



Digitalización y automatización para reducir la huella de carbono

Hacia una construcción
+ inteligente y
descarbonizada

La industria de la construcción y el mantenimiento del entorno construido se encuentran actualmente en el epicentro del debate sobre el cambio climático. Según los datos reportados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el sector es responsable de aproximadamente el 39% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía. Al desglosar esta cifra, observamos una dicotomía crítica: el 28% proviene de las emisiones operativas (calefacción, refrigeración e iluminación), mientras que el 11% restante se atribuye al carbono embebido, que es el dióxido de carbono liberado durante todo el ciclo de extracción, fabricación, transporte e instalación de los materiales.

Ante este panorama, la digitalización no debe entenderse simplemente como una evolución de las herramientas de dibujo o una mejora en la gestión documental. Para el ingeniero moderno, la digitalización representa la infraestructura intelectual y técnica que permite gestionar la complejidad de la descarbonización. Sin datos precisos, modelos predictivos y flujos de trabajo automatizados, la sostenibilidad corre el riesgo de quedarse en una capa superficial de buenas intenciones.

El Nuevo Paradigma la Gestión Predictiva

Históricamente, la ingeniería y el diseño arquitectónico se han basado en modelos estáticos. Se generaban planos que representaban una realidad física fija, pero que carecían de la capacidad de informar sobre el comportamiento dinámico del activo a lo largo de los años. Este enfoque fragmentado obligaba a que las decisiones sobre sostenibilidad fueran reactivas, tomándose a menudo cuando el diseño ya estaba consolidado y cualquier modificación estructural implicaba costes prohibitivos.

Para reducir eficazmente la huella de carbono, es imperativo tener visibilidad sobre el ciclo de vida completo del edificio antes de que se inicie la obra. Aquí es donde la Metodología BIM se erige como la columna vertebral de la sostenibilidad. BIM no es un software; es un sistema de gestión de información interoperable. En la práctica de ingeniería avanzada, utilizamos las dimensiones extendidas de BIM para integrar la variable ambiental desde el primer boceto:

- **BIM 6D (Sostenibilidad):** Esta dimensión permite la ejecución de simulaciones energéticas dinámicas. No nos limitamos a calcular la demanda térmica teórica, sino que analizamos cómo interactuará la envolvente del edificio con las proyecciones climáticas, optimizando los sistemas activos y pasivos para minimizar el carbono operativo desde el origen.

- **BIM 7D (Gestión de Activos):** El edificio más sostenible es aquel cuya vida útil se prolonga mediante una gestión eficiente. A través de la dimensión 7D, planificamos digitalmente el mantenimiento preventivo y predictivo, lo que reduce la necesidad de demoliciones prematuras y, por extensión, evita la generación de toneladas de carbono embebido asociadas a la nueva construcción y la gestión de residuos.

El Rol Crítico de los Datos en la Selección de Materiales

La reducción de la huella de carbono embebida comienza en la fase de especificación. Es en este punto donde la di-

SERVICIO INTEGRAL DE PRESCRIPCIÓN

Contamos con un programa de asesoramiento para arquitectos, ayudándote a cubrir todas las necesidades de tu proyecto de forma personalizada.

prescripcion.spain@profine-group.com

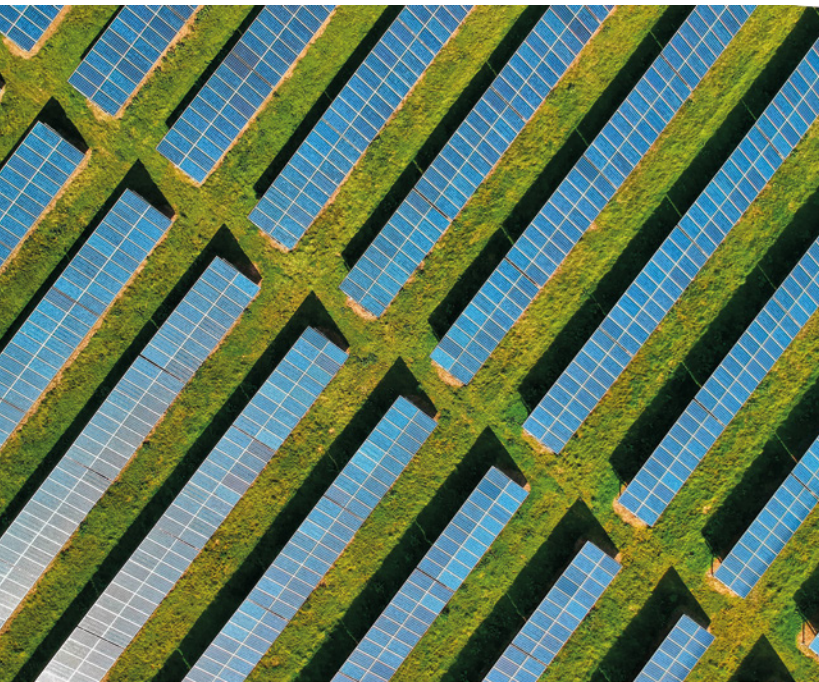
Skypark Valdebebas - Morph Studio



Los gemelos digitales optimizan el consumo energético y el mantenimiento en tiempo real

gitalización permite realizar una “contabilidad de carbono” tan rigurosa como la financiera. La automatización de los flujos de trabajo nos permite conectar los modelos BIM directamente con bases de datos globales de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) o EPD (Environmental Product Declarations).

Al automatizar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), los ingenieros podemos realizar auditorías ambientales en tiempo real sobre diferentes alternativas constructivas. Por ejemplo, al evaluar el sistema estructural, un algoritmo puede comparar instantáneamente el impacto de un hormigón de alta resistencia con bajo contenido de clínker frente a un sistema de madera contralaminada (CLT). El sistema digital no solo computa el volumen del material; evalúa la energía consumida en su fabricación, las emisiones derivadas de la logística de transporte basadas en la ubicación real de las canteras o fábricas, y el potencial de circularidad al final de la vida útil. Esta capacidad de análisis predictivo transforma al ingeniero en un gestor de recursos.



Automatización y Optimización mediante Diseño Generativo

Uno de los saltos cualitativos más importantes en la ingeniería contemporánea es la adopción del Diseño Generativo. A diferencia del método tradicional, donde el proyectista propone una solución y luego la valida, el diseño generativo utiliza la automatización para invertir el proceso: definimos restricciones de sostenibilidad y objetivos de rendimiento, y permitimos que algoritmos exploren miles de variantes de diseño de forma autónoma.

Este enfoque es fundamental para la descarbonización por dos motivos principales:

1. Optimización Estructural y Reducción de Desperdicios: El software puede encontrar la geometría exacta que maximiza la resistencia mecánica utilizando la mínima cantidad de material. Al reducir el uso de acero y hormigón mediante geometrías complejas que solo la automatización puede calcular con precisión.

2. Construcción Industrializada y Fabricación Off-site: La digitalización permite que la información del modelo BIM se transmita sin fricciones a maquinaria de control numérico (CNC) y brazos robóticos en entornos de fábrica controlados. La construcción industrializada reduce drásticamente los errores humanos en obra y los desperdicios de material, los cuales representan históricamente una pérdida masiva de energía y carbono que nunca llega a ser aprovechada en el edificio final.

Gemelos Digitales: El Cerebro del Edificio Sostenible

La entrega de un edificio no marca el fin de la responsabilidad del ingeniero, sino el inicio de la fase de mayor impacto ambiental: la operación. Un Gemelo Digital (Digital Twin) es una réplica virtual dinámica del activo físico que se alimenta de datos en tiempo real mediante redes de sensores IoT (Internet de las Cosas).



La integración de gemelos digitales con los sistemas de automatización de edificios (BMS) permite alcanzar niveles de eficiencia energética que antes eran inalcanzables:

- **Ajuste Predictivo del Clima:** Mediante el uso de algoritmos de Machine Learning, el gemelo digital aprende los patrones de comportamiento térmico del edificio y los hábitos de sus ocupantes. Si el sistema predice una alta ocupación en una zona específica basándose en el calendario digital, y el pronóstico meteorológico indica una subida de temperatura, el sistema ajusta la climatización de manera proactiva. Esto evita los picos de consumo y las ineficiencias de los sistemas reactivos tradicionales.

- **Mantenimiento Predictivo:** Los equipos electromecánicos que funcionan de manera deficiente son responsables de una parte significativa del desperdicio energético. La automatización detecta anomalías imperceptibles para el ojo humano, permitiendo reparaciones antes de que el equipo pierda eficiencia o falle, asegurando que la huella

de carbono operativa se mantenga siempre dentro de los parámetros de diseño más exigentes.

Interoperabilidad y la Cultura del Dato Único

Para que todas estas tecnologías cumplan su promesa de sostenibilidad, es necesario derribar los “silos de información”. Históricamente, el arquitecto, el ingeniero estructural, el de instalaciones y la constructora han trabajado con datos fragmentados, lo que genera una pérdida de información crítica en cada transferencia. La automatización solo es efectiva si los datos en los que se basa son íntegros y actualizados.

La adopción de estándares OpenBIM es, por tanto, un requisito ético para la sostenibilidad. Esto garantiza que la información sobre el coste de carbono de un componente persista desde la fase de diseño hasta que el gestor del edificio debe decidir si reciclarlo 50 años después. Como ingenieros, debemos liderar la transición hacia el “pasaporte de

materiales", donde cada elemento digital del modelo lleva adjunta su huella de carbono, su origen y sus instrucciones de reutilización, fomentando una verdadera economía circular en la construcción.

Resiliencia y Predicción ante el Cambio Climático

La digitalización también nos otorga una ventaja defensiva: la capacidad de diseñar para la incertidumbre. No estamos construyendo edificios para el clima de hoy, sino para las condiciones extremas de las próximas décadas. Mediante el uso de "archivos climáticos futuros" en nuestras simulaciones energéticas automatizadas, podemos modelar escenarios de estrés térmico, inundaciones o cambios en la radiación solar.

Esta capacidad predictiva nos permite diseñar edificios resilientes que no requerirán rehabilitaciones energéticas profundas en el corto plazo. Cada rehabilitación no planificada supone una nueva inyección de carbono embebido en la atmósfera; por tanto, el diseño a prueba de futuro (future-proofing) mediado por la digitalización es la estrategia más rentable y sostenible a largo plazo. La automatización nos ayuda a encontrar el "punto dulce" entre la inversión inicial de carbono en materiales de alta calidad y el ahorro de emisiones operativas a lo largo de décadas de servicio.

La descarbonización del sector construcción es, fundamentalmente, un desafío de gestión de la complejidad. Los métodos analógicos son sencillamente incapaces de procesar la cantidad de variables necesarias para reducir la huella de carbono de forma drástica y medible.

La digitalización, personificada en la metodología BIM y los datos interoperables, nos otorga la visión necesaria para comprender el impacto ambiental total de nuestras decisiones técnicas. Por su parte, la automatización nos proporciona la velocidad necesaria para iterar diseños hacia la máxima eficiencia y la precisión quirúrgica para fabricar y operar con desperdicio cero.

La convergencia entre la tecnología digital y la sostenibilidad no es una tendencia pasajera; es el único camino técnico viable hacia un entorno construido neto cero. La transición hacia una construcción 4.0 es, en última instancia, nuestra mejor herramienta para proteger el planeta mientras seguimos desarrollando las infraestructuras que la sociedad necesita.

Autor: Equipo Kinedrik



Revistas Profesionales.

INFORMACIÓN DE CALIDAD

PROARQUITECTURA

Actualidad de arquitectura y materiales de construcción

- Análisis de proyectos de edificación
- Diálogo con arquitectos
- Reportajes de materiales de construcción

WWW.PROARQUITECTURA.ES

HOSTELPRO

Últimas tendencias del sector hotelero y restauración

- Estudio de proyectos hoteleros y de restauración
- Entrevistas a directores y responsables de compras
- Artículos en profundidad sobre equipamiento hotelero

WWW.REVISTAHOSTELPRO.COM

PROTIENDAS

Innovación en electrodomésticos, imagen y sonido

- Inmersión en los principales Sectores (Gamas Blanca, Marrón y PAE)
- Entrevistas a Fabricantes y Distribuidores
- Reportajes sobre Distribución de Electrodomésticos

WWW.REVISTAPROTIENDAS.COM

PROSOSTENIBLE

Todo lo que necesitas saber relacionado con la sostenibilidad

- Análisis de interés sobre sectores que apuestan por ser sostenibles
- Entrevistas a profesionales implicados
- Tribunas de opinión de agentes sociales, económicos o políticos
- Artículos de empresa sobre proyectos y acciones

WWW.PROSOSTENIBLE.ES

