, con el riesgo de ser sesgadas o equivocadas

Consolida el conocimiento en un único sistema, evitando redundancias y discrepancia de datos

Aumenta la precisión en los análisis

Detección de anomalías o patrones que podrían provocar fallos futuros y pérdida del servicio

La toma justificada de decisiones optimiza los recursos aplicados al activo

Sin una implementación efectiva, el análisis pierde impacto y no se consigue la optimización esperada

Garantiza la continuidad del servicio mediante la planificación

### ¿Cómo debe ser?

Automatizada y continua

Capaz de abarcar datos históricos y datos presentes en tiempo real

Adaptada al entorno, propósito y criticidad del activo

Se debe basar en una *Single source of truth* (fuente única de la verdad)

Transformable en acciones para la toma de decisiones

El análisis debe ser continuo y retroalimentable; la realidad alimenta el modelo y viceversa

Dinámico, que se ajuste a las condiciones cambiantes de entorno

Que priorice las acciones según criticidad e impacto económico

Que incorpore un sistema de indicadores para medir los resultados

### Ejemplo de herramientas tecnológicas

IoT

Drones

Escáneres

Plataformas digitales conectadas para la gestión de proyectos

Salas virtuales ciudadanas

BIM

Gemelos Digitales

Modelos predictivos

Dashboard de interpretaciones de resultados adaptados a nivel de decisiones (operativo, técnico, ejecutivo)

Sistema de Gestión de Activos

Sistema de Gestión de Riesgo

Sistema de Alerta Temprana

En los próximos capítulos exploramos ejemplos de **herramientas tecnológicas** y cómo la adopción de estas tecnologías está transformando el sector de las infraestructuras, no solo elevando los estándares

de eficiencia y precisión de las decisiones, sino también adaptando las infraestructuras a los **nuevos cambios** y **preparando a las organizaciones** ante fenómenos adversos.





# LA IA COMO HERRAMIENTA TRANSVERSAL



## 2. La IA como herramienta transversal

La **Inteligencia Artificial (IA)** ha emergido como una de las mayores tecnologías disruptivas y transformadoras, comparándose con el impacto que tuvo la electricidad durante la revolución industrial. Al igual que la electricidad, que cambió la forma en que las industrias operan y mejoraron la productividad, la IA tiene un **enorme potencial** para redefinir la manera en que las **empresas innovan, toman decisiones y optimizan procesos**.

Desde su lanzamiento, la Inteligencia Artificial (IA) **ha transformado numerosas industrias**, mejorando la eficiencia, la precisión y la personalización en distintos sectores. A medida que esta tecnología continúa avanzando, su impacto no deja de crecer. En el ámbito de la ingeniería civil, la IA representa una oportunidad significativa para optimizar el diseño y la gestión de las infraestructuras.

### IA EN INFRAESTRUCTURAS

La inteligencia artificial es un **campo multidisciplinar que integra un conjunto de tecnologías avanzadas** como el aprendizaje automático (machine learning), el procesamiento del lenguaje natural, la visión digital y los algoritmos, permitiendo a las máquinas no solo percibir su entorno a través de IoT, sino también comprender patrones complejos, aprender de los datos históricos y actuar de forma inteligente y predictiva.

**Informática perimetral:** Gracias a su baja latencia, la informática perimetral permite procesar datos casi en tiempo real, lo cual es clave para mejorar la eficiencia en la gestión del tráfico.

Por ejemplo, en sistemas de semáforos inteligentes, esta tecnología permite que los datos captados por sensores o cámaras se analicen directamente en el lugar, sin necesidad de enviarlos a un servidor central.

**Algoritmos (IA):** Con el apoyo de algoritmos de Inteligencia Artificial, se identifican patrones de tráfico, se anticipan congestiones y se ajusta automáticamente la sincronización de los semáforos. Esto se traduce en un flujo vehicular más ágil, menos tiempos de espera y una mejor experiencia para los conductores. Además, los algoritmos de IA también pueden predecir daños estructurales, detectar anomalías y optimizar el mantenimiento, proporcionando automáticamente respuestas en situaciones de emergencia, como el colapso de puentes o carreteras.

**Gemelos digitales basados en BIM:** Estos modelos virtuales permiten simular y evaluar el comportamiento de los activos antes de implementar cambios físicos, ayudando en la planificación, el diseño y la ejecución.

Para alcanzar el éxito en la aplicación de la IA a las infraestructuras, se necesitan:

**Profesionales cualificados**  
Existe una dura competencia por conseguir expertos en IA.

**Tecnología**  
Las plataformas informáticas son fundamentales para las API inteligentes, el aprendizaje de máquinas y automatización, de modo que la IA sea más accesible.

**Datos de calidad**  
Los fundamentos de la IA y su capacidad de mejorar a través del aprendizaje automático dependen de los datos que tenemos o de los datos de nuestros clientes, los cuales, con nuestra intervención, pueden ser aprovechados y valorados.

**Modelos y conocimiento**

Resulta imprescindible disponer de un motor de análisis avanzando y de una biblioteca de modelos.









**CAPTURA DE DATOS**



### 3. Captura de Datos

#### ¿Por qué es fundamental entender bien nuestro activo antes de actuar?

La captura de la realidad es fundamental para desarrollar modelos que reflejen de manera fiel las condiciones del entorno y permitan una comunicación efectiva con los datos reales. Estos modelos no solo representan el estado actual, sino que también sirven como herramientas estratégicas de toma de decisiones, **transformando datos en conocimiento práctico y orientado a la acción**.

Entender y conocer el activo antes de actuar es fundamental porque permite una toma de decisiones informada, estratégica y sostenible. Algunos puntos clave para entenderlo son:

- **Comprender lo que verdaderamente necesita la sociedad y los usuarios** y cómo los cambios les afectarán. Esto asegura que los proyectos sean relevantes, efectivos y bien recibidos, optimizando los recursos y evitando inversiones en soluciones innecesarias que consumen recursos muy necesarios para otros fines.
- **Analizar las características del entorno:** Cada entorno tiene condiciones específicas (ambientales, económicas, culturales, geográficas) que pueden influir en el éxito de una iniciativa. Conocer estos factores permite definir adecuadamente las soluciones para que se adapten al contexto, mejorando la viabilidad de los proyectos y reduciendo riesgos.
- **Reconocer las limitaciones existentes:** Los recursos, sean financieros, materiales o humanos, siempre son limitados. Entender estas restricciones desde el inicio ayuda a plantear soluciones realistas, evitando que los proyectos se tornen insostenibles o conlleven al fracaso por falta de medios. Las infraestructuras conllevan grandes inversiones y su planificación requiere un entendimiento profundo de las limitaciones y necesidades a largo plazo.
- **Aprovechar la abundancia de datos:** Hoy en día, contamos con una gran cantidad de datos y una mayor capacidad para procesarlos y analizarlos. Esto permite tener una comprensión más granular y completa de la situación actual. Sin embargo, ese potencial solo se materializa con una gobernanza del dato sólida (calidad, trazabilidad y reglas de uso) que convierta la abundancia en conocimiento aplicable y evite que datos de mala calidad deriven en conclusiones erróneas.

#### Tecnologías



Satélite



Sensores



Plataformas de  
vehículos conectados



Drones



Cámaras

#### Información



Patrones de  
movilidad



Condiciones  
del entorno



Estado de la  
infraestructura



Consumos  
energéticos

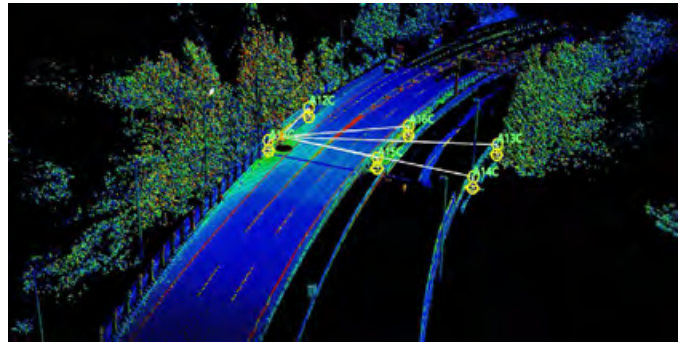
## IOT

En el contexto de las infraestructuras, el **Internet de las Cosas** (IoT por sus siglas en inglés) se refiere a la interconexión de dispositivos y sensores instalados en elementos como puentes, carreteras, redes de energía o de agua, que recopilan y transmiten datos en tiempo real. El IoT permite una gestión más eficiente y proactiva, optimizando el mantenimiento, mejorando la seguridad y reduciendo costes operativos mediante la identificación temprana de problemas y la toma de decisiones basada en datos relevantes.

La intensidad del uso de este tipo de tecnologías de sensores para la recopilación de datos en el mundo de las infraestructuras de obra civil debería alcanzar niveles similares a los que existen en otros ámbitos, como puede ser el mundo industrial. Se deben entender los datos como un pilar básico para el conocimiento del correcto funcionamiento de una infraestructura.

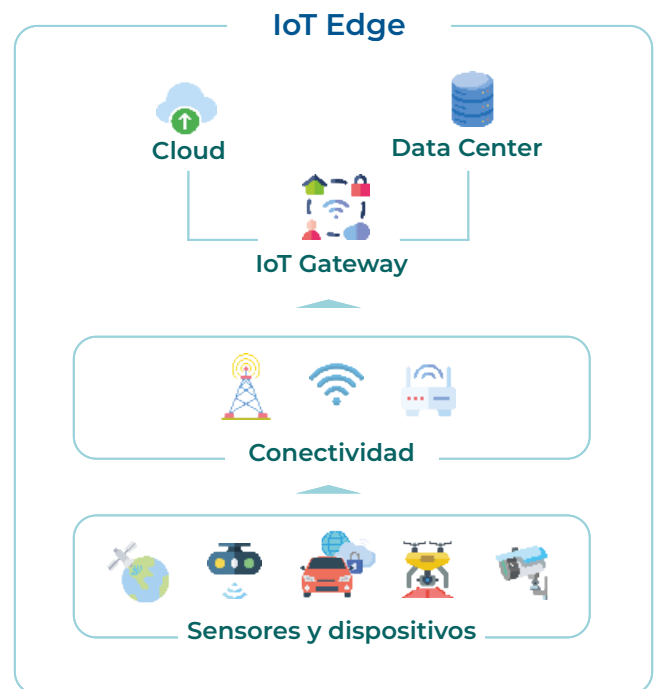


Instrumentación para la puesta en carga del puente de acceso a La Isla de Zorrotzaurre.



Planimetría para la reparación de juntas de dilatación en las estructuras de las carreteras de la Red Foral de Bizkaia.

Por otro lado, la IoT ha evolucionado del mero sensor a la computación en el borde (IoT Edge), que acerca el análisis al dispositivo para procesar y depurar datos junto a la fuente, reducir latencia y tráfico de red y tomar decisiones en tiempo real con mayor resiliencia y seguridad.



Trabajador colocando dispositivos en las obras del Hospital de Marqués de Valdecilla, Santander.



La implementación de sensores en puentes y carreteras es fundamental para mejorar la seguridad, el mantenimiento y la eficiencia de estas infraestructuras. Aquí tienes algunas formas en que se pueden aplicar:



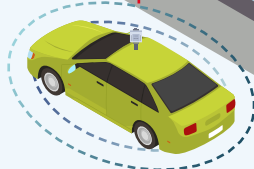
**Sensores de tráfico:** Estos monitorean el flujo vehicular, la velocidad y las condiciones de la carretera. Ayudan a optimizar la gestión del tráfico y detectar congestiones.



**Sensores de corrosión:** Detectan la corrosión en la estructura del puente.



**Sensores de temperatura y humedad:** Monitorean las condiciones ambientales y su impacto en la infraestructura.



**Vehículos sonda equipados con sensores:** Recopilan datos mientras circulan por la carretera. Pueden detectar irregularidades en la superficie y evaluar la fricción, así como muchas otras señales relacionadas con la seguridad y el confort.



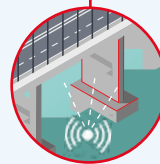
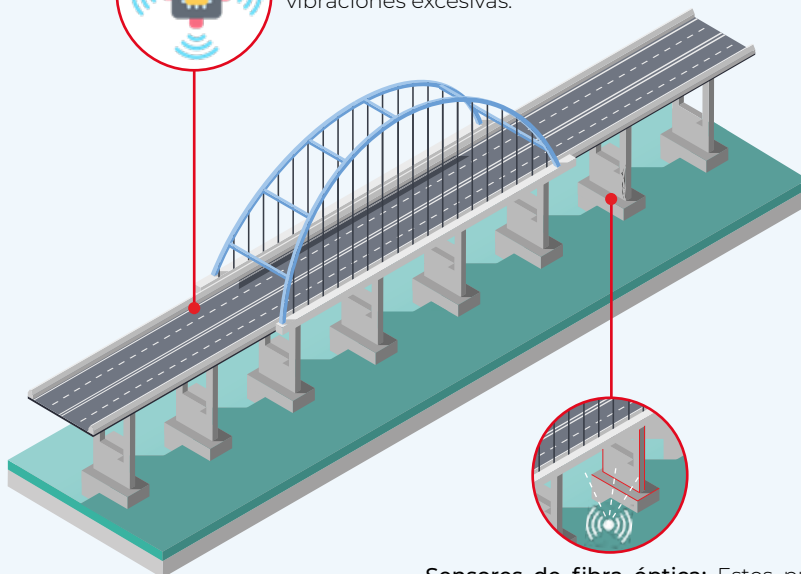
**Sensores de carga:** Miden la carga que soporta la carretera o el puente. Esto es crucial para prevenir daños estructurales.



**Sensores de vibración:** Instalados en la estructura del puente, detectan movimientos anómalos o vibraciones excesivas.

**Puente inteligente:** Integra sensores IoT en las infraestructuras para analizar datos de manera eficaz, facilitando la toma de decisiones justificada.

Para que este reto se pueda alcanzar es básico asumir que la implantación de sensores en las infraestructuras no es un fin en sí mismo, sino que debe responder a la máxima de ser capaz de responder las preguntas de "¿Qué queremos medir?", "¿Con qué precisión?" y "¿Con qué objetivo?" a la hora de determinar los sensores que se pretenden instalar.



**Sensores de fibra óptica:** Estos pueden monitorizar continuamente grandes infraestructuras, como puentes y presas, detectando erosiones o fisuras con antelación.

## INFORMACIÓN SATELITAL

El avance en los últimos años de las fotografías satelitales está cobrando cada vez más relevancia para la planificación, construcción y gestión de infraestructuras. La aparición de productos con una **mayor calidad de la información**, en combinación con modelos de **Big Data, Machine Learning e Inteligencia Artificial**, están abriendo el abanico de posibles aplicaciones:

- **Planificación y Diseño:** análisis de datos históricos y detección de cambios.
- **Construcción:** Monitoreo de grandes proyectos.
- **Gestión de infraestructuras:** detección de deformaciones de estructuras y de patrones de agrietamientos, hundimientos y erosión del suelo.

La proliferación de satélites de alta resolución ha revolucionado el acceso a imágenes detalladas de la superficie terrestre, permitiendo una mayor frecuencia de observación y un análisis más preciso de los cambios en el terreno. Esta evolución tecnológica ha impulsado el desarrollo y la adopción de herramientas avanzadas como la **Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR)**, que se consolida como un recurso clave para la detección y el monitoreo continuo de deformaciones del suelo y procesos de subsidencia, especialmente en infraestructuras críticas.

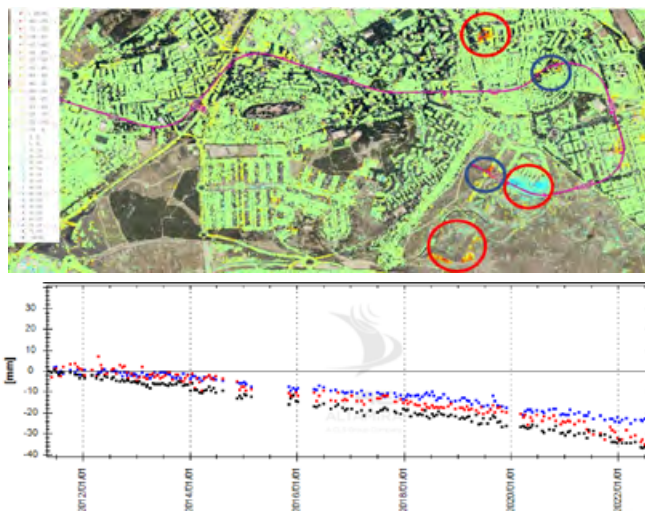
El avance en la calidad y frecuencia de adquisición de imágenes ha favorecido **la integración de InSAR en sistemas de gestión de infraestructuras críticas**, optimizando la toma de decisiones y la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo.

Entre las aplicaciones más relevantes del InSAR se encuentra el **monitoreo de estructuras como presas, puentes, edificaciones y taludes**, permitiendo identificar desplazamientos que podrían representar riesgos estructurales o inestabilidades geotécnicas.

Un caso representativo de aplicación es el **monitoreo de los desplazamientos verticales del terreno en las zonas de influencia de las líneas 7B y 11 del Metro de Madrid**. Para ello, se han empleado imágenes de radar de apertura sintética y procesadas mediante interferometría (InSAR).

El análisis se ha basado en series temporales que abarcan desde el año 2010 hasta la actualidad, lo que ha permitido caracterizar con precisión milimétrica la evolución deformacional del terreno y detectar patrones de asentamiento o inestabilidad que podrían comprometer la integridad de la infraestructura y zonas aledañas. Este conocimiento ha contribuido a la identificación temprana de riesgos y a la implementación de medidas preventivas eficaces, protegiendo no solo los activos físicos, sino también salvaguardando

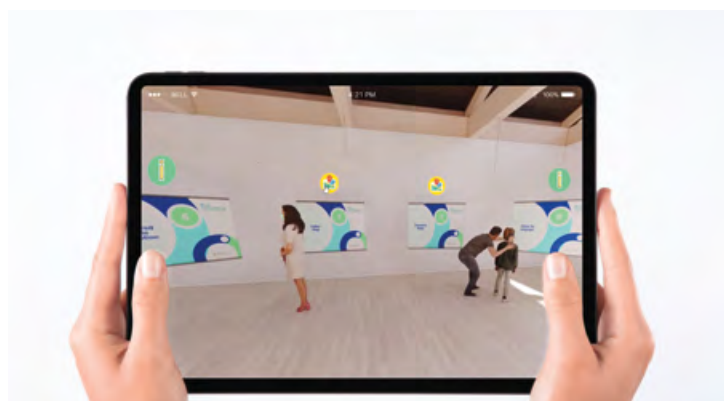
la calidad de vida y el bienestar de las comunidades cercanas, y reforzando así una gestión urbana más segura y resiliente.



## PLATAFORMAS DE COLABORACIÓN CIUDADANA

La tecnología también juega un rol crucial en la mejora de la **comunicación y la participación social** en el proceso de planificación de infraestructuras. Esto fomenta la inclusividad y transparencia, involucrando a ciudadanos en la toma de decisiones y mejorando la experiencia del usuario. Algunas herramientas clave en este ámbito son por ejemplo las **Plataformas y salas virtuales ciudadanas**: Espacios donde los ciudadanos pueden informarse y participar en la toma de decisiones sobre infraestructuras y servicios. Estas plataformas no solo informan a los usuarios, sino que también permiten recoger su opinión, integrándola en la planificación, construcción y operación.

Un ejemplo de ello es la sala virtual ciudadana utilizada para la consulta pública sobre las obras de las infraestructuras de los principales corredores de autobuses del proyecto **BusConnects en Dublín**.



Sala Virtual del Proyecto BusConnects





**DE DATOS A CONOCIMIENTO ÚTIL:  
MODELOS QUE REPLICAN LA REALIDAD  
Y SE COMUNICAN CON ELLA**





## 4. De datos a conocimiento útil: Modelos que replican la realidad y se comunican con ella

Un **Gemelo Digital** es una réplica virtual y dinámica de un objeto, sistema o proceso físico, que se actualiza en tiempo real mediante datos y modelos avanzados. Permitiendo simular, analizar y optimizar el comportamiento del activo real a lo largo de su ciclo de vida. Los gemelos digitales deben generarse con un **propósito o finalidad concreta**.

Un gemelo digital no sólo refleja el estado actual del activo físico real, sino que también tiene la capacidad de **proporcionar datos históricos** relevantes acerca de él y se puede utilizar para predecir su comportamiento futuro, refinar el control u optimizar su funcionamiento y conservación. Los gemelos digitales abarcan diferentes niveles de complejidad y magnitud, ya que pueden ser modelos de un componente, de un sistema de componentes o de un sistema de sistemas.

Lo que hace único al gemelo digital es su **bidireccionalidad**: no solo refleja al instante los cambios que ocurren en su contraparte física, sino que también permite que las acciones realizadas en el modelo virtual se apliquen directamente en el mundo real. Imagina tener un puente cuya versión digital detecta fisuras en tiempo real y, al mismo tiempo, permite que ajustes realizados en el modelo—como optimizaciones estructurales o mejoras en materiales—se trasladen automáticamente a la estructura física. Esta interacción bidireccional abre posibilidades revolucionarias para analizar, optimizar y gestionar infraestructuras de manera eficiente y proactiva.

Los gemelos digitales **permiten detectar con mayor antelación problemas físicos, predecir resultados con una mayor precisión** y, en consecuencia, permiten desarrollar mejores infraestructuras. Así mismo, gracias a esa capacidad de análisis y previsión, se gestiona de manera óptima la adaptación al cambio climático, la reducción de la huella de carbono y la aplicación de estrategias de economía circular, **facilitando una toma de decisiones informada que minimiza impactos ambientales** y maximiza la eficiencia a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura.

La monitorización de infraestructuras es una tarea que requiere un enfoque multidisciplinar y necesita la intervención de especialistas como estructurales, geotécnicos o ciencia de datos. Esto se debe a la gran cantidad de variables interrelacionadas que afectan al comportamiento de los activos a lo largo del tiempo, como la edad y el tipo de materiales, las cargas de tráfico, o las condiciones del entorno.

Tradicionalmente, las intervenciones de mantenimiento se han ejecutado según calendarios fijos, sin tener en cuenta el desgaste real de las infraestructuras. Se estima que entre el 0,4 % y el 2 % del coste total de construcción se destina actualmente al mantenimiento, a menudo sin una estrategia optimizada. Hoy en día, la gestión del estado de las infraestructuras se apoya en gran medida en inspecciones presenciales y en soluciones digitales dedicadas para recopilar, almacenar y procesar datos. Sin embargo, estos métodos siguen siendo puntuales, manuales y poco integrados, lo que impide una evaluación continua, precisa y predictiva del estado real de los activos.

Las plataformas de información integradas permiten gestionar de forma centralizada toda la información de los activos de infraestructura, desde inspecciones y datos de sensores hasta historiales de mantenimiento. Estas plataformas, basadas en sistemas de **BIM**, facilitan una visión completa y actualizada de cada activo a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, BIM tiene limitaciones a la hora de gestionar los cambios que se producen durante el ciclo de vida del activo y carece de interacciones virtuales con los activos reales, lo que significa que BIM no proporciona información en tiempo real sobre el rendimiento de los activos o las decisiones operativas que haya que adoptar. El éxito de **los gemelos digitales está en la conexión de los modelos BIM con las fuentes de datos externas** de modo que, el modelo se convierta en una interfaz para la representación de los datos y facilite la toma de decisiones sobre actuaciones en la infraestructura real.

El IoT permite, a través de sensores colocados en posiciones seleccionadas adecuadamente, dar una información en tiempo real del estado de los activos.

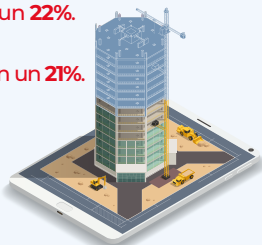
Un buen ejemplo de esto es la supervisión realizada, junto con el desarrollo de un gemelo digital del Hemiciclo del Congreso de los Diputados. Esto permitió confirmar que, a pesar de algunas fisuras y desprendimientos de los frescos que adornan la cúpula, la situación era segura y estable.



Gemelo digital del Congreso de los Diputados

### Cómo BIM mejora los procesos y resultados de los proyectos

- menos errores en el **34%** de los resultados del proyecto.
- mayor previsibilidad de costos en un **22%**.
- mayor comprensión del proyecto en un **21%**.
- programa mejorado en un **16%**.
- diseño optimizado en un **8%**.



The Business Value of BIM for Infrastructure, 2017, Dodge & Data Analytics.

Un ejemplo destacado es la Ampliación de la Línea Azul del **Metro de Estocolmo**: 11,3 km de túneles y 7 nuevas estaciones, incluyendo la Estación Sofia, una de las más profundas del mundo a 105 metros bajo tierra, excavada completamente en roca. Su complejidad geotécnica y la **integración de 37 disciplinas técnicas** requirieron la metodología Building Information Modeling (BIM), que facilitó la **coordinación multidisciplinar, detección de interferencias, gestión centralizada de información y optimización de diseño, costes y plazos**. Modelos 3D y realidad virtual mejoraron la comunicación con autoridades y ciudadanía, aumentando la comprensión y aceptación del proyecto.



Estación Sofia y Línea Azul de Metro de Estocolmo.

Hay tres métodos principales que ayudan a los Gemelos Digitales a lidiar con datos avanzados, que son el análisis de Big Data, el aprendizaje automático y la computación en la nube y periférica.

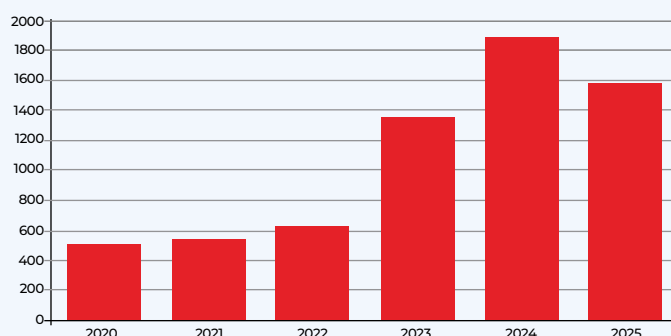
- El **análisis de Big Data** es un enfoque ampliamente utilizado para analizar enormes conjuntos de datos recopilados de diversas fuentes, incluidos sensores, y organizar esta información de manera significativa.
- El **aprendizaje automático** es un tipo de inteligencia artificial que permite a un sistema aprender de un conjunto de datos, es comparable al análisis de Big Data en que emplea algoritmos que aprenden iterativamente de los datos para producir análisis e información valiosos. Mediante el reconocimiento de patrones, el aprendizaje automático puede predecir riesgos potenciales e idear soluciones novedosas para mejorar el rendimiento del sistema.
- La **computación en la nube** se refiere a la prestación de servicios computacionales y de almacenamiento de dispositivos locales a través de un centro de datos conectado a través de Internet. Las ventajas de la computación en la nube se hacen evidentes cuando los datos llegan al centro de datos y están disponibles para su análisis.

La **monitorización en tiempo real (Structural Health Monitoring)** se puede realizar utilizando gemelos digitales, lo que ayuda a detectar cualquier problema en las primeras etapas. Un gemelo digital se diseñará como un modelo virtual para reflejar con precisión un objeto físico. El objeto estudiado estará equipado con sensores dispuestos en zonas críticas de seguridad o funcionalidad. Estos sensores obtienen datos sobre el comportamiento del objeto físico, teniendo en todo momento conocimiento sobre su estado y operatividad.

### Demanda de servicios digitales en el sector de Infraestructuras en España

En el sector de las infraestructuras, la digitalización es una fuerza transformadora que se ha acelerado en los últimos años, con la incorporación creciente de tecnologías como la Inteligencia Artificial, los Gemelos Digitales y el Internet de las Cosas (IoT). Cada vez más, nuestros clientes demandan incorporar estos avances en sus negocios, y la compra de servicios digitales ocupa un lugar cada vez mayor en sus planes de compras.

Nº contratos de servicios digitales licitados en España a junio 2025.



Fuente: TYPESA Deal, a partir de información de la "Plataforma de Contratación del Sector Público."



# DIGITALIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS





## 5. Digitalización de la Gestión de Activos

Una manera de responder qué es un sistema de gestión de activos es entenderlo como un **repositorio del conocimiento** de la realidad de la infraestructura. Si conoces perfectamente el estado de tu infraestructura, y conoces la evolución de esta, podrás tomar decisiones adecuadas en lo relativo a la conservación y mantenimiento de la misma.

Un sistema de gestión debe aglutinar una información cierta y actualizada de la infraestructura con el fin de, mediante el análisis de esta, poder tomar decisiones fundamentadas en criterios objetivos.

Los sistemas de gestión de activos (AMS por sus siglas en inglés), como **ICARO** o **GOLID**, incorporan diversas innovaciones tecnológicas para apoyar la toma de decisiones en la gestión de infraestructuras.

**TYPSA** tiene como visión el desarrollo de nuevas tecnologías dentro del área de la Gestión de Activos de Infraestructuras principalmente en el desarrollo de “Sistemas expertos”. El objetivo principal ha sido captar y satisfacer las necesidades de diferentes gestores de distintos tipos de infraestructura a través de la **transformación de procesos físicos a digitales** mediante tecnología y ciencia de datos.

El modelo de trabajo está ligado al uso de **bases de datos georreferenciadas** para la perfecta localización de los activos, la personalización de los distintos atributos que describen a dicho activo, los paráme-

tros que permiten conocer el estado de condición de estos e implementar modelos expertos o herramientas de Inteligencia Artificial para predecir el estado futuro y anticiparse en las acciones de mantenimiento.

Dada la versatilidad de los sistemas, se ha logrado que existan distintas **herramientas multiplataforma** que permitan la gestión mediante servicios **Web, Aplicaciones Móviles** e Inteligencia Empresarial (**BI**). Estas aplicaciones han sido desarrolladas para los tomadores de decisiones, quienes requieren una visión global de la infraestructura que administran.

Estas herramientas permiten generar informes, gráficos, mapas y cuadros de mando diseñados especialmente para todo tipo de usuarios, que necesitan información de forma rápida y distinta.

No obstante, la **implementación de un sistema de gestión de activos** implica afrontar desafíos específicos para ser adaptados a las particularidades operativas de cada gestor. Casos reales evidencian necesidades concretas como la interconexión con dispositivos de conteo de tráfico y pesaje dinámico, la incorporación de inventarios mediante tecnología **Mobile Mapping (LiDAR)** o la modernización de procesos vinculados a otros **sistemas de gestión**.



Sistema de Gestión de Activos, GOLID.

Sistema de Gestión de Activos, ICARO.

## SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Los **Sistemas de Alerta Temprana** (EWS, por sus siglas en inglés de *Early Warning System*) son herramientas que permiten detectar amenazas antes de que generen daños significativos, mediante **el monitoreo continuo de variables** según el tipo de riesgo (terremotos, tsunamis, incendios forestales, riadas, entre otros). Los Sistemas de Alerta Temprana son fundamentales en la adaptación al cambio climático y en la reducción del riesgo de desastres y para ser efectivos, han de involucrar activamente a las comunidades en riesgo, fomentar la educación y sensibilización, y garantizar que las alertas lleguen al ciudadano en el momento y en la forma que se precisa.

La aplicación de Gemelos Digitales en el desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana es una pieza clave a la hora de la gestionar riesgos, optimizar procesos, fortalecer la resiliencia ante desastres naturales y anticipar fallos críticos en las infraestructuras. Ello aporta:

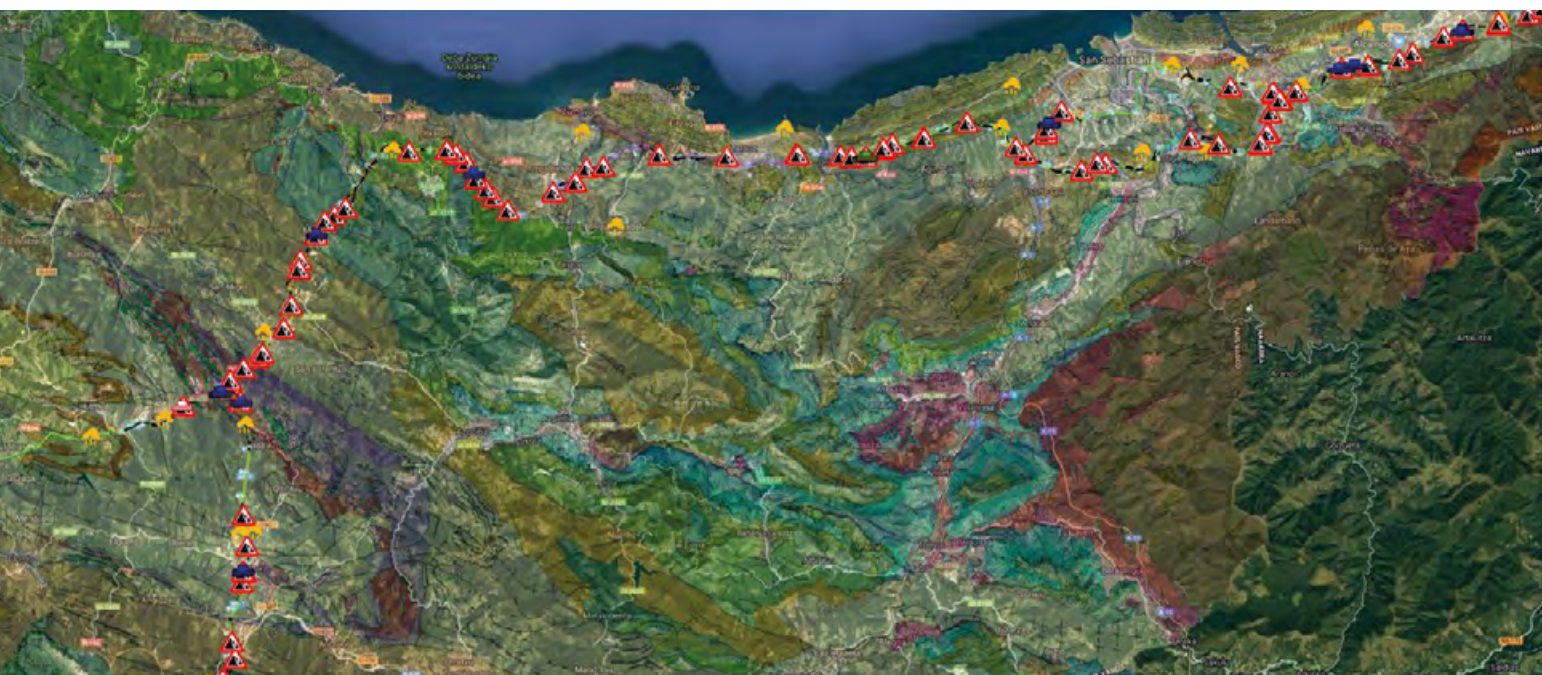
- **Monitoreo en tiempo real de variables:** Integración de sensores IoT para la recopilación de datos y su incorporación al modelo digital.
- **Predicción de fallos y zonas afectadas:** anticipar problemas antes de que ocurran.
- **Optimizar la respuesta de emergencia:** mediante simulaciones mejorar la toma de decisiones.

La integración de estas tecnologías aumenta la capacidad de predicción, optimización y respuesta

ante eventos críticos, haciendo a las infraestructuras más sostenibles y resilientes.

Un ejemplo son las **plataformas de gestión de taludes** empleadas por la Diputación Foral de Gipuzkoa, el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias de Euskadi o la Generalitat de Cataluña, diseñadas como una solución integral para la prevención de riesgos, el mantenimiento predictivo y la optimización de recursos. Sus sistemas de alerta temprana, basados en monitorización en tiempo real con sensores IoT, integración de datos geotécnicos, climatológicos y estructurales, permiten activar alarmas específicas y guiar intervenciones preventivas.

Entre sus funcionalidades se incluyen el inventario georreferenciado, sistema de evaluación de riesgos, gestión de inspecciones y mantenimiento, sensores IoT con alarmas automáticas, visor GIS con capas temáticas, imágenes InSAR y modelos compatibles con BIM y CAD.



Plataforma de gestión de taludes de la Red de Carreteras de la Diputación Foral de Gipuzkoa





# PERSONAS Y ORGANIZACIONES





## 6. Personas y Organizaciones

La revolución tecnológica en las infraestructuras no es solo cuestión de máquinas y sistemas avanzados; en el centro de este cambio están **las personas y las organizaciones**. Como profesional, seguramente has sentido cómo la tecnología está transformando no solo las herramientas que usamos, sino también las habilidades y competencias que necesitamos.

La realidad es que la tecnología solo tiene el valor que le otorgan quienes la utilizan, y su verdadero potencial depende de cómo la apliquemos en nuestro trabajo diario. Nuevas profesiones y perfiles están emergiendo, **combinando conocimientos técnicos con habilidades digitales y nuevas formas de colaborar**. Ingenieros de datos, especialistas en inteligencia artificial aplicada a infraestructuras, expertos en ciberseguridad industrial—estos son solo algunos de los roles que están redefiniendo el sector.

Este fenómeno presenta retos significativos para gobiernos, empresas, instituciones educativas y asociaciones profesionales. Es necesario adaptar programas de formación, desarrollar nuevas competencias y fomentar una cultura de aprendizaje continuo flexible. La capacitación en tecnologías se convierte en una prioridad estratégica, no solo en su uso sino en cómo integrarlas de forma provechosa, segura y ética en nuestras organizaciones.

La **colaboración público-privada juega un papel crucial** en esta aventura. Al unir fuerzas, podemos desarrollar iniciativas que impulsen la innovación y aseguren que tanto las personas como las organizaciones estén equipadas para navegar el cambio. Programas de formación conjunta, plataformas de intercambio de conocimientos y proyectos colaborativos son ejemplos de cómo se pueden abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que nos brinda la tecnología.

Te invitamos a reflexionar sobre tu papel en este panorama en constante evolución. ¿Estamos preparados para liderar el cambio en el sector o seremos simplemente espectadores? Fortalecer nuestras capacidades personales y organizativas será clave para construir un sector de infraestructuras más innovador, eficiente y sostenible.

### NUEVAS PROFESIONES Y CAPACIDADES

La tecnología elimina barreras entre disciplinas, impulsada por la demanda de usuarios y la iniciativa de empresas que buscan eficiencia e innovación. En este contexto, **las personas y los procesos, elemen-**

**tos clave de cambio en las organizaciones**, deben evolucionar a la par que la tecnología. Las profesiones relacionadas con las infraestructuras necesariamente evolucionan: un ingeniero civil debe entender el impacto de los datos IoT en el mantenimiento, y un científico de datos debe tener nociones básicas sobre principios de ingeniería para que su análisis ofrezca resultados útiles.

La digitalización ya ha dado lugar a nuevos roles profesionales en el sector de las infraestructuras, por ejemplo:



**Ingenieros de Datos de Infraestructuras:** Combina conocimientos de ingeniería civil con habilidades en análisis de datos para optimizar el diseño y mantenimiento de infraestructuras.



**Especialistas en BIM y Gemelos Digitales:** Gestiona modelos digitales avanzados que replican infraestructuras físicas, permitiendo simulaciones y mejoras antes de la construcción real.



**Expertos en Ciberseguridad de Sistemas de Infraestructuras Críticas:** Protege sistemas críticos de infraestructuras contra ciberamenazas, asegurando la integridad y disponibilidad de servicios esenciales.

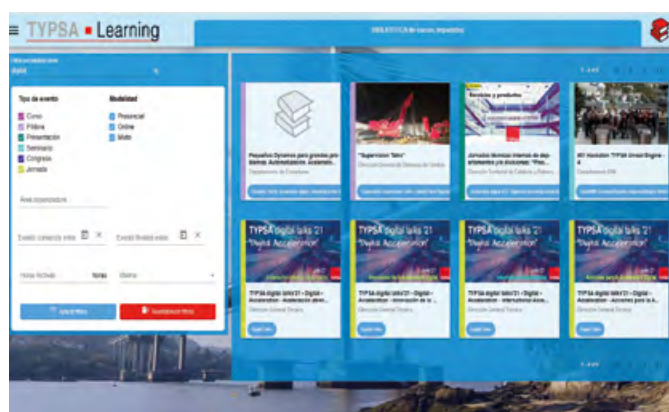


**Gestores de Sostenibilidad y Economía Circular:** Implementa prácticas sostenibles en proyectos de infraestructuras, promoviendo el uso eficiente de recursos y la minimización del impacto ambiental.

Estos roles requieren una combinación de habilidades técnicas y sociales, como el pensamiento crítico, adaptabilidad y capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios. La demanda de estos perfiles va en aumento, y las empresas que están logrando atraer y retener este talento son las que cuentan con una ventaja competitiva en la carrera de la transformación.

Tanto las instituciones educativas como las organizaciones del sector están respondiendo al reto de preparar a los profesionales para un entorno en transformación. Los programas académicos están evolucionando hacia modelos multidisciplinarios que integran ingeniería, tecnología y gestión, alineándose con las competencias que hoy demanda el sector. Paralelamente, empresas como el Grupo **TYPSA** vienen desplegando estrategias internas de formación y adaptación continua que refuerzan sus capacidades organizativas. La plataforma TYPESA Learning, concebida para facilitar el acceso al conocimiento especializado y fomentar una cultura de aprendizaje

permanente en áreas como la digitalización, la sostenibilidad y las nuevas tecnologías aplicadas a la ingeniería, es un ejemplo de ello. Esta iniciativa forma parte de una apuesta más firme por la innovación, que incluye **TYPSA Digital Solutions**, soluciones de gestión inteligente de activos y la aplicación de principios de ingeniería de valor, configurando así un entorno propicio para la actualización constante y la mejora técnica sostenida.



Plataforma TYPSA Learning

## INSTITUCIONES ADAPTADAS Y ADAPTABLES

Por otro lado, la colaboración entre los colegios profesionales, el sector privado y las entidades públicas es fundamental para asegurar que la normativa y estándares vigentes reflejen las demandas actuales y futuras del sector. En un entorno marcado por rápidas innovaciones tecnológicas y cambios de mercado, es urgente que empresas, administraciones y asociaciones trabajen conjuntamente para redefinir los modelos competenciales, de formación y de gobernanza de las profesiones ligadas a las infraestructuras.

Es esencial que estas **instituciones reconozcan la necesidad de evolucionar y participen activamente en la actualización de las competencias profesionales**. Al abrirse a nuevas perspectivas y fomentar el diálogo con diferentes actores, los colegios y asociaciones profesionales pueden liderar el diseño, implantación y seguimiento de programas de formación continua en empresas públicas y privadas que sean relevantes y actuales.

Históricamente, los colegios y asociaciones profesionales han desempeñado un papel clave en la regulación y desarrollo de las profesiones en el sec-

tor de las infraestructuras. Sin embargo, muchos de estos organismos siguen vinculados a modelos tradicionales y, en ocasiones, proteccionistas, que podrían limitar la adaptación a las nuevas realidades tecnológicas y de mercado. Al modernizar sus estructuras y enfoques, se convierten en agentes activos de cambio que potencian el crecimiento y la relevancia de la profesión.

**La adaptación a la era digital** no es solo una opción, sino **una necesidad imperante** para mantener la competitividad y relevancia del sector. Al unir esfuerzos, empresas, administraciones y asociaciones profesionales pueden **impulsar la innovación, promover la formación continua y desarrollar marcos éticos y operativos** que respondan a los desafíos actuales. De este modo, se asegura que las profesiones vinculadas a las infraestructuras estén preparadas para afrontar el futuro.

## EL ROL DE LA COLABORACIÓN EN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES

En el avance hacia la digitalización de las infraestructuras, la **colaboración entre distintos sectores y actores** es un factor determinante. Cuando empresas privadas, administraciones públicas, instituciones académicas y asociaciones profesionales unen fuerzas, se abren oportunidades para resolver desafíos que, de otro modo, serían inabordables. La integración de nuevas tecnologías y el desarrollo de modelos competenciales innovadores requieren un especial esfuerzo conjunto de colaboración.

La **colaboración público-privada** se perfila como una estrategia efectiva para abordar las necesidades del sector de las infraestructuras. A través de **alianzas estratégicas, las empresas y los gobiernos pueden compartir recursos, conocimientos y riesgos**, acelerando la ejecución de proyectos y programas ambiciosos e innovadores. La cooperación facilita la creación de modelos de gestión más flexibles y adaptables, propiciando una cultura de innovación y aprendizaje continuo. De este modo, no solo se mejoran las infraestructuras, haciéndolas más sostenibles y resilientes, sino que además se genera una industria capaz y los esfuerzos se centran en satisfacer las verdaderas necesidades de la sociedad.



# DESAFÍOS Y CONCLUSIONES





## 7. Desafíos y Conclusiones

La era de la información, con todo su potencial, acarrea desafíos muy importantes. Aunque significativos, se pueden superar con una combinación de tecnologías avanzadas, políticas de seguridad robustas, programas de formación y desarrollo del personal adecuados, que **permitirán que los proyectos de infraestructura se puedan beneficiar plenamente del poder de los datos y la tecnología.**

Uno de los principales desafíos en la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos en proyectos de infraestructura es la variedad de fuentes y formatos de datos. Los datos provienen de sensores IoT, sistemas de gestión de activos, datos geoespaciales, y registros históricos, entre otros, y cada fuente puede tener un formato diferente. Esto requiere el desarrollo de plataformas integradas que estandaricen y centralicen los datos, permitiendo una fácil accesibilidad y manipulación de la información. Herramientas como **BIM y Gemelos Digitales son esenciales**, ya que pueden integrar diferentes tipos de datos en un modelo unificado y coherente.

Sin embargo, sin criterios de calidad, coherencia y trazabilidad, los datos en tiempo real que sustentan las decisiones en infraestructura pueden resultar incompletos o inconsistentes. El buen gobierno del dato, que implica establecer políticas, roles y procesos de validación y limpieza es imprescindible para asegurar información fiable y útil. La aplicación de algoritmos de aprendizaje automático no solo ayuda a detectar y corregir errores, sino también a estandarizar y enriquecer los conjuntos

de datos. Combinadas, la gobernanza y la IA elevan la fiabilidad de los procesos y convierten los datos en valor tangible.

La seguridad y privacidad de los datos es otro desafío importante. Con la cantidad creciente de datos y sistemas, aumenta el riesgo de ciberataques. Para mitigar estos riesgos, es vital implementar medidas de ciberseguridad avanzadas, como el cifrado de datos, la autenticación multifactor y la monitorización continua de las redes. Además, establecer políticas claras sobre el acceso y uso de datos puede ayudar a proteger la privacidad y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes.

Los grandes volúmenes de datos también presentan retos importantes de capacidad computacional y almacenamiento. Las infraestructuras tradicionales pueden no ser capaces de manejar la escala y velocidad de los datos generados. La adopción de soluciones en la nube puede ofrecer la escalabilidad necesaria para almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Además, el uso de técnicas de Big Data e IA facilita enormemente el procesamiento y análisis de estos datos a gran escala.

Por último, la formación continua y la colaboración con instituciones académicas es pieza clave para capacitar al personal en el uso de tecnologías emergentes y análisis de datos y enfrentar todos estos desafíos.



# Equipo de redacción

## Dirección y coordinación

José Cordovilla - División de Consultoría Estratégica

## Redactores

Susana Chuy - División de Consultoría Estratégica

Antonio del Pozo - División de Consultoría Estratégica

## Edición y maquetación

Belén Muñoz - Dirección General de Infraestructuras del Transporte

## Colaboradores

Inés Ferguson - Promoción Internacional

Víctor García - TEKNÉS

José Laffond - División de Transporte y Movilidad

Jorge Ley - INTEMAC

Patricia Rullán - División de Sostenibilidad y Ambiental

Félix Tejada - TYP SA Digital Solutions

Fernando Varela - RAUROS





[www.typsa.com](http://www.typsa.com)