



INGENIA

UNSa · Facultad de Ingeniería

REVISTAINGENIA.AR

Nº4

DICIEMBRE 2025



La Ingeniería Civil en la era digital. Retos y oportunidades.

Se presenta una panorámica de los retos y oportunidades que la nueva era digital ofrece a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para los programas de formación e investigación en universidades y organismos científicos.

Dra. Verónica Rajal: una trayectoria marcada por el agua, la ciencia y la perseverancia

PÁGINA 6

Entre el 15 y el 20 de junio de 2025 se desarrolló en Amersfoort, Países Bajos, la 22º Conferencia de Microbiología del Agua Relacionada con la Salud, encuentro científico de máxima relevancia internacional en esta temática.

LA.TE. ANDES S.A. Una empresa de tecnología con sello argentino

PÁGINA 32

“El conocimiento, la innovación y el desarrollo reducen el riesgo geológico y mantienen viva la matriz productiva”. Con esta premisa, Roberto Hernández resume la filosofía de trabajo.

Donde el agua conecta todo: De la vida microscópica a la sostenibilidad global

La ciencia está presente en todo lo que nos rodea, aunque a veces pase desapercibida. Es la herramienta que nos permite comprender desde la vida que habita una gota de agua hasta los sistemas que sostienen nuestras sociedades.



Investigación y Desarrollo
para un futuro sostenible

La Ingeniería Civil en la era digital.

Retos y oportunidades.



Dr. Eugenio Oñate

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Senior Distinguished Researcher de CIMNE. (www.cimne.com)

Se presenta una panorámica de los retos y oportunidades que la nueva era digital ofrece a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para los programas de formación e investigación en universidades y organismos científicos.

1. Introducción

La Ingeniería Civil, una de las disciplinas más antiguas y fundamentales de la humanidad, ha evolucionado desde sus inicios haciendo uso de las capacidades que la tecnología le ha ofrecido en cada momento de la historia. Sin remontarnos mucho más de unas décadas, a partir de los años 1950 los ordenadores digitales revolucionaron la forma en que las estructuras y las obras de ingeniería civil, en general, se proyectaban y construían para garantizar su seguridad y su economía en un sector generalmente financiado con fondos públicos.

En los últimos años la Ingeniería Civil se encuentra inmersa en una profunda transformación impulsada por la era digital. Tradicionalmente enfocada en el proyecto, construcción y mantenimiento de infraestructuras físicas, la Ingeniería Civil está evolucionando hacia un enfoque cada vez más tecnológico, integrando herramientas digitales, inteligencia artificial (IA) y análisis de grandes cantidades de datos. En este contexto, la digitalización no solo ha modificado todas las fases de una obra, desde su concepción a su sustitución, sino que también está redefiniendo el papel del ingeniero civil en la sociedad contemporánea.

El impacto de las tecnologías digitales se reflejará también en la forma en que los ingenieros tendrán que actualizar sus conocimientos y en los programas académicos para educación de los futuros ingenieros. En este artículo repasaremos sucintamente algunas de dichas tecnologías y las oportunidades y retos que ofrecen a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para el mundo académico y científico.

2. La era de la información

Diversos científicos y pensadores, como Clive Humby [1], han afirmado que “**la información es el petróleo del siglo XXI**”. Estas opiniones resaltan la importancia estratégica de la información en la era moderna, sugiriendo que, al igual que el petróleo fue crucial para la economía y la tecnología del siglo pasado, la información será para el este siglo un recurso valioso y fundamental para el poder, la economía y el avance social en el mundo actual.

La información ha sido objeto de estudio de numerosos pensadores en el ámbito de las ciencias de la comunicación. Norbert Wierner comparaba la información como un concepto esencial, al lado de los de materia y energía [2]. Otros científicos, como Jeremy Cambell, consideran a la información como una fuente de “entropía negativa” por su capacidad de poner orden en el conocimiento humano, contribuyendo, por tanto, a disminuir la entropía del universo [3].

Un peligro de la información es cuando se consume en exceso. Así, la sobrecarga de información (también conocida como infoxicación, infobesidad o ansiedad informativa) es la dificultad para comprender un tema y tomar decisiones de manera efectiva cuando se dispone de demasiada información sobre dicho tema. Claramente, cuando a un tomador de decisiones se le da mucha información compleja y con contradicciones, la calidad de su decisión disminuye debido a la limitación de recursos del individuo para procesar toda la información y tomar la mejor decisión. En ese sentido la infoxicación se considera una enfermedad de la era digital [4].

Hay que resaltar que, en Ingeniería Civil, hay algo peor que el exceso de información, y eso es la información mala o poco fiable.

La información, junto a las tecnologías de comunicación modernas (internet, fibra óptica, telefonía móvil, etc.), constituyen las denominadas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). **Las TIC constituyen los pilares de la era digital** y son disciplinas esenciales en los estudios y práctica de las ingenierías de telecomunicación e informática. Indudablemente, por su importancia las TIC deberían tener igual, o incluso más importancia, en la Ingeniería Civil. Pensadores como Robinson Pierce [5] y José Ferrater [6], entre otros, han afirmado que las TIC facilitan la interacción entre la información, la comunicación y todos los niveles del mundo físico y

socio-económico, jugando, por consiguiente, un papel esencial en los procesos que persiguen mejorar la calidad de vida del hombre que, de hecho, son la principal razón de ser de la Ingeniería Civil.

Una de las características de la era digital es la **velocidad en la llegada e implantación de nuevas teorías y técnicas**. Por poner un simple ejemplo, tecnologías como la imprenta han tenido una evolución de unos 2300 años hasta el momento actual. Por el contrario, Internet y las ciencias de la computación actuales se han desarrollado e implantado en apenas 60 años. También la IA, que aunque surgió formalmente en la década de 1950, su implantación reciente es exponencial. Algo parecido está sucediendo con la computación cuántica. Todas estas tecnologías digitales prometen revolucionar la forma en que la Ingeniería Civil moderna planteará sus realizaciones en un próximo futuro.

3. La información en la Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil se nutre de información de cinco fuentes muy concretas:

- La observación del mundo físico desde la tierra y el espacio.
- Experimentos en laboratorios sobre materiales y modelos físicos a escala de elementos estructurales y construcciones.
- Medidas de sensores colocados en construcciones, vehículos y sistemas.
- Resultados de cálculos por ordenador.
- Documentos de proyectos y publicaciones científico-técnicas en los sectores profesional y académico.

La información que se recoge por cualquiera de esos procedimientos, está (o estará muy pronto) disponible en bases de datos, con una cantidad de información inimaginable hasta hace poco, que podrá ser consultada y analizada rápidamente con ayuda de la IA. **Esas bases de datos serán la antesala de nuevos modelos predictivos** para el proyecto, construcción y mantenimiento de construcciones y sistemas en Ingeniería Civil, apoyados por la combinación de la ciencia de grandes datos (Big Data) y la IA.

Hay que resaltar que, en general, y muy particularmente en Ingeniería Civil, hay algo peor que el exceso de información, y eso es la **información mala o poco fiable**. Esa información espuria puede tener

consecuencias desastrosas para el proyecto, construcción y mantenimiento de construcciones seguras, sostenibles y económicas. Por ello las bases de datos en Ingeniería Civil tienen que estar verificadas por organismos responsables, de manera que pueda garantizarse que su contenido proviene de experimentos en laboratorio o de campo fiables, datos sobre materiales y condiciones de uso de estructuras existentes obtenidos in-situ o a través de análisis inversos, y resultados de cálculos utilizando modelos predictivos basados en teorías universalmente aceptadas en cada una de las disciplinas que intervienen en la Ingeniería Civil (materiales, estructuras, fluidos, terreno, etc.).

4. Tecnologías de la era digital en la Ingeniería Civil

Sin ánimo de ser exhaustivo, el Cuadro 1 lista las tecnologías de la era digital que pueden tener un impacto más directo en la Ingeniería Civil.

Un peligro de la información es cuando se consume en exceso. Así, la sobrecarga de información es la dificultad para comprender un tema y tomar decisiones de manera efectiva.

Building Information Modelling (BIM)	▶	Realidad Virtual y Aumentada
Sensores avanzados	▶	Gemelos digitales
Internet de las cosas (IoT)	▶	Superordenadores y computación masiva (GPUs, cálculo en la nube, etc.)
Pasaporte Digital de los Productos	▶	Ordenadores Cuánticos
Big Data	▶	Modelos predictivos basados en la física y la ciencia de datos
Inteligencia Artificial	▶	Nuevos algoritmos numéricos que cambien paradigmas existentes

Cuadro 1. Tecnologías de la era digital de mayor impacto en Ingeniería Civil.

En los apartados siguientes se analizan brevemente algunas de esas tecnologías.

5. Innovación en el proyecto, construcción y mantenimiento de obras mediante BIM

Las capacidades tecnológicas que ofrece el **Building Information Modeling (BIM)** han revolucionado la forma de concebir los proyectos de Ingeniería Civil y arquitectura. El BIM permite crear modelos tridimensionales de una obra que incluyen, utilizando metadatos (información digital asignada a cada elemento de una obra), los detalles de la geometría,

los materiales, el proceso constructivo, el plan de mantenimiento y gestión de la infraestructura e información, ambiental y económica. El BIM facilita la coordinación entre arquitectos, ingenieros y constructores, reduce errores, optimiza costes y mejora la eficiencia del ciclo de vida de las infraestructuras.

El BIM introduce el innovador concepto de espacio multidimensional de una obra, añadiendo otras **“dimensiones conceptuales y operacionales”** a las estrictamente geométricas de modelos de CAD tradicionales. Concretamente, las ocho “dimensiones” típicas de un modelo BIM son: 1. Modelado geométrico 3D (incluyendo metadatos y almacenamiento en la nube), 2. Dimensión temporal para gestión de cronogramas de trabajo; 3. Estimación de costes. 4. Evaluación de la sostenibilidad de la obra. 5. Construcción eficiente para optimizar procesos, mejorar la calidad, reducir costes y tiempos de entrega y aumentar la productividad. 6. Gestión de operaciones e instalaciones. 7. Seguridad en la obra, y 8. Industrialización de la construcción

El uso del BIM para proyectar una obra requiere un esfuerzo mayor para los proyectistas que utilizando las herramientas de CAD clásicas. Por ello, hay una resistencia de las empresas a introducir el BIM en sus procesos de proyectos de obras. La discusión actual es cómo puede ser compensado dicho esfuerzo por la administración competente. No es un debate fácil, ya que, si bien los beneficios para la empresa ganadora de una licitación son muy evidentes, no lo son tanto para el resto de empresas licitantes que hayan tenido que invertir recursos en adecuar los proyectos a la tecnología BIM. Todo esto está ralentizando la utilización del BIM en el sector de la construcción.

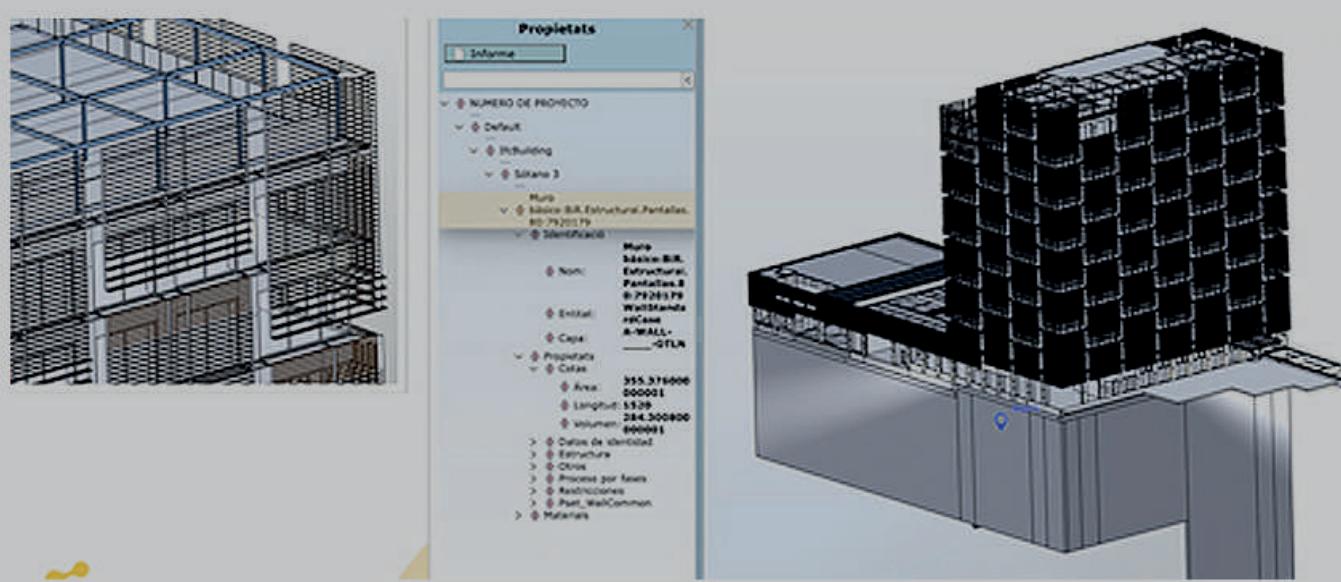


Figura 1. Modelo BIM de un edificio. Cortesía de Scipedia (una empresa spin-off de CIMNE, <https://bim-teamup.com/>).

La utilización del BIM tiene visos de convertirse en obligatoria en muchos países para obras financiadas con fondos públicos. La legislación europea avanza en este sentido y algunas administraciones, como la de la Generalitat de Cataluña en España, han establecido protocolos para presentar los proyectos de obras en licitaciones públicas utilizando el BIM [7]. Claramente, esto favorece la gestión de la obra seleccionada en las fases de revisión del proyecto, construcción de la obra y su mantenimiento futuro, preservando en todo momento una información detallada de todo el proceso en formato digital.

Desde el punto de vista de la administración adoptar la tecnología BIM es también un reto. Los proyectos realizados con tecnología BIM requieren un almacenamiento de muchos gigas (incluso teras) de metadatos. La forma de almacenar y gestionar esos datos en la fase de licitación, e incluso de la posterior gestión del proyecto seleccionado, requiere que la administración disponga de capacidad de almacenamiento (en la nube o en servidores propios), de tecnología para la gestión de metadatos y de personal capacitado. Existen herramientas que facilitan esas tareas, como BIMTeamUp, desarrollada por la empresa Scipedia (Figura 1) [8], pero su adopción por las administraciones es lenta por las dificultades económicas y de recursos humanos que conllevan.

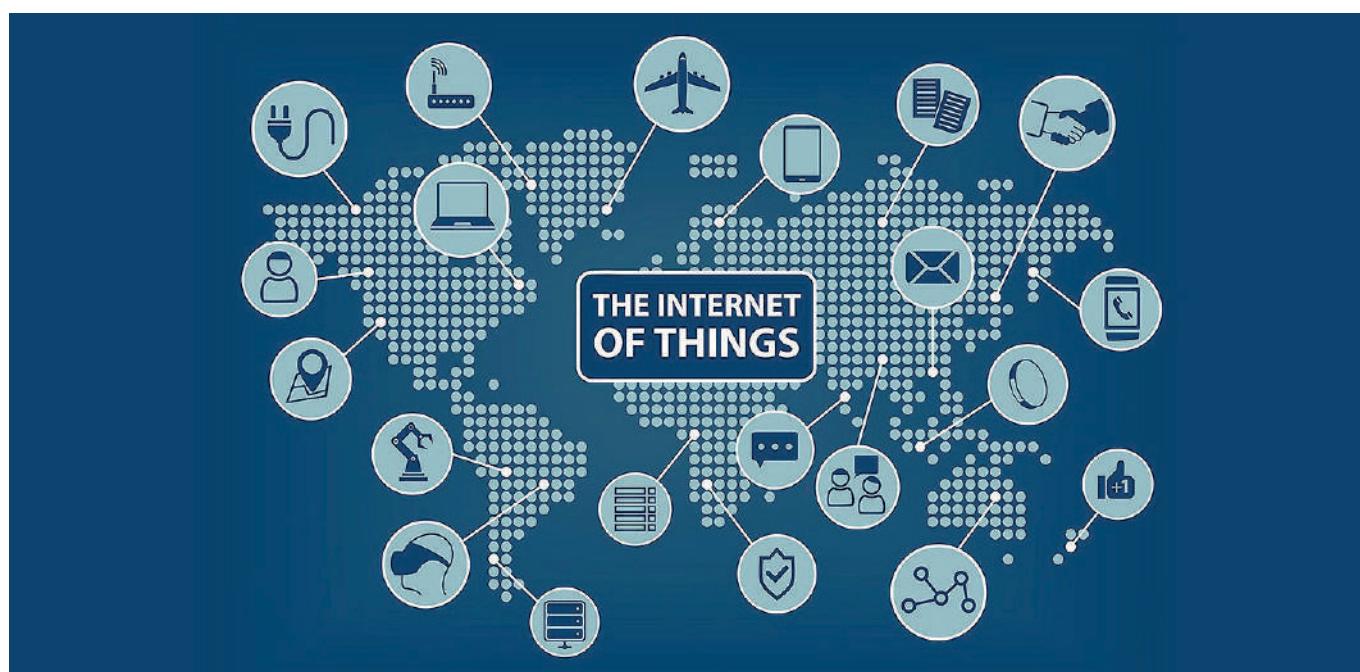
La compatibilidad de los programas de cálculo de estructuras, o de cualquier tipo de obra (hidráulica, vial, marítima etc.) con la información que proporcionan los modelos BIM no es trivial. Generalmente, dicha información debe simplificarse, eliminando muchos detalles de la geometría irrelevantes para el cálculo, para que sea compatible con los preprocesadores de los programas de cálculo usuales.

Por otra parte, la incorporación de herramientas de **realidad virtual y aumentada al BIM** ofrece nuevas formas de visualización y simulación de escenarios en obras, permitiendo detectar interferencias o problemas antes y durante de la ejecución física de las obras. Esto es particularmente relevante para garantizar una mejor seguridad de los trabajadores en el sector de la construcción.

6. El internet de las cosas y el pasaporte digital de los productos

El Internet de las Cosas (**IoT** por **Internet of Things** en inglés) es una red de objetos físicos (“cosas”) equipados con sensores, software y otras tecnologías que se conectan e intercambian datos a través de Internet, lo que les permite funcionar de forma “inteligente” y autónoma. Estos dispositivos abarcan desde electrodomésticos, ropa, productos agro-alimentarios y de cosmética, hasta vehículos, equipos industriales y de construcción y sistemas agrícolas, facilitando la automatización, la eficiencia y el análisis de datos en diversas aplicaciones.

Figura 2. Esquema de conectividad de objetos a través del Internet de las Cosas (IoT)



En IoT proporcionará enormes cantidades de datos para el diseño predictivo, la producción, la comercialización y la gestión de todos los productos en la industria.

Figura 3. Conectividad de diversos productos a través de tecnología NFC. Cortesía de OKTICS (www.okticas.com). (Fuente: GIMNE, 2014, p. 101).

La combinación de datos de simulaciones por ordenador, con datos provenientes del IoT revolucionará la forma en que se diseñan, producen, comercializan y reciclan los productos y sistemas en todos los ámbitos de la industria, incluyendo, naturalmente, la industria de la construcción.

En Europa la eclosión del IoT se va a potenciar a través de la iniciativa europea de crear el **Pasaporte Digital de los Productos (DPP)**, por Digital Passport of Products en inglés).

El DPP es un registro digital obligatorio, impulsado por la Unión Europea (UE), que **contiene información completa sobre el ciclo de vida de un producto**, incluyendo, entre otras cosas, el certificado de originalidad, los materiales que lo conforman, su consumo energético, su sostenibilidad ambiental, normas de mantenimiento/reparaciones e instrucciones para el fin de su vida útil. El DPP se activa

directamente, y de manera muy sencilla, desde el producto, por los consumidores/usuarios mediante identificadores únicos como códigos QR, tecnología NFC o RFID, lo que permite acceder a la información del producto de forma inmediata y sin descargarse una App. El DPP es un componente clave del impulso de la UE **hacia una economía circular**, cuyo fin es aumentar la transparencia de los productos para consumidores y legisladores, garantizar el cumplimiento normativo y posibilitar una producción y un consumo más sostenibles.

El **DPP** es una iniciativa revolucionaria de la UE que **transformará la forma en que se proyectan, fabrican, documentan y gestionan los productos en todos los sectores industriales**. El DPP garantiza la trazabilidad y la transparencia totales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde su fabricación hasta su reciclaje o reutilización.

El Cuadro 2 muestra el calendario que la UE prevé para implantar el DPP.

• Febrero de 2025:

Comienza la implementación progresiva para algunos productos (vino, aceite y baterías eléctricas).

• Abril de 2025:

La Comisión Europea adopta el primer Plan de Trabajo ESPR 2025–2030, priorizando sectores industriales como textil, muebles y neumáticos.

• 2025-2026:

Aprobación de actos delegados detallando los requisitos de datos para diferentes familias de productos (incluyendo la construcción).

• Febrero de 2027: Obligatoriedad del DPP para baterías de vehículos eléctricos, baterías industriales y baterías de vehículos de transporte ligero.

• 2027-2030: Obligatoriedad del DPP para grupos de productos prioritarios como textiles, electrónica, muebles y neumáticos, y la expansión progresiva a más sectores, como la construcción.

• 2030: Plena implantación del Pasaporte Digital del Producto para la mayoría de los productos comercializados en la UE.

Cuadro 2. Fechas de implantación del DPP en la Unión Europea.

El DPP creará una ilimitada fuente de datos integrada relacionada con productos y sistemas de ingeniería para una amplia gama de aplicaciones (tratamiento, sostenibilidad, gestión de instalaciones, SHM, logística, marketing, etc.).

La intención de la UE es que el DPP sea obligatorio para todos los productos que circulen en su territorio (ya lo es para el vino, el aceite y las baterías eléctricas). Esto afectará a los productos importados de otras latitudes, que tendrán que incorporar el DPP. Por otra parte, la UE ha recalcado cada vez que pre-

senta el DPP que su intención va más allá del ámbito regulatorio, y pretende que el DPP abra nuevos canales para la comercialización de los productos.

La implantación del DPP en el sector de la construcción está siendo objeto de un activo y continuo debate en Europa (Cuadro 3). En España las agencias normativas, como la Asociación Española de Normalización (UNE, <https://www.une.org/>), organizan frecuentes seminarios informando de los plazos y condiciones para la implantación del DPP en la construcción [8].



Fabricantes Obligados

Materiales, mobiliario urbano, componentes y estructuras deberán incluir datos ambientales completos.



Adaptación Necesaria

Arquitectos, ingenieros y fabricantes deberán actualizar sistemas y flujos de información.



Nueva Documentación

Datos de composición, ciclo de vida, emisiones y potencial de reciclaje serán obligatorios.



Ventaja Competitiva

Estar preparados es clave para cumplir normativas europeas y mantener la competitividad.

Cuadro 3. Algunos aspectos del DPP en el sector de la construcción.

El Cuadro 4 resume las ventajas del DPP para diferentes actores del sector de la construcción.



Fabricantes

Aseguran trazabilidad completa y cumplimiento normativo automático, reduciendo riesgos legales



Diseñadores

Facilita el rediseño circular y la selección de materiales sostenibles desde la fase de proyecto



Técnicos y auditores

Simplifica inspecciones, verificaciones de calidad y auditorías de sostenibilidad



Cliente final

Apoya transparencia total, confianza en la inversión y garantías de sostenibilidad real



Autoridades

Permite control efectivo, verificación instantánea y supervisión del cumplimiento normativo

Fuente:

OKTICS

www.okobusiness/construccion

Cuadro 4. Interés del DPP para diferentes actores del sector de la construcción.

Tecnologías como el DPP serán probablemente adoptadas por otros países fuera de la UE con el fin de proteger a sus consumidores, garantizar la originalidad, calidad y sostenibilidad ambiental de sus productos, así como para favorecer su comercialización dentro y fuera del país.

7. El gemelo digital de una construcción

Un gemelo digital (“digital twin” en inglés) es una réplica virtual dinámica de una construcción real —por ejemplo, un edificio, un puente o una carretera— que se alimenta continuamente de datos en tiempo real mediante sistemas BIM, cálculo por ordenador avanzado (generalmente en la nube), sensores y tecnologías IoT, el DPP, Big Data y realidad virtual y aumentada. En otras palabras, es el “clon digital” de una obra, que evoluciona y reacciona igual que la estructura física.

Un gemelo digital de una construcción consta de los siguientes elementos.

1. **Modelo digital (BIM o 3D paramétrico)** de la construcción. Representa la geometría, materiales, elementos estructurales e instalaciones de la obra.
2. **Sensores IoT y sistemas de monitorización.** Miden en tiempo real variables como temperatura, humedad, deformaciones, vibraciones, consumo energético, etc.
3. **Plataforma de integración de datos.** Conecta la información del modelo con los datos que provie-

nen de sensores, el DPP o sistemas SCADA.

4. **Modelo predictivo avanzado e IA.** Predice el comportamiento de la construcción a corto y medio plazo y procesa los datos para detectar anomalías, simular escenarios, optimizar el mantenimiento y prever fallos.
5. **Interfaz visual e interactiva (en monitor o realidad aumentada).** Permite que ingenieros, gestores y operarios vean el estado actual de la obra, predicciones y alertas.

El Cuadro 5 muestra las aplicaciones del gemelo digital en el ciclo de vida de una obra.

PROYECTO:

▶ Simulación estructural y energética, análisis de materiales y planificación 4D.

CONSTRUCCIÓN:

▶ Seguimiento en tiempo real, control de maquinaria y comparación con el modelo BIM.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

▶ Monitorización de estado, mantenimiento predictivo, control energético.

REHABILITACIÓN O DEMOLICIÓN:

▶ Análisis del ciclo de vida, gestión de residuos, trazabilidad de materiales.

Cuadro 5. Aplicación del gemelo digital en las diferentes fases de una construcción.

Monitorización continua del estado estructural.

▶ Simulación de escenarios futuros (clima, tráfico, carga, envejecimiento).

Predicción de fallos antes de que ocurran.

▶ Gestión integral del ciclo de vida del activo.

Reducción de costes de mantenimiento y paradas no planificadas.

▶ Toma de decisiones basada en datos reales, no en estimaciones.

Cuadro 6. Ventajas de un gemelo digital en la construcción

Ejemplo de uso de un gemelo digital: Aerogenerador en el mar (Figura 4). Los sensores instalados en la estructura y las palas detectan deformaciones y vibraciones. Los datos se envían a una plataforma digital que actualiza el modelo BIM. Si una parte de la estructura o una pala muestra fatiga o un apoyo pierde rigidez, el gemelo digital genera una alerta antes de que ocurra el fallo físico. El resultado es el mantenimiento predictivo del aerogenerador, ahorro en costes y aumento de la seguridad estructural.

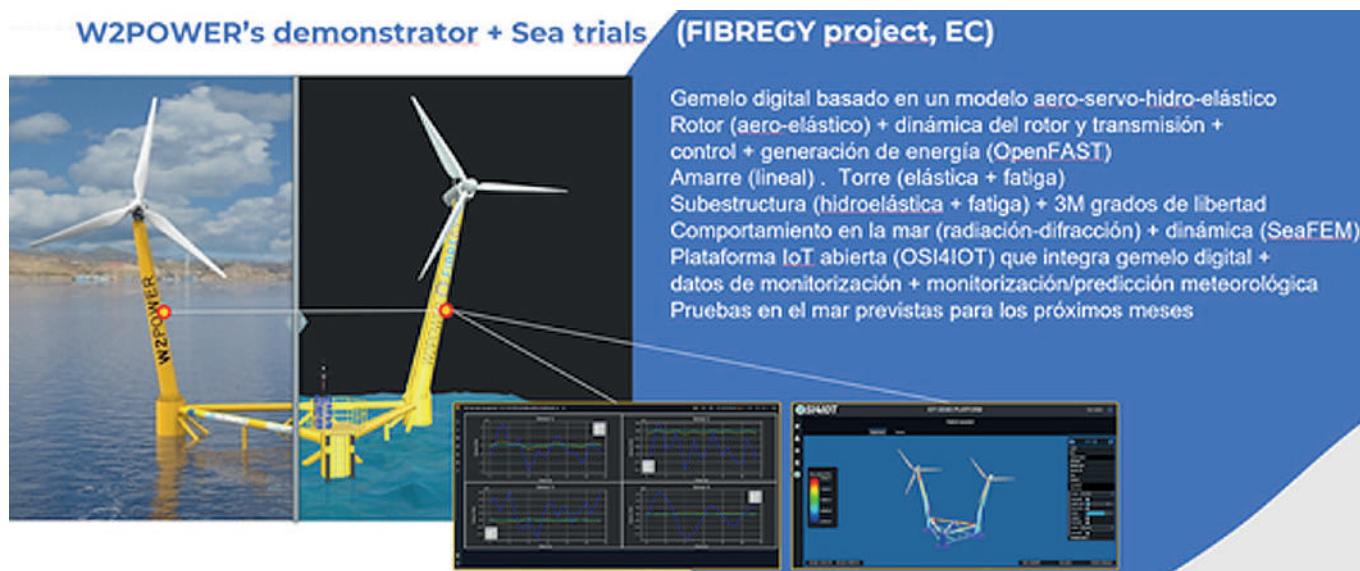


Figura 4. Gemelo digital de un aerogenerador en el mar. Cortesía de Compass. (una empresa spin-off de CIMNE, www.compassis.com)

El siguiente paso es la integración de gemelos digitales a escala urbana: la **Digital Twin City**, ciudades “inteligentes” donde edificios, carreteras, redes de energía y transporte se comunican entre sí en tiempo real. Un buen ejemplo de desarrollo de gemelos digitales de ciudades con el fin de promover la economía circular, es el Digital Twin Cities Centre de la Universidad de Chalmers en la ciudad de Gotenburgo (Suecia) [10].



Figura 5. Gemelo digital de la ciudad de Gotenburgo. Flujo del aire por una calle [10].

Una iniciativa similar promovida desde CIMNE en Barcelona, con apoyo de la Generalitat de Catalunya, ha sido la **creación de una plataforma para la Gestión Predictiva del Territorio**. Esta plataforma (denominada PIKSEL [11]) contiene una descripción fidedigna de partes del territorio catalán y modelos predictivos para estimar el riesgo sísmico y de inundaciones en zonas cercanas al litoral, la evolución de la línea de costa, la cantidad de ozono troposférico, el análisis de la bio-diversidad en diversas zonas y el perfil socio-económico de la ocupación en la zona próxima al litoral, entre otras aplicaciones.

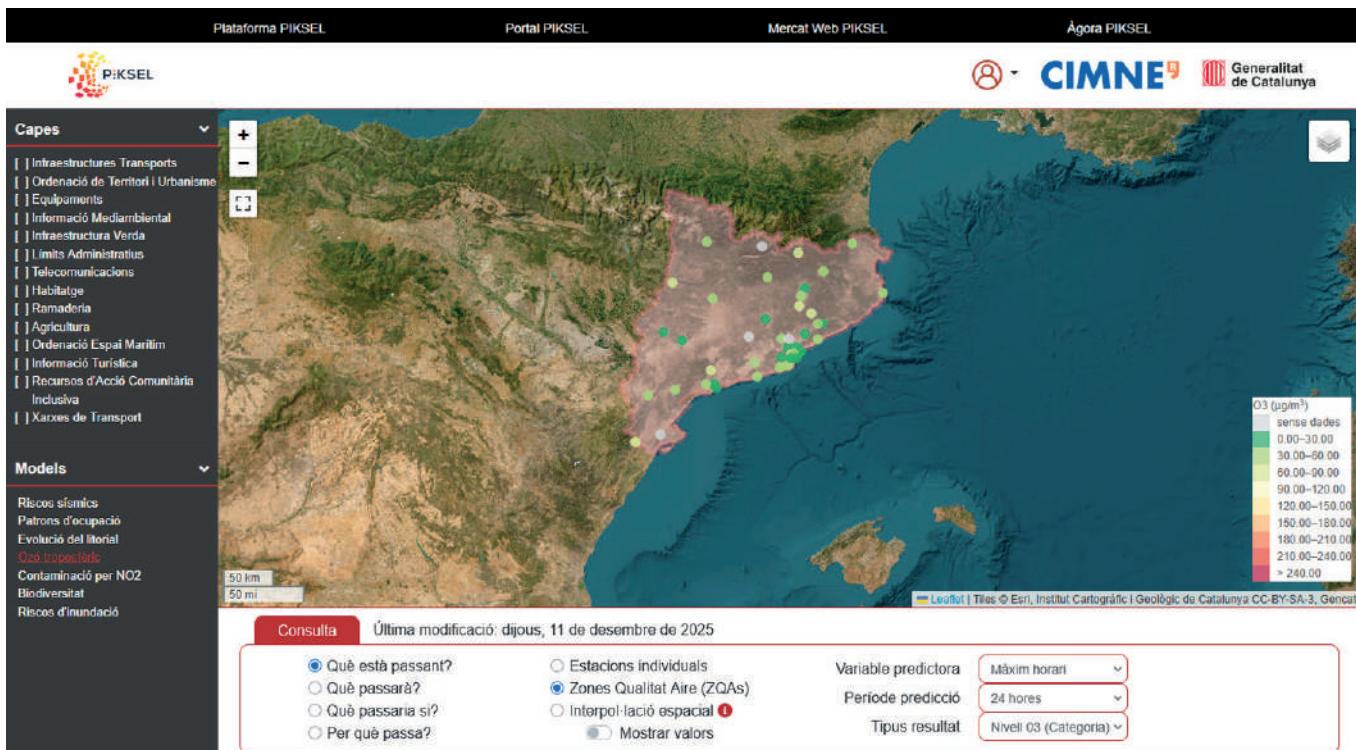


Figura 6. Plataforma PIKSEL de Gestión Predictiva del Territorio. Niveles de ozono troposférico en estaciones de medida en Catalunya [11].

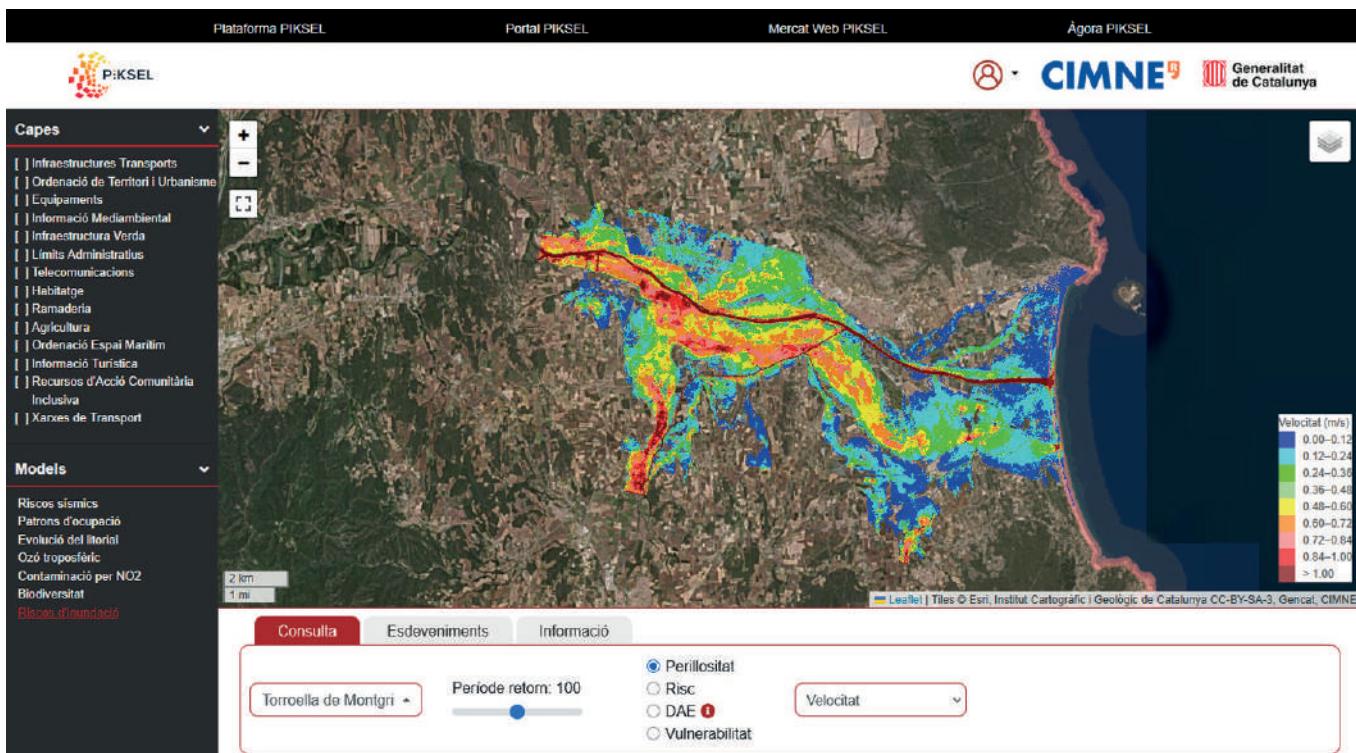


Figura 7. Plataforma PIKSEL de Gestión Predictiva del Territorio. Mapa de velocidad del agua en una inundación en la ciudad de Torroella de Mongrí en la costa de Cataluña [11].

La plataforma PIKSEL puede adaptarse fácilmente, para incluir otras predicciones medio-ambientales-socio-económicas de interés para la gestión del territorio en Catalunya, o en otras zonas geográficas.

Los principales retos de un gemelo digital son la dificultad de creación del modelo geométrico tridimensional, incluyendo metadatos fidedignos de los materiales y otros aspectos esenciales de la construcción, la estandarización de datos entre plataformas (BIM, SCADA, IoT), el alto coste inicial de implantación y mantenimiento de sensores, la formación del personal técnico en análisis de datos e IA y temas relacionados con la ciberseguridad en infraestructuras críticas. Todo ello es mucho más relevante si se trata de construir un gemelo digital de una construcción existente, por el desconocimiento del estado general de la resistencia estructural (materiales, fisuras, armaduras, pretensado, corrosión, uniones, etc.), cuyo conocimiento es esencial para la utilización de técnicas de **“monitorización de la salud de la estructura”** (SHM, por Structural Health Monitoring en inglés) sobre el modelo BIM. La detección del estado de “salud” de una construcción es un tema de gran actualidad y exige utilizar técnicas de análisis inverso avanzadas. Por todo ello, el uso práctico de los gemelos digitales en Ingeniería Civil es todavía muy incipiente y se limita a la gestión de obras nuevas de alto valor añadido, y a aplicaciones medio-ambientales, de gestión del tráfico y movilidad urbana a escala urbana y del territorio.

El avance de las tecnologías digitales y de SHM repercutirá, sin duda, y a corto plazo, en un uso mayor de los gemelos digitales en la Ingeniería Civil, a escala de una obra aislada, o de un sistema mayor como una ciudad.

8. Los activos digitales

En las últimas dos décadas, la cantidad de contenido digital creado en todo el mundo se ha disparado. Un informe de la Corporación Internacional de Datos de 2025 estima que los datos globales anuales almacenados han crecido desde 33 zettabytes en 2018 hasta 175 zettabytes en 2025 (un zettabyte equivale a un billón de gigabytes) [12].

Cuando este contenido digital puede almacenarse, intercambiarse y tratarse como algo valioso, se convierte en un **activo digital** (DASS, por Digital Assets en inglés). Una lista no exhaustiva de DASS es la siguiente:

DASS de valor en ingeniería: Datos de modelos BIM, Gemelos Digitales, Simulaciones Numéricas, Datos Experimentales, Datos de Materiales, Informes Técnicos, Artículos Científicos, Vídeos, etc.

DASSs de valor general: Fotos, Documentos, Vídeos,

Libros, Audio/Música, Animaciones, Ilustraciones, Manuscritos, Correos Electrónicos y cuentas de correo electrónico, Logotipos, Metadatos, Contenido, Cuentas de Redes Sociales, Cuentas de Juegos, etc.

DASS basados en blockchain o tecnologías similares: Tokens No Fungibles, Criptomonedas, Tokens, Criptoactivos, Activos Tokenizados, Tokens de Seguridad, Monedas Digitales de Bancos Centrales, etc. La importancia de los DASS en el mundo académico y profesional se manifiesta en la reciente creación del Center for Digital Assets en la Universidad de Berkeley en USA [13]. La misión de este centro es promover la investigación y la transferencia de tecnología a la empresa en el ámbito de los DASS. Un ejemplo de iniciativas similares en España es la creación por parte de la empresa COMPASS de un repositorio en la nube para almacenar y gestionar DASS de valor en la ingeniería, <https://www.compassis.com/rodas/>.

Los DASS contribuirán a mejorar procesos y servicios en la Ingeniería Civil. En el mundo académico se abre también una oportunidad para investigar sobre la mejor forma de crear, almacenar y gestionar los DASS. Por otro lado, la gestión de los DASS creará oportunidades de negocio para las empresas que operen en el campo digital.

Un gemelo digital es una réplica virtual dinámica de una construcción real que se alimenta continuamente de datos en tiempo real.

9. Oportunidad para los investigadores en métodos numéricos

El constante incremento en la capacidad de cálculo, el Big Data y la ciencia de datos, la IA y las posibilidades que la computación cuántica ofrecerá en pocos años abren un paradigma científico nuevo. Los investigadores en métodos numéricos y en ingeniería computacional podrán abordar problemas complejos, hasta ahora intratables con la tecnología de cálculo actual. Un ejemplo será el diseño a escala atómica de materiales con nuevas propiedades

funcionales (mecánicas, térmicas, acústicas, electromagnéticas, etc.) para múltiples aplicaciones en ingeniería.

Esta situación inédita para los investigadores debe ser un incentivo para revisar los modelos matemáticos y los métodos numéricos existentes para que, incorporando las posibilidades que la era digital ofrece, resolver mejor los problemas que afectan a la vida del hombre. Todo ello sin perder de vista los fundamentos inalterables de la física, que son la síntesis del conocimiento acumulado por la humanidad durante siglos.

La era digital ofrecerá, en definitiva, herramientas para construir una ciencia capaz de comprender y diseñar el mundo con una precisión radical. Esas herramientas serán inmensamente poderosas, pero no deben oscurecer el objetivo último de la ciencia: el razonamiento y la comprensión del mundo físico, para obtener leyes sobre su comportamiento de valor universal.

El avance de las tecnologías digitales y de SHM repercutirá, sin duda, y a corto plazo, en un uso mayor de los gemelos digitales en la Ingeniería Civil, a escala de una obra aislada, o de un sistema mayor como una ciudad.

10. Impacto de la era digital en la docencia de la Ingeniería Civil

Los programas académicos para formación de los futuros ingenieros civiles, y también para la formación continua de los actuales ingenieros, deben imperiosamente incluir temas relacionados con las tecnologías digitales y su impacto en la profesión. Seguramente esto implicará una revisión profunda de las disciplinas que actualmente se imparten en los programas de Grado y de Máster en el ámbito de la Ingeniería Civil, eliminando algunas materias para incluir otras que versen sobre algunos, o todos, los temas que se relacionan en el Cuadro 1. No será una tarea fácil por la clásica dificultad de modificar los planes de estudios de las universidades.

Esta tarea puede ser más sencilla a través de cursos de formación continua sobre temas de actualidad en el campo de las tecnologías digitales que afecten a la Ingeniería Civil, organizados por las propias universidades o por colegios y asociaciones profesionales, e incluso por las empresas.

11. Conclusiones

En las líneas anteriores he resumido las principales características de algunas de las tecnologías digitales en relación con su impacto en la Ingeniería Civil. Todo lo explicado evidencia que la digitalización no solo está modificando la forma de proyectar nuevas construcciones y los procesos constructivos y de mantenimiento de las obras, sino que también está redefiniendo el papel del ingeniero civil en la sociedad contemporánea. Para mantener una posición de liderazgo, las empresas en ese sector tendrán que asimilar las tecnologías digitales, formando a su personal para incorporarlas a sus flujos de trabajo cotidianos.

Por otro lado, el impacto inexorable de las tecnologías digitales en la Ingeniería Civil, ha de reflejarse en los programas académicos para la educación de los futuros ingenieros.

Referencias

1. <https://towardsdatascience.com/is-data-really-the-new-oil-in-the-21st-century-17d014811b88/>
2. https://es.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener
3. J. Cambell. Grammatical Man. Information, Entropy, Language, and Life. Viking, 1982.
4. L. Parra Medina y F. Álvarez (2021). Síndrome de la sobrecarga informativa. Una revisión bibliográfica, Revista de Neurología 73, 12: 421, doi:10.33588/rn.7312.2021113.
5. https://es.wikipedia.org/wiki/John_R._Pierce
6. https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Ferrater_Mora
7. <https://cibim.transportes.gob.es/sala-de-prensa/noticias/el-govern-de-la-generalitat-de-cataluna-amplia-la-obligacion-de-usar-la>
8. <https://bim-teamup.com/now-teamup/>
9. <https://revista.une.org/74/impulso-de-las-normas-a-la-digitalizacion-en-el-reglamento-e.html>
10. Digital Twin Cities Centre – A Vinnova competence centre
11. <https://piksel-web.cimne.com/>
12. The Digitization of the World from Edge to Core
13. <https://cda.berkeley.edu/>



INGENIA

UNSa · Facultad de Ingeniería

Investigación y Desarrollo
para un Futuro Sostenible



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE
INGENIERIA**

CONICET



INIQUI



INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE
Cicmasa
SALTA

INBEMI

II DISa

REVISTAINGENIA.AR

Universidad Nacional de Salta
Facultad de Ingeniería