



# Formación BIM para ingenieros


CONVIÉRTETE EN UN **INGENIERO IMPRESCINDIBLE**

MÁSTER BIM  
APLICADO A LA  
EDIFICACIÓN

POSGRADOS CON  
DOBLE TITULACIÓN



MÁSTER BIM  
APLICADO A LA  
INGENIERÍA CIVIL

- ✓ Domina el **ciclo completo** de la metodología BIM (7D)
- ✓ Aprende a **modelar y a gestionar** un proyecto BIM con los mejores profesionales
- ✓ Certifícate como **BIM Manager** con ACP  AGENCIA DE CERTIFICACIÓN PROFESIONAL

Centro asociado



Centro certificado



Estrella de oro a la  
excelencia profesional



Medalla de oro europea  
al mérito en el trabajo



¡INFÓRMATE DE LAS  
AYUDAS Y DESCUENTOS  
DISPONIBLES!

[www.structuralia.com](http://www.structuralia.com)  
[cursos@structuralia.com](mailto: cursos@structuralia.com)  
914904200



# EDITORIAL

Building Information Modeling (BIM) es una expresión (y su acrónimo) que hace unos años no existía y que ahora se ha convertido en el centro de la metodología para el desarrollo de proyectos en el ámbito internacional. Los proyectos de arquitectura y de ingeniería civil son cada vez más complejos, con la participación de especialistas de múltiples disciplinas y con una necesidad evidente de llevar a cabo una imprescindible coordinación entre ellas. Los ingenieros españoles, afortunadamente, hemos tenido la oportunidad en las décadas recientes, de participar en proyectos de una elevada complejidad, lo que nos ha llevado en la actualidad a poder participar y liderar los mismos en el ámbito internacional. En este entorno es donde se hace más necesario, aún, un sistema que suponga una perfecta coordinación entre los múltiples agentes que intervienen.

La nueva filosofía de desarrollo de proyectos nos lleva a cambiar los criterios y planteamientos con los que se afrontan los proyectos, suponiendo una modificación radical de su metodología de desarrollo. La internacionalización de la que tanto hablamos en los últimos años ha supuesto una necesidad de intercambio de sistemas de trabajo con otras culturas técnicas.

Estas circunstancias han llevado a las autoridades españolas y europeas a impulsar el desarrollo de esta metodología. En los primeros artículos de este número monográfico se

presentan las líneas maestras y las iniciativas planteadas desde las instituciones para favorecer e impulsar su implantación.

En artículos posteriores se presentan algunos enfoques de tipo general de esta metodología, realizando una comparación con los sistemas previos y subrayando aspectos como la interoperabilidad que supone este nuevo, aunque ya no tanto, sistema de desarrollo de proyectos.

La implicación, la necesidad y la conveniencia de la aplicación de esta metodología se aprecia claramente en los documentos aquí presentados en los que los promotores (públicos y privados), las empresas de ingeniería que desarrollan los proyectos y las empresas constructoras que los ejecutan, muestran la práctica de estos sistemas, las ventajas y también, por qué no, las dificultades que presenta en ocasiones.

Con este número monográfico, la Revista de Obras Públicas muestra de nuevo su voluntad de difundir todos aquellos aspectos de las nuevas tecnologías que permitirán a la ingeniería civil encontrarse totalmente integrada los sistemas de diseño más avanzados.

**Jorge Torrico Liz y Jesús Gómez Hermoso**  
Coordinadores del monográfico

# SUMARIO

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3597  
ABRIL 2018. AÑO 165. FUNDADA EN 1853

## Consejo de Administración

### Presidente

Miguel Aguiló Alonso

### Vocales

Juan A. Santamera  
José Polimón  
Vicent Esteban  
Tomás Sancho  
José Javier Díez Roncero  
Francisco Martín Carrasco  
Benjamín Suárez  
José Luis Moura Berodía  
Mª del Camino Blázquez Blanco

### Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza  
Vicente Esteban Chapapría  
Jesús Gómez Hermoso  
Conchita Lucas Serrano  
Antonio Serrano Rodríguez

### Edita

Colegio de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos  
Calle Almagro 42  
28010 - Madrid

La revista decana de la  
prensa española no diaria

### Director

Antonio Papell

### Redactora jefe

Paula Muñoz

### Diseño

Julían Ortega

### Maquetación y edición

Diana Prieto

### Fotografía

Juan Carlos Gárgoles

### Publicidad

Almagro, 42 - 4ª Plta.  
28010 Madrid  
T. 913 081 988  
rop@ciccp.es

### Imprime

Gráficas 82

### Depósito legal

M-156-1958

### ISSN

0034-8619

### ISSN electrónico

1695-4408

### ROP en internet

<http://ropdigital.ciccp.es>

### Suscripciones

<http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php>  
[suscripcionesrop@ciccp.es](mailto:suscripcionesrop@ciccp.es)  
T. 91 308 19 88

## Análisis

6 EL COLEGIO DIGITAL

## Monográfico BIM

10 EL PAPEL DEL GOBIERNO  
EN LA IMPLEMENTACIÓN  
DE BIM EN ESPAÑA  
ROSANA NAVARRO

14 LA COMISIÓN ES.BIM  
JORGE TORRICO Y JULIO LÓPEZ

20 HACIA UN ENFOQUE  
UNIFICADO DE LA  
DIGITALIZACIÓN EN  
EUROPA  
ADAM MATHEWS

28 PROYECTO Y  
CONSTRUCCIÓN ANTES Y  
DESPUÉS DE BIM  
JESÚS GÓMEZ HERMOSO

- 36 **INTEROPERABILIDAD EN EL USO DE LA METODOLOGÍA BIM**  
FERNANDO BLANCO Y SERGIO MUÑOZ
- 46 **LA EXPERIENCIA BIM DE LA CIUDAD DE LA JUSTICIA DE CÓRDOBA**  
VALENTÍN PÁRRAGA DE LAS MARINAS
- 54 **AEDAS HOMES, 100 % BIM EN 2018**  
JOSÉ MARÍA GONZÁLEZ
- 60 **BIM EN HS2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN**  
FRANCISCO LUQUE E IKER GARTEIZGOGEASCOA
- 66 **EL USO DE BIM EN FASE DE OBRA EN FERROVIAL AGROMAN**  
TEODORO ÁLVAREZ, RICARDO BITTINI Y ADOLFO GUTIÉRREZ
- 74 **LA METODOLOGÍA BIM EN LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS E INFRAESTRUCTURAS EN IDOM**  
CARLOS CASTAÑÓN, BEATRIZ SUÁREZ, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ, JULIO MARTÍNEZ Y JOSÉ RAMÓN DEL OLMO
- 82 **IMPLANTACIÓN BIM EN EL TREN LIGERO DE SÍDNEY**  
MIGUEL A. HERAS Y RUBÉN MAZARICO
- 90 **LA AMPLIACIÓN DEL METRO DE ESTOCOLMO**  
FÉLIX TEJADA
- 98 **SENER, PIONERA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM APLICADA A INFRAESTRUCTURAS**  
LINDA BAUTISTA Y AINARA DUQUE
- 106 **ROADBIM, BIM PARA PROYECTOS DE CARRETERAS**  
JOANA MENERÉS, DAVID DEL VILLAR, FRANCISCO NAVARRETE, JOSÉ RAFAEL ÁLVARO Y ANTONIO MÁRQUEZ

# El Colegio digital

## La transformación digital de la institución

JOSÉ JAVIER  
**Díez  
Roncero**

Secretario general del Colegio  
de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos



El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que vincula a unos profesionales intensamente implicados a lo largo de su dilatada historia en la innovación y el desarrollo tecnológico, ha tenido a gala situarse y mantenerse sistemáticamente al frente de la digitalización, participando de las inquietudes colectivas sobre la materia, anticipándose incluso en lo posible a ellas y tomando parte en las tareas de formación continua que caracterizan el trabajo del ingeniero y son cada vez más necesarios dado el avance vertiginoso de la tecnología.

El Colegio fue pionero en el campo de la digitalización del visado de los proyectos, así como en la implantación del visado electrónico a través de una Ventanilla Única (VUV), que permite prescindir del soporte físico y facilita el manejo de datos y la gestión de los grandes volúmenes de información que ha debido manejar hasta ahora; en 2017, se emitieron 4.483 visados electrónicos y en el primer trimestre de 2018, se han contabilizado 1.165. En 2013, se creó además una plataforma CAP para la generación de Certificados de Actuación Profesional, con sistema de notificaciones vía e-mail y control del ciclo completo de vida de los Certificados. Por descontado, la relación del Colegio con sus colegiados se ha ido también digitalizando, y hoy la página web, sensiblemente mejorada, es el principal instrumento de relación y de vinculación entre el colegiado y el colegio. Todas sus publicaciones están en red y la Revista de Obras Públicas, la decana de las revistas técnicas españolas que nació a mediados del siglo XIX, está íntegramente digitalizada y accesible en internet.

El Colegio ha implantado también desde primera hora la votación electrónica en sus procesos internos votación elec-



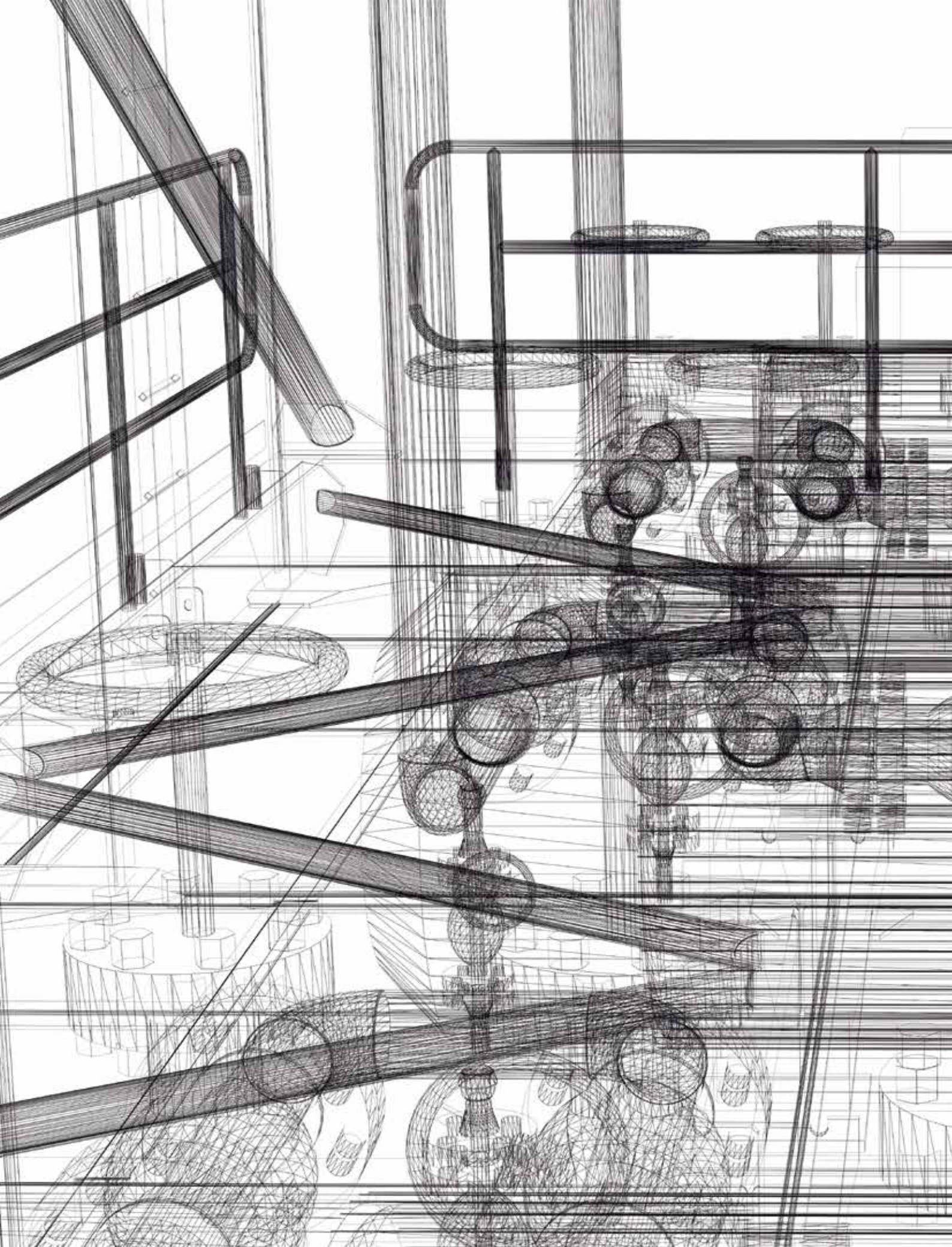
trónica. En las elecciones de demarcaciones que han tenido lugar este mes de abril, el 90 % de los votos se han emitido electrónicamente, casi 5.000 votos emitidos. Y, como es natural, esta facilidad ha impulsado una participación mucho mayor que la que se registraba anteriormente en procesos que obligaban al voto presencial.

El Colegio ha participado activamente en la estrategia del Ministerio de Fomento para la implantación del Building Information Modeling (BIM), que, como se sabe, es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de los proyectos de ingeniería y construcción, cuyo objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

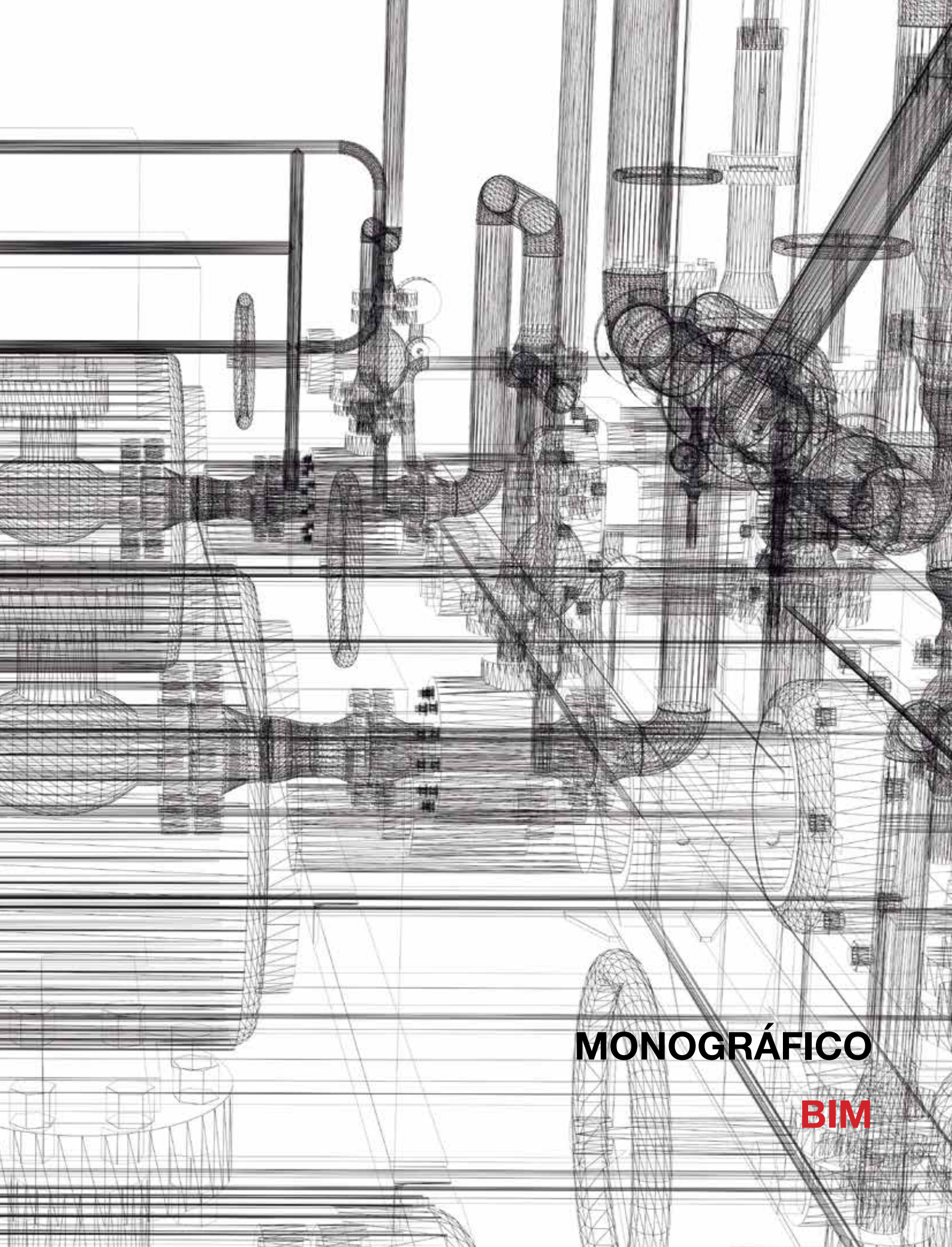
También el Colegio de Ingenieros de Caminos promueve un máster en Tecnologías de las Información y Comunicación (TIC) en colaboración con la UNED.

Finalmente, este número de la Revista de Obras Públicas que el lector tiene en sus manos, monográfico sobre el BIM y coordinado por el ingeniero de Caminos Jesús Gómez Hermoso, que incluye aportaciones de los principales expertos en la materia, da idea de la preocupación del Colegio por estas cuestiones.

En definitiva, el Colegio aspira a situarse en la zona de liderazgo de las nuevas especialidades digitales como el BIM, el Blockchain, el Big Data, el Cloud Computing, Internet de las cosas y de las infraestructuras, la realidad aumentada, la inteligencia artificial, etc., implicando a los colegiados en estas tecnologías y situándose a la vanguardia del conjunto de los Colegios Profesionales. 📍







**MONOGRÁFICO**

**BIM**

# El papel del Gobierno

en la implementación de BIM en España



**ROSANA**  
**Navarro**

Subsecretaria de Fomento.  
Ministerio de Fomento  
Presidenta Comisión es.BIM

## RESUMEN

El Gobierno de España está comprometido en la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad de las inversiones públicas. En este contexto, el Ministerio de Fomento apuesta por la introducción de la metodología BIM como herramienta que contribuya a alcanzar estos objetivos.

## PALABRAS CLAVE

Digitalización, mejora de procesos, implementación BIM, eficiencia, sostenibilidad, compromiso con la calidad, inversiones públicas, Comisión es.BIM

## ABSTRACT

*The Government of Spain is committed to improving the efficiency and sustainability of public investments. In this context, Fomento is committed to the introduction of the BIM methodology as a tool that contributes to achieving these objectives.*

## KEYWORDS

*Digitalization, process improvement, BIM adoption, efficiency, sustainability, commitment to quality, public investment, es.BIM Commission*

# 1

## Introducción

El Ministerio de Fomento, como Ministerio inversor, estuvo interesado desde el primer momento en el conocimiento y difusión de esta metodología. La Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública ya contenía referencias, si bien algo imprecisas, sobre la necesidad de utilizar nuevas tecnologías para la modernización y mejora de los procesos de contratación, pidiendo, por primera vez, a sus estados que tomaran en consideración su empleo para incrementar la eficacia en la inversión pública.

La digitalización y el empleo de nuevas tecnologías a la que hace referencia la directiva europea, deben venir acompañados de una modificación de los procesos que permita maximizar su inclusión y sacar el mayor partido de la misma.

Los procesos, tanto de licitación como de ejecución de los contratos deben adaptarse para abordar el reto de una administración electrónica, de un mundo digital y de unas mayores exigencias en cuanto a eficiencia de la inversión pública.

Se trata de cambios profundos que se llevarán a cabo de forma progresiva, cambios que afectan no sólo a la inclusión de nuevas tecnologías si no a un importante cambio cultural. De acuerdo con diversos expertos, BIM es, aproximadamente un

10% de tecnología y un 90% de cambio cultural en la forma de llevar a cabo los proyectos. Esto implica a una dificultad añadida pues los cambios culturales son más difíciles de conseguir que la mera adaptación a las nuevas tecnologías.

La edificación y las infraestructuras son elementos muy relevantes en la economía de un país. La industria de la construcción mueve un porcentaje importante del PIB nacional; sin embargo es uno de los sectores industriales que menos ha experimentado el incremento de productividad conseguido por el empleo de la tecnología, manteniéndose muy estable en los últimos 20 años.

La complejidad en la construcción de edificios e infraestructuras ha ido creciendo en estos últimos años, especialmente en las grandes obras de ingeniería, requiriendo mayor información y control en la ejecución de los proyectos, que minimicen o eviten los incrementos de costes y de tiempos de ejecución de los mismos.

Así mismo y siguiendo el camino marcado desde Europa, cobra cada vez mayor importancia el análisis del ciclo de vida en su conjunto, no únicamente referido a la construcción.

Dentro de este contexto, el Ministerio de Fomento entendió que el empleo de la metodología BIM podría ser fundamental y decidió apostar por las “infraestructuras inteligentes”.

## **2** Mejora de procesos

Desde el Ministerio se entendió que BIM era una herramienta muy útil para alcanzar objetivos alineados con la mejora de la eficiencia y la productividad:

- Mejora de la productividad mediante la optimización en las tareas de diseño con herramientas especializadas que incluyen controles paramétricos, admiten estándares de ingeniería y ofrecen reglas de validación de diseño.

- Mejora de la calidad a través de una mejor evaluación de la capacidad de construcción e identificación de los conflictos de diseño antes de comenzar la construcción.

- Un mejor conocimiento y comunicación de los riesgos del proyecto, objetivos y opciones antes de llevarlo a cabo. En definitiva, la reducción de incertidumbres y riesgos en todo el proceso de la construcción.

- Mayor transparencia y trazabilidad de todo el proceso

Estos objetivos deben ser apoyados ya que la Ingeniería y la construcción españolas son referentes mundiales tanto en competitividad como en calidad. España ha construido una importante red de infraestructuras en las últimas décadas que ha favorecido la incorporación de nuestras empresas a la globalización. El Ministerio de Fomento apuesta también por promover el protagonismo de la Ingeniería española en los mercados internacionales.

La Ingeniería española está presente en la mayor parte de los desarrollos de infraestructuras en todo el mundo, exportando la tecnología y la experiencia adquirida en estos años en lugares tan distantes como Arabia Saudí o California.

Esta posición debe mantenerse en el tiempo incorporando nuevas tecnologías y nuevas formas de acometer la planificación y gestión de las infraestructuras, teniendo como objetivo la mejora de la eficiencia. La metodología BIM constituye uno de esos motores de cambio que contribuirán al mantenimiento de esta posición de liderazgo de nuestra ingeniería.

Una de las líneas estratégicas del Ministerio de Fomento es mejorar la eficiencia en la planificación y la gestión de infraestructuras de transporte, lo que supone replantear su modelo de planificación y gestión a fin de garantizar su viabilidad y sostenibilidad. Se busca un modelo basado en la valoración rigurosa de las necesidades de la sociedad, que responda a las disponibilidades presupuestarias y sea acorde con el escenario macroeconómico. Un modelo eficiente que impulse la cohesión territorial y refuerce la visión de conjunto y la intermodalidad.

Se trata de evitar, a través de una mayor y mejor planificación, sobrecostes que comprometan la sostenibilidad de una infraestructura.

Esta metodología se basa en la gestión eficiente de la información sobre todo el ciclo de vida de las infraestructuras.



BIM es gestión; pero, sin duda, también es colaboración, y supone una redefinición del concepto y el acercamiento a planteamientos win-win en el que todos los agentes involucrados deben obtener un beneficio.

Como se menciona anteriormente, la adopción de la metodología BIM no es un mero cambio de herramienta sino que comporta un cambio más profundo ya que repercute en todo el proceso constructivo, su forma de abordarlo y cómo se interrelacionan todos los agentes implicados.

En definitiva, para el Ministerio, BIM se apoya sobre cuatro pilares:

- Digitalización
- Información
- Colaboración
- Estandarización

Es un compromiso con la calidad y con la reducción de incertidumbres en proyectos que suponen fuerte inversión pública.

Las inversiones públicas se beneficiarán de las ventajas de la metodología BIM en cuanto a una gestión más eficaz de toda la información a lo largo de su ciclo de vida. La relación de las infraestructuras con su entorno, especialmente las ciudades y el desarrollo de entornos “Smart” se verán favorecidos por el empleo de esta metodología y su integración con sistemas GIS: Se trata de generar una gran base de datos con toda la información necesaria para la gestión del mantenimiento y la explotación, en definitiva la gestión de los activos creados. Una gestión basada en una información centralizada, única, actualizada y fiable, que permita una toma de decisiones más eficiente.

## 3 BIM para el Ministerio

Todo lo expuesto anteriormente motiva la decisión del Ministerio de Fomento de crear la Comisión BIM. El 14 de julio de 2015 se constituyó la Comisión para la implantación de la metodología BIM en España, proceso en el que el Ministerio de Fomento ha asumido el liderazgo.

La Comisión BIM para España nació para impulsar la implantación de BIM en el sector de la construcción española, fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de los requisitos BIM, establecer un calendario para adaptación de la normativa, desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo y realizar un mapa académico de formación.

La Comisión cuenta con una amplia representación del Sector público y del Sector privado, tiene un órgano ejecutivo (en el cuál se deciden los ejes de la estrategia y se aprueban los trabajos desarrollados en los Grupos Temáticos), un Comité Técnico (como órgano de coordinación) y cinco Grupos de Trabajo encargados del desarrollo de las diferentes temáticas (estrategias, personas, procesos, tecnología e internacional).

Actualmente hay más de 24 subgrupos de trabajo con un total de más de 120 profesionales implicados en los mismos lo que ha permitido la presentación de 8 documentos aprobados en la última reunión de la Comisión y se está trabajando activamente para cerrar varios documentos más antes de finalizar este ejercicio.



## 4 El ejemplo del Ministerio

El liderazgo del Ministerio de Fomento, no sólo se materializa en la creación de la Comisión es.BIM, sino que, como ha mencionado nuestro Ministro, pretende dar ejemplo con la introducción de esta metodología en sus propios departamentos, en concreto, en las Direcciones Generales de Carreteras y Arquitectura, Vivienda y Suelo.

Esta introducción requiere actuaciones en dos planos, en el plano de los recursos propios, dando formación y apoyo al personal involucrado y en el plano de la ejecución, con el lanzamiento de diversos proyectos piloto y el desarrollo de guías de utilización

El Ministerio es consciente de la importancia de estos primeros proyectos piloto, pues permitirán hacer los ajustes necesarios para una generalización en su empleo.

Ambas actuaciones ya se han iniciado y serán visibles en muy poco tiempo.

## 5 Alineación con Europa

Europa es, actualmente, el área con mayor concentración mundial de Programas de implementación BIM liderados por Administraciones Públicas.

Desde 2015, el Ministerio, a través de la ingeniería del Grupo, Ineco, forma parte del EU BIM Task Group. Un grupo formado por representantes de administraciones públicas europeas con el paraguas de la Comisión Europea y el objetivo de conseguir una alineación de los diferentes enfoques nacionales.

La alineación con Europa es un aspecto preferente para el Ministerio y presente en todas sus iniciativas. Se trata de contribuir a las directrices europeas sobre mercados únicos y habilitar a la industria nacional a competir en igualdad de oportunidades en Europa y en todo el mundo.

## 6 Conclusiones

La situación actual, es una mezcla de datos no muy positivos y otros enormemente esperanzadores.

Empezando por los primeros, el nivel de uso y conocimiento es aún bajo, lo que justifica en mayor medida la implicación de este Ministerio. Queda un largo camino por recorrer en el que todos los involucrados tenemos que superar nuestra propia curva de aprendizaje y aprender a sacar el máximo partido a fin de mejorar la eficiencia de la inversión pública

Los primeros pasos, a menudo parecen lentos; sin embargo hemos recorrido bastante camino en un periodo no muy largo de tiempo y estamos ganando velocidad en el último tramo.

El Gobierno de España comenzó y continúa apoyando la implantación de BIM en su compromiso continuo en la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en las inversiones públicas. ☎



## JORGE Torrico

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
Secretario Comisión es.BIM



## JULIO López

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
Coordinador del Grupo  
de Trabajo 1 de es.BIM

# La Comisión es.BIM

## El Catalizador en la introducción de la metodología BIM

### RESUMEN

La introducción de una nueva metodología de trabajo en un sector muy maduro necesita una acción centralizada, impulsada desde la Administración, que permita poner en común las diferentes visiones dentro de la industria de la construcción y las ponga al servicio de una estrategia que fomente la eficiencia y la calidad aprovechando el creciente desarrollo tecnológico, especialmente, en lo relacionado con la obtención y gestión de la información digital.

La transformación digital afecta a todos los sectores industriales siendo ya un hecho en alguno de ellos. Esta transformación permite abordar retos que parecían impensables hace algunos años, hacia una mayor industrialización de la construcción y el empleo de las ventajas del prototipado y de la gestión masiva de la información obtenida desde muy diferentes fuentes.

La Comisión es.BIM tiene como objeto servir de catalizador en este proceso de adopción, como elemento facilitador, generando condiciones más favorables para su empleo en el ámbito de la creación de un marco común, contribuyendo a la difusión y apoyando a la Administración Pública a su materialización.

### PALABRAS CLAVE

Implementación, BIM, transformación digital

### ABSTRACT

*The introduction of a new work methodology in a very mature sector needs a centralized action, promoted by the Administration, that allows to share different visions within the construction industry. Those visions must work for a strategy that promotes efficiency and quality, taking advantage of the growing technological development, especially*

*in relation to obtaining and managing digital information.*

*The digital transformation impacts on all industrial sectors and it is already a fact in some of them. This transformation allows addressing challenges, that appeared unthinkable a few years ago, towards a greater industrialization of construction and the use of the advantages of prototyping and the massive management of information obtained from very different sources.*

*The BIM Commission aims to serve as a catalyst in this adoption process, as a facilitating element, generating more favorable conditions for its use, creating a common framework, contributing to dissemination and supporting the Public Administration to its materialization.*

### KEYWORDS

*Implementation, BIM, digital transformation*



### ¿Por qué una Comisión?

A diferencia de otras metodologías basadas en la mejora de la producción, el empleo de la metodología BIM alcanza su mayor impacto con la participación de todos los agentes involucrados en el proceso de construcción y gestión de activos. Este proceso involucra a muy distintos agentes: clientes, gestores, diseñadores, constructores, etc. Cada uno de estos agentes interviene en distintos momentos y con roles diferentes. Esto significa que la utilización de la metodología de forma individual por parte de alguno de los agentes la hace mucho menos eficaz incluso podría ser, bajo ciertas circunstancias, onerosa. Por ello, la decisión de implementar BIM no puede ser aislada en una organización y requiere, al menos, simultaneidad y masa crítica.

La adopción de una metodología, la forma en la que se desarrolla un trabajo, rescata un viejo debate acerca de sobre qué se debe poner el foco a fin de conseguir una mayor calidad, mayor productividad y más eficiencia. Habitualmente, se pone el foco sobre el producto, prestando menor atención a cómo se llega al mismo. Esta estrategia puede resultar muy eficiente para procesos en los que el producto está muy definido desde el origen y el proceso de toma de decisiones está muy acotado. En el proceso en la construcción, a diferencia, el producto final no está tan definido en el origen y los procesos de toma de decisiones son largos e, incluso, se producen en fases muy avanzadas, no ya sólo del diseño y la construcción, si no en fase de explotación y mantenimiento. Ello conduce a dar una mayor importancia a la metodología, a la forma de llegar al producto. La decisión por parte del promotor o

cliente de introducir la metodología BIM se encuentra con una incertidumbre inicial: ¿será el sector capaz de acometer este trabajo, existirá concurrencia suficiente? Esta incertidumbre es lógica y responde a otra duda en el sector: ¿debería adoptar BIM antes de que mis clientes lo estén solicitando? Esta doble incertidumbre alimenta un círculo vicioso que afecta tanto a la demanda como a la oferta.

Es por ello necesario un movimiento conjunto y lo más acompasado posible para poder romper este círculo y permitir la evolución tanto en la oferta como en la demanda hacia una mayor digitalización y colaboración entre agentes. Este movimiento requiere un liderazgo claro, que establezca las metas, tanto a corto como largo plazo.

Por otra parte y aunque la metodología está más desarrollada en el espacio del Norte de Europa, requiere una adaptación a los procesos normativos, legislativos y culturales que predominan en nuestro país, no siendo viable una mera traducción o adopción de la terminología anglosajona.



El empleo de BIM por parte de algunos agentes del sector, fundamentalmente en el ámbito del proyecto, también estaba generando una cierta fragmentación, pues se estaban produciendo distintos enfoques en un uso de BIM orientado a facilitar la obtención de entregables convencionales, en su mayor parte planos, o a ayudar a la visualización del proyecto. A ello se le une un bajísimo nivel de demanda por parte de los promotores, ya sea públicos o privados.

A nivel internacional también existe una cierta fragmentación en cuanto al empleo de BIM, algo a lo que se han tenido que enfrentar nuestras empresas más internacionalizadas, teniendo que adaptar sus procesos a diferentes requisitos BIM en diferentes países o para diferentes clientes.

En este contexto se gesta la creación de una Comisión que permita un proceso de transformación más homogéneo y más coordinado.

### **Características**

El liderazgo público es una de las características comunes de las distintas iniciativas de implantación o implementación nacionales en el ámbito europeo. Así iniciativas como la británica, francesa, alemana o italiana viene marcadas por un liderazgo público más o menos fuerte.

Es en este contexto, en el que el Ministerio de Fomento, a través de la Subsecretaría, adopta un papel fundamental adquiriendo la responsabilidad de afrontar el reto de la digitalización y modernización del sector de la construcción a través de la universalización del empleo del BIM. Es su doble condición como promotor y gestor de infraestructuras, así como, órgano regulador, lo que lo convierte en la instancia más adecuada para asumir este liderazgo.

El liderazgo público conlleva la necesidad de definir una visión y establecer unos objetivos, describir el valor de BIM para el propio sector público y crear un equipo encargado de la ejecución del plan.

En cuanto a la visión, está comprometida con aumentar la productividad del sector de la construcción y reducir los costes de las infraestructuras a lo largo de todo su ciclo de vida, mejorando el

posicionamiento de la industria nacional y aumentando la transparencia en los procesos público. Se trata, en definitiva, de mejorar la eficiencia a través de la digitalización, la incorporación tecnológica y la optimización de procesos.

Para abordar este reto, es necesaria una amplia participación del sector en general, que amplíe el espectro de visión y las posibilidades de empleo hacia la máxima eficiencia.

La iniciativa española responde a una doble estrategia:

- Top-down: una estrategia que enfatiza la normalización, estandarización y planificación a través del establecimiento de requisitos

- Bottom-up: énfasis en la práctica, en la realización de proyectos piloto, en las buenas prácticas de trabajos ya realizados

Este doble enfoque pretende enriquecer la visión global y el proceso de adopción fomentando una mayor participación.

Ambos enfoques son necesarios, sin el liderazgo público es probable que el sector prosiguiese con un nivel y velocidad de adopción bajos y con un reparto muy desigual, lo que limitaría las oportunidades de conseguir una mejora significativa de la productividad y la rentabilidad. Así mismo, y especialmente, en el ámbito de las infraestructuras, las administraciones públicas son los principales promotores y generadores de demanda: la "contratación BIM", en definitiva, la generación de demanda, es el más eficaz instrumento de transformación siempre que se lleve a cabo de una forma consistente con la madurez del Sector.

Como se menciona anteriormente otro aspecto esencial es la amplia participación con representación de todo el sector. Se trata de involucrar al mayor número de agentes posible, ya que de una u otra forma, todos ellos juegan un papel relevante, desde el ámbito de la educación universitaria, los colegios profesionales, las asociaciones empresariales así como los promotores públicos.

Como tercer pilar se establece la participación abierta a todos los agentes del sector para su participación en los distin-





Organismos e instituciones

tos grupos de trabajo, que alcanzó más de 400 profesionales.

El último de los pilares es la progresividad en la adopción: el sector debe transformarse permitiendo la adaptación de todos sus integrantes, especialmente pequeñas empresas y administraciones. El BIM no tiene una receta única de aplicación general si no que se establece como un conjunto de elementos que hay que adaptar

Por ello se definen requisitos para distintas fases, requisitos que crecen en ambición y un empleo más generalizado. La secuencia se establece en dos fases:

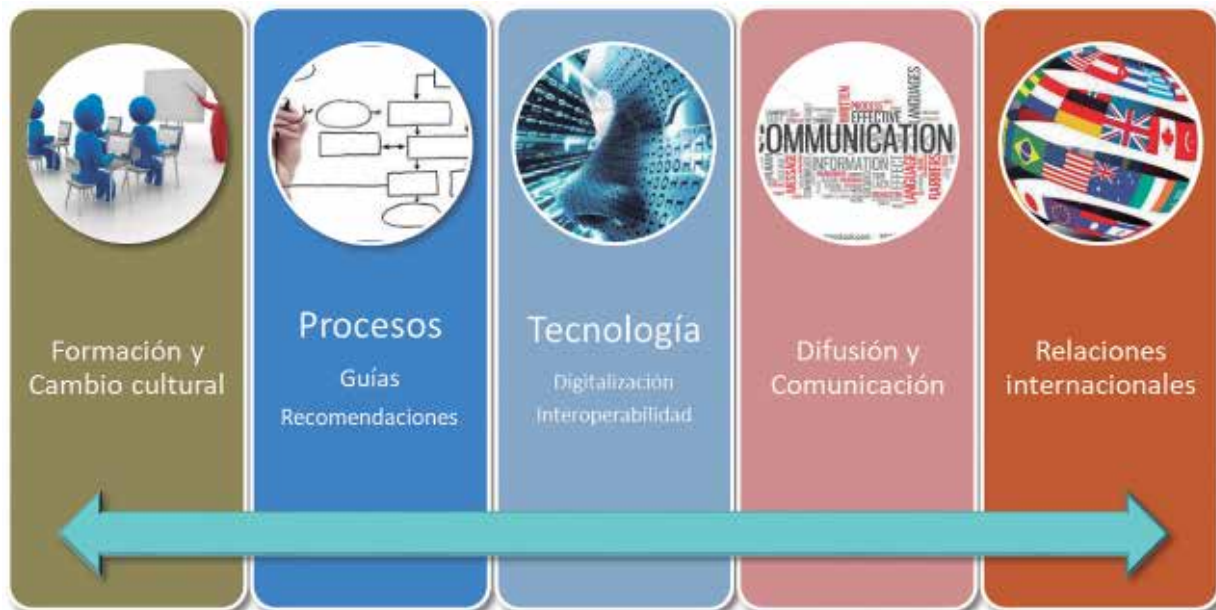
- Requisitos asociados a los usos prioritarios: visualización, coordinación, obtención de documentación, simulación constructiva y seguimiento de obra, generación de datos para sistemas de gestión de mantenimiento
- Requisitos asociados a otros usos: colaboración a través de entornos co-

munes, otras simulaciones, seguridad y salud, fabricación digital

Los primeros están asociados a la obtención de parte de la documentación a partir de los modelos de información a fin de obtener una mayor coherencia entre documentos, los segundos están más relacionados con la gestión de la información y su transmisión.

Los ejes estratégicos, como corresponde a una iniciativa tan transversal, trascienden de lo meramente tecnológico para tener una base más centrada en las personas y los procesos, y con un amplio enfoque hacia la comunicación tanto interior como hacia fuera de nuestras fronteras. Por ello, se trabaja en estos cinco grandes ejes estratégicos:

- Formación y cambio cultural
- Procesos
- Tecnología
- Difusión y comunicación
- Relaciones Internacionales



Desde el inicio adquirió mucho peso la labor de difusión, de comunicación de la visión y de las ventajas que se pueden obtener del empleo de esta metodología. El nivel de conocimiento era muy bajo y aún, hoy, tres años después todavía persisten algunos de los mitos originales: "el BIM como un *software*, el sustituto del CAD...".

Sin duda queda trabajo por hacer; pero estamos ya en la fase de enseñar y aprender, haciendo, a través de proyectos piloto, en cualquiera de sus fases, que permitan ir estableciendo ajustes al empleo de la metodología en función de las necesidades de los clientes y las capacidades del sector.

Los proyectos piloto junto con la intensificación de la licitación pública son dos de los elementos claves en la mejora de la capacidad de la industria en su conjunto, elementos a los que cabría añadir la formación como tercer aspecto clave. Desde la Comisión se está promoviendo esta intensificación de la demanda, en definitiva, el incremento de licitaciones con requisitos BIM, asesorando a clientes públicos acerca de cómo abordar estos procesos

#### **Alineación con Europa**

La adopción de una metodología de origen anglosajón requiere adaptaciones hacia la cultura y el marco legal espa-

ñoles. Estas adaptaciones deben ser lo suficientemente profundas como para que se pueda emplear en España de forma coherente; pero que no den lugar a un BIM nacional que genere barreras artificiosas y que vaya en contra de las directrices europeas en cuanto a la creación de un Mercado Único Digital. La alineación con los países de nuestro entorno es un aspecto primordial, así como la adopción de los estándares europeos que, sobre BIM, se vayan creando.

Esta alineación con Europa se está llevando en una doble vía:

- Participación en el grupo de cliente público EU BIM Task Group
- Participación en los Comités Europeos de Normalización CEN TC-442

De forma paralela se mantienen contactos con homólogos de UK, Francia, Alemania e Italia a fin de abordar enfoques comunes.

#### **Los grupos de trabajo**

Otro de los objetivos de la comisión es la generación de un marco colaborativo que permitiera evaluar los obstáculos jurídicos, normativos y barreras de contratación, el desarrollo de normas, recomendaciones y herramientas que faciliten la incorporación de las empresas y

las administraciones públicas al empleo de BIM.

En este contexto, en el otoño de 2015, se establecieron cinco grupos de trabajo, alineados con los ejes estratégicos de la iniciativa, y dentro de cada uno de ellos, se crearon subgrupos de trabajo encargados del desarrollo de documentos específicos. Se han definido 24 documentos específicos que se pueden agrupar en:

- Documentos de diagnóstico y análisis
- Planes
- Guías y recomendaciones
- Documentos técnicos

Hasta la fecha se han finalizado 10 de ellos y está prevista la finalización de otros 5 en los próximos días.

De forma periódica, se han venido celebrando diversas jornadas y encuentros entre los miembros de los subgrupos en colaboración con asociaciones o de forma individual, como la que se aprecia en la imagen celebrada en el Ministerio de Fomento el pasado mes de Noviembre de 2017.

### Los hitos

Cualquier plan debe constar de hitos y en este caso también los hay. La introducción de BIM es un proceso en marcha en todo nuestro entorno, tanto en Europa como en otros lugares en los que las empresas españolas ocupan una posición destacada. Por ello, era necesario acomodar el ritmo de transformación en España hacia las metas conseguidas en otros países disminuyendo el gap existente al inicio.

El plan definía una etapa de transición previa a la inclusión de requisitos BIM en los pliegos de los proyectos de edificación y obra civil. Dado el diferente nivel de madurez para ambas disciplinas, se consideró distinguir diferentes hitos para cada una de ellas.

Para esta etapa se recomendó la inclusión del empleo de BIM como una mejora, un aspecto adicional a valorar. En la siguiente fase, se prevé que el empleo progresivo de BIM forme parte de los criterios evaluables de acuerdo con la nueva Ley de Contratos del Sector Público que entró en vigor recientemente.

En las próximas fechas se establecerá el ámbito de aplicación para cada una de las dos disciplinas, es decir la tipología de proyectos sobre los que se requerirá el empleo de BIM, considerando que las actuaciones de menor dimensión quedarán excluidas en esta etapa inicial.

En cualquier caso, la exigencia de la metodología BIM en licitaciones públicas sólo constituye un punto de partida en una inclusión gradual muy alejado de algunas visiones apocalípticas.

### Conclusiones

Desde la Comisión se está ayudando a sentar las bases para la introducción de la metodología BIM en la licitación pública. Un esfuerzo que viene acompañado con el que se está realizando por parte del sector y de las propias administraciones públicas, con la puesta en marcha de planes de implantación específicos y el lanzamiento de “proyectos BIM”. Licitaciones con requisitos BIM que, en el actual nivel de madurez, se calificarían como proyectos piloto, y que contribuyen a lanzar un mensaje claro acerca de que éste es el camino, un camino que se está transitando a nivel global y que va formando parte cada vez más del “paisaje habitual”.

La colaboración y los procesos colaborativos forman parte de la esencia de la metodología BIM, y en consecuencia, también de este proceso de transformación, en el que es necesario la aportación de todos los agentes. 🌐



# Hacia un enfoque unificado de la digitalización en Europa

ADAM  
**Mathews**

Chairman del EU BIM  
Task Group



## RESUMEN

La inversión pública europea en infraestructuras está sometida cada vez a una mayor exigencia en cuanto a su eficiencia y sostenibilidad. AL baja digitalización de la industria de la construcción lastra su productividad. En este contexto el empleo de la metodología BIM juega un papel importante, un papel que será tanto más importante cuanto más homogéneo sea su desarrollo en Europa, fomentando la competencia y siguiendo las directrices marcadas por la Comisión Europea.

## PALABRAS CLAVE

Digitalización, Comisión Europea, BIM

## ABSTRACT

*European public investment in infrastructures is increasingly subject to greater demands in terms of efficiency and sustainability. The low level of digitization in the construction industry hampers its productivity. In this context, the use of the BIM methodology plays an important role, a role that will be the more important the more homogeneous development in Europe, fostering competitiveness and following the guidelines set by the European Commission.*

## KEYWORDS

Digitalization, European Commission, BIM

## Introducción

Europa es ahora el anfitrión de la mayor concentración regional de Planes BIM liderados por gobiernos en el mundo. Finlandia y Noruega fueron los primeros en establecer estándares, seguidos por políticas de contratación del Reino Unido, Países Bajos e Italia; y más recientemente, iniciativas públicas y de la industria en Francia, Alemania y España. La Comisión Europea, respaldó la metodología BIM como un habilitador para la redacción de proyectos y construcción de obras públicas fomentando su uso en la Directiva sobre Contratación Pública de la Unión Europea de 2014.

En este contexto, nació el Grupo de Trabajo BIM de la UE (EU BIM Task Group), cofinanciado por la Comisión Europea, para unir las diversas iniciativas nacionales en un enfoque europeo común y alineado para desarrollar un sector de la construcción digital líder a nivel mundial.

Esta inusual colaboración pública entre administraciones genera varias preguntas:

- ¿Por qué están los gobiernos y las organizaciones del sector público tomando el papel del liderazgo para fomentar BIM y, más ampliamente, la digitalización de la industria?

- ¿Cuál es la propuesta de valor para la colaboración y la alineación de todos los estados miembros europeos?

- ¿Cómo podría esta alineación afectar al sector de la construcción europeo y a los mercados globales?

Antes de centrarnos en el interés de los gobiernos en BIM, cabría preguntarse qué significa BIM para las autoridades públicas en Europa. BIM (Building Information Modelling) puede considerarse como una 'construcción digital'. Combina el uso del modelado digital 3D con información de activos y proyectos para mejorar la colaboración, la coordinación y la toma de decisiones a la hora de diseñar, construir y operar activos públicos. Es un enfoque en la construcción basado en la tecnología que hace lo complejo más comprensible y los resultados más predecibles.

## ¿Por qué están los gobiernos fomentando BIM?

El sector público europeo está afrontando tres tendencias claves en estos últimos años. En primer lugar, gobiernos y agencias públicas de toda Europa se están adaptando a convivir con una mayor presión sobre el gasto público, debido a la creciente importancia de cuestiones tales como soportar el coste de una población que envejece, un bienestar social en aumento y preocupaciones de deuda nacional. Estos problemas están lejos de ser únicos: los gobiernos de todo el mundo se están enfrentando a estas mismas restricciones presupuestarias.

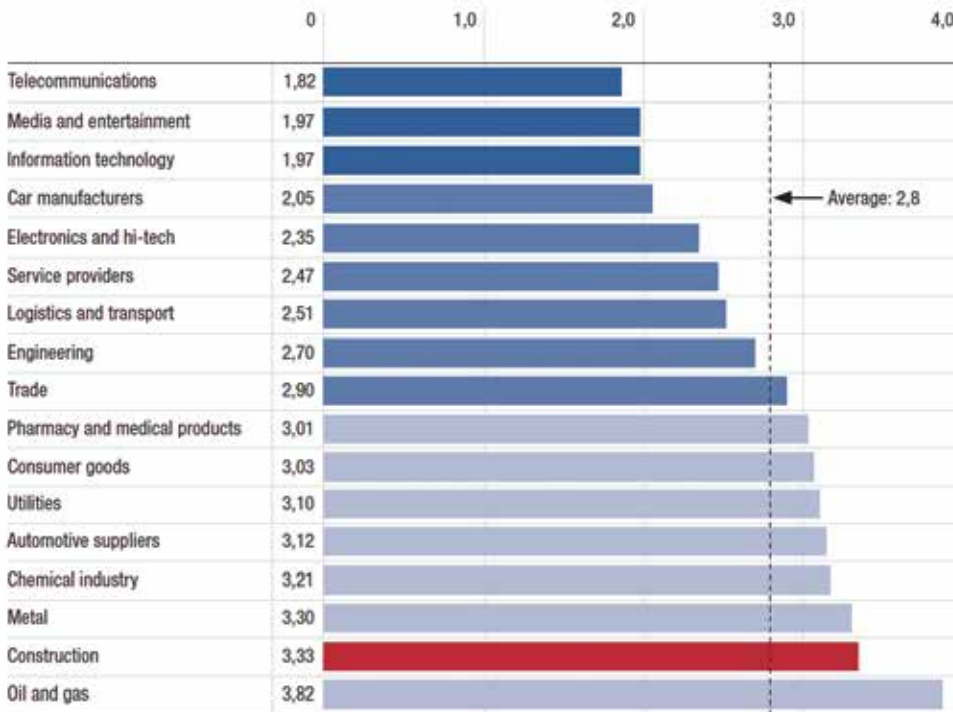
En segundo lugar, a pesar de los desafíos fiscales, los gobiernos aún necesitan construir y financiar infraestructura nacional para asegurar el futuro. El desarrollo de las infraestructuras afecta de una manera profunda a las perspectivas de una región o de un país ya que una red de infraestructuras inadecuada o insuficiente limita las posibilidades de crecimiento o de inversión. Claramente, la opción de 'no hacer nada' no es una opción atractiva para los estados.

En tercer lugar, el aumento de la regulación e el impulso de la legislación para reducir el consumo de recursos naturales, incluidos los combustibles fósiles, está creando una fuerte necesidad de que los licitadores públicos encuentren nuevas formas de abordar este enigma trilateral: gastar con cautela, construir más y construir en base a un estándar de superior calidad y más sostenible.

El sector de la construcción tiene la promesa de una contribución significativa para estos tres desafíos.

El sector representa una porción significativa de los presupuestos nacionales; por lo tanto, es de interés para las agencias gubernamentales el extraer un mayor valor al dinero invertido. Además, el entorno construido está ampliamente reconocido como uno de los mayores consumidores de recursos naturales y como uno de los mayores productores de emisiones de carbono. Representa aproximadamente el 40% del consumo anual de recursos a nivel mundial, y emite aproximadamente la misma proporción de carbono.

## Under-investment in technology



El sector, con razón, tiene un interés propio en mantener y atraer flujos de capital de inversión de los sectores público y privado para continuar con los planes de infraestructura pública; por lo tanto, está motivado a resolver los desafíos que plantea el poder 'construir más por lo mismo o por menos' y en base a estándares sostenibles.

Además de la clara oportunidad que tiene el sector para atender a los requisitos públicos, está lastrado con tasas de productividad obstinadamente bajas (y en caída) y un alto nivel de ineficiencia. La Oficina Nacional de Auditoría del Reino Unido (\* Modernizing Construction [2001]) estima que el 30% de los costes de construcción se desperdician en actividades no productivas. Esta cifra se evidencia en el mercado global de la construcción: no es un problema exclusivamente británico o europeo.

The Economist (en su informe "Replanteamiento de la productividad en la industria de la construcción") culpa, en parte, de esta baja en productividad a la falta de coordinación entre los numerosos y fragmentados agentes del sector. La gestión inadecuada de la información también se identifica como una de las principales causas del insostenible desarrollo del sector.

El Estudio Top 500 2014 de Accenture coloca la construcción en la parte inferior de la tabla en cuanto a la adoptar e inversión en tecnología. Esta posición humilde contrasta marcadamente con el uso y el avance de la tecnología en otros sectores tradicionalmente intensivos en mano de obra, como la fabricación, la venta minorista y la industria aeroespacial, donde las tasas de productividad han aumentado en los últimos años coincidiendo con este avance.

## Rapidly evolving national digital programmes



Germany		Norway	
Finland		Spain	
France		UK	
Netherlands		Denmark	

El mensaje es claro: la convergencia de lo “digital” con la construcción mantiene el objetivo de obtener más de los presupuestos públicos mediante el aumento de la productividad y la obtención de un entorno construido más sostenible. BIM proporciona una mayor claridad y certidumbre en la redacción del proyecto, lo que ayuda a minimizar los excesos en costes y mejorar la entrega a tiempo de proyectos públicos, lo que ayuda a abordar la restricción de los presupuestos públicos.

Como sistema de apoyo para la toma de decisiones, BIM puede actuar como una poderosa herramienta para abordar los desafíos de la sostenibilidad; ayuda a optimizar la eficiencia energética y de recursos; y puede desempeñar un papel habilitador en la agenda de economía circular en constante evolución. Estas son políticas clave de sostenibilidad para los gobiernos europeos y los licitadores públicos.

Dado el gran valor de BIM para la agenda pública y la inversión sistémica en tecnología del sector, no sorprende que los gobiernos consideren que el sector está muy retrasado y necesite una actualización. Los gobiernos están reconociendo que la legislación y la contratación pública pueden actuar como un catalizador para esta transición digital en un sector fragmentado y diverso.

### ¿Por qué colaboran las agencias públicas?

En los últimos cuatro años, una oleada de iniciativas BIM gubernamentales y de programas digitales se han lanzado en Europa. El argumento sobre si los gobiernos pueden benefi-



Co-funded  
by the  
European Union

ciarse de BIM y ayudar a liderar la transición digital del sector está bien respondido: es beneficioso y se puede liderar.

Con múltiples países iniciando programas digitales, la posibilidad de fragmentación y el proteccionismo a través de enfoques nacionales constituye un riesgo evidente. Este escenario podría levantar barreras a la libre competencia en el mercado único europeo. ¿Queríamos ver a un ingeniero francés, español, alemán o británico tener que volver a formarse, volver a aplicar herramientas y reinvertir en un intento por trabajar más allá de sus fronteras cumpliendo con los 'requisitos BIM' específicos de los estados miembros? Los gobiernos quieren aumentar la productividad y reducir los costes del sector de la construcción - no añadir una carga de costes en conformidad con los métodos específicos de un país.

¿Cuáles son los beneficios de la colaboración transfronteriza? En lo positivo, una puesta en común y una identificación de las prácticas comunes pueden reducir el coste individual de cada estado miembro para desarrollar una legislación y unas estrategias de digitalización propias. Por lo tanto, aprender unos de los otros reducirá el retrabajo, la ineficiencia y acelerará la digitalización, aumentando los beneficios compartidos.

La colaboración entre estados proporciona veracidad y solidez a los distintos planes nacionales, que a su vez, aumentan la probabilidad de implementar con éxito políticas de impacto en sus respectivos sectores. Además, es más probable que los niveles de adopción dentro de los estados miembros sean mayores cuando existe un efecto regional "competitivo". Por ejemplo, un ingeniero, un arquitecto o un contratista no querrá quedarse por detrás del nivel de capacidad de un país vecino que sí está 'preparado para BIM' en un estado de desventaja competitiva evidente. En este caso, si se introduce una legislación BIM unificada, será más probable que las industrias nacionales se inclinen por la inversión y la formación en mayor medida que si existiesen diferentes enfoques.

Para hacer esta visión de un enfoque común BIM una realidad, el Grupo de Trabajo BIM de la UE ha puesto en común a diversas iniciativas nacionales para lograr una alineación común en el uso de BIM en obras públicas de Europa. El Grupo está compuesto por clientes y promotores públicos, así como legisladores y asesores de la industria europea.

La visión del Grupo es aumentar el valor de la inversión pública en la generación y explotación de activos públicos para mejorar su rendimiento en todo el ciclo de vida y fomentar un sector de construcción digital, abierto y competitivo.





La Comisión Europea apoya esta visión como parte de un ambicioso y más amplio plan de mejora de la competitividad del sector de la construcción, especialmente de las PYMEs, y las pertinentes acciones políticas para digitalizar el sector.

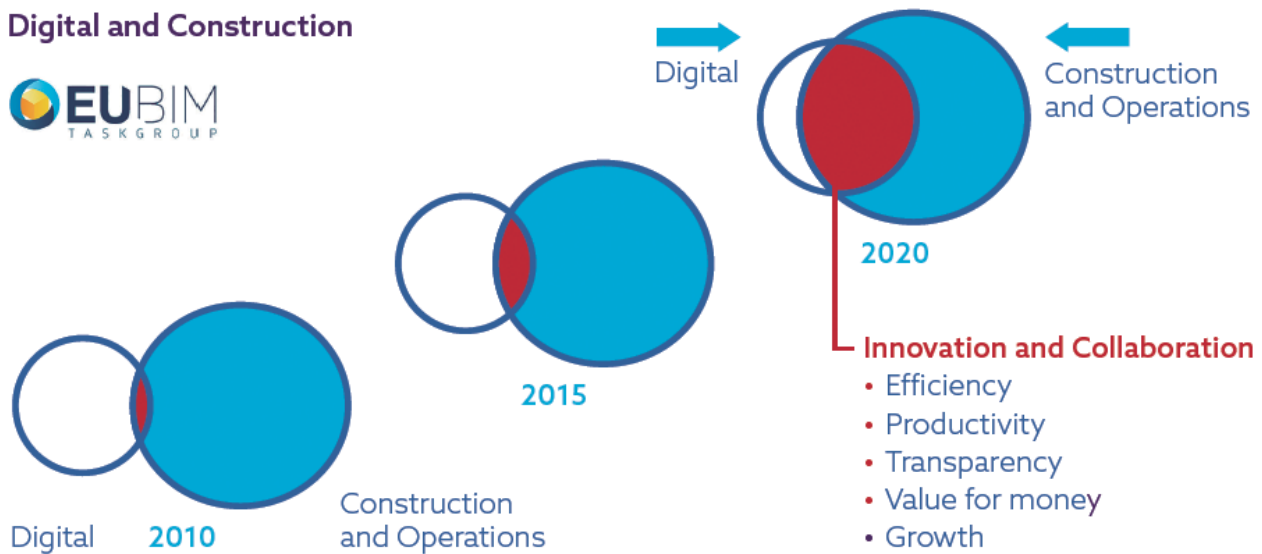
El Grupo de Trabajo tiene como objetivo normalizar el uso y la especificación de BIM por parte de los clientes públicos y legisladores europeos para obtener beneficios compartidos en el ámbito público europeo y en el sector de la construcción. Para lograr esto, ha desarrollado un manual que describe las prácticas comunes y los principios para 'europeizar BIM'.

El manual describe estas prácticas principios comunes relativos a tres áreas:

- Procedimientos de contratación para la licitación.
- Consideraciones técnicas para la recopilación, el procesamiento y el uso de la información digital.
- Identificación de roles y capacidades necesarias para la introducción de BIM.

El EU BIM Task Group celebró su primera reunión oficial en Bruselas el 19 de enero de 2016. Su objetivo en estos dos años ha consistido en transmitir los beneficios de esta metodología para lograr -junto con el apoyo de la industria privada- la transformación digital en el sector de la construcción pública europea. Desde su creación se han ido incorporando nuevos estados hasta llegar a una cifra de 22 miembros a los que se añadirían las Instituciones europeas: Parlamento y Comisión.





El Manual para la Introducción de la metodología BIM por parte del sector Público europeo, fruto del trabajo de estos dos años, fue presentado en Bruselas en Junio del año pasado.

### ¿Cómo afectará al futuro de la industria este 'EU BIM' unificado?

Suponiendo que la digitalización a nivel nacional seguirá creciendo y contando con una adopción de BIM en toda Europa alineada, sería razonable esperar que la industria de la construcción ganase puestos en la tabla de Accenture sobre adopción digital. Dado que un número de planes nacionales están estableciendo un objetivo entre 2016 y 2020, dentro de cinco años podemos esperar que una proporción significativa de la industria europea pase de 'ingenuos digitales' a 'nativos digitales'.

Pero la digitalización es un medio para alcanzar un fin y no un fin en sí mismo.

El beneficio para la comunidad pública será una mayor productividad, lo que resultará en una mayor producción por el mismo gasto; mejor calidad de los activos públicos que lideran hacia la producción de bienes sociales y medio ambientales, tales como efectos sociales mejorados en hospitales, escuelas e infraestructuras; y elecciones más sostenibles en las demandas de energía de operaciones y costes de carbono. En relación al problema trilateral europeo sobre los presupuestos apretados, la necesidad de una infraestructura pública y de decisiones sostenibles es el premio para el sector público en el 'entorno construido'.

Esta creciente convergencia digital (ver diagrama de arriba) presentará oportunidades y retos para el sector privado. Como se ha ido viendo ya en los primeros países que lo han adoptado, la competencia en toda Europa por la cualificación digital de los profesionales es probable que continúe aumentando. Una competencia para mejorar y actualizar las habilidades y desarrollar nuevos servicios serán difíciles para

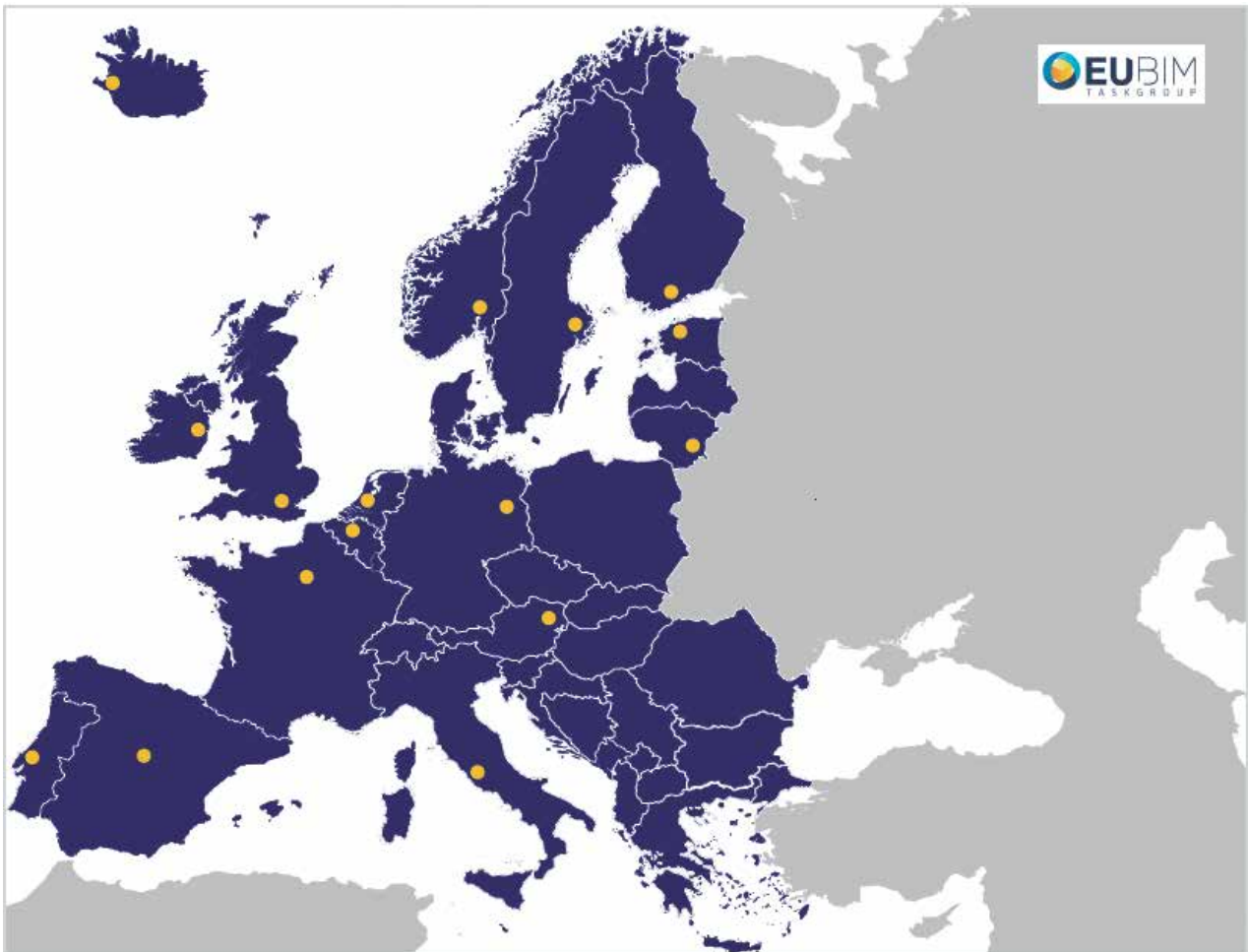
unos mientras que otros avanzan en un proceso de libre mercado inevitablemente desordenado e impredecible.

Un centro europeo de excelencia en construcción digital copará inevitablemente los mercados internacionales, como ya vimos en Oriente Medio y Asia, donde los clientes están exigiendo entregables digitales como estándares contractuales.

La digitalización está preparada para convertirse en el lenguaje global para diseñar, construir y operar el entorno construido en todo el mundo. Creará nuevas oportunidades de crecimiento en los mercados internacionales, superando los niveles del mercado interno europeo durante la próxima década.

BIM se ha convertido en la forma de garantizar el intercambio de información digital y de introducir mejores formas de trabajo en este nuevo orden mundial de construcción digital basado en la creación y gestión de la información para alcanzar el mayor beneficio posible.

Trabajando hacia un enfoque europeo unificado en la construcción digital podemos aumentar el tamaño del sector y la posición de Europa para competir y liderar el mercado global. 🌐



# El proyecto y la construcción antes y después de BIM

JESÚS  
Gómez  
Hermoso

Dr. Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Madrid



## RESUMEN

En este documento se recogen algunos aspectos relacionados con la comparación entre sistemas tradicionales de desarrollo de proyectos y la metodología BIM. Por una parte, se indican los aspectos de proyectos complejos que se recogían con sistemas tradicionales, por otra, se indica el tratamiento de éstos con BIM y, finalmente, se destacan las aportaciones cualitativas y diferenciadoras de este.

## PALABRAS CLAVE

BIM, dirección de proyectos, proyecto y construcción, metodología de proyectos

## ABSTRACT

*This document compares traditional method and BIM methodology to develop complex projects. On one side it indicates some complex project aspects that it makes with traditional systems; on another side it explains the treatment of this one by BIM, and, finally, it highlights the qualitative and differentiators contributions of this one.*

## KEYWORDS

*BIM, project management, design and built, project methods*

# 1

## Introducción

En los últimos años estamos viviendo una importante renovación en los sistemas de desarrollo de proyectos de ingeniería civil y edificación. Los procedimientos tradicionales están dando paso a los actuales, condicionados por unas circunstancias y potenciados por otras, ambas analizadas en este documento.

No es una novedad la internacionalización de la ingeniería y la construcción. Las grandes instituciones financieras de ámbito global (Fondo Monetario Internacional, Banco Mundial, Banco Europeo de Inversiones, Banco Iberoamericano de Inversiones, etc.) llevan décadas potenciando inversiones en infraestructuras. Quizá en España las habíamos olvidado parcialmente por la gran actividad interior desarrollada en los veinte años anteriores a la actual crisis, si bien nuestro país se ha visto beneficiado por algunas de las citadas inversiones. En cualquier caso, lo que sí es cierto es que el proceso de globalización que vive el mundo en las últimas décadas, también afecta a la ingeniería civil y a sus realizaciones. Ello está llevando al notable incremento que se está produciendo en la interrelación de empresas consultoras de ingeniería, empresas constructoras y empresas concesionarias de diversos países para su actuación en terceros estados.

También hemos de tener en cuenta otro elemento que potencia las posibilidades de nuevas metodologías de desarrollo de proyectos: la informática, tanto en el *hardware* como en el *software*, así como la capacidad de almacenamiento y gestión de datos.

Estos dos elementos, internacionalización y potenciación de los sistemas digitales, se encuentran en el origen de los cambios que se están produciendo. Y entre estos cambios y evolución aparece la metodología de proyectos que conocemos como *Building Information Modeling* (BIM) (figura 1).

Esta nueva metodología aporta unos grandes y trascendentes avances tec-

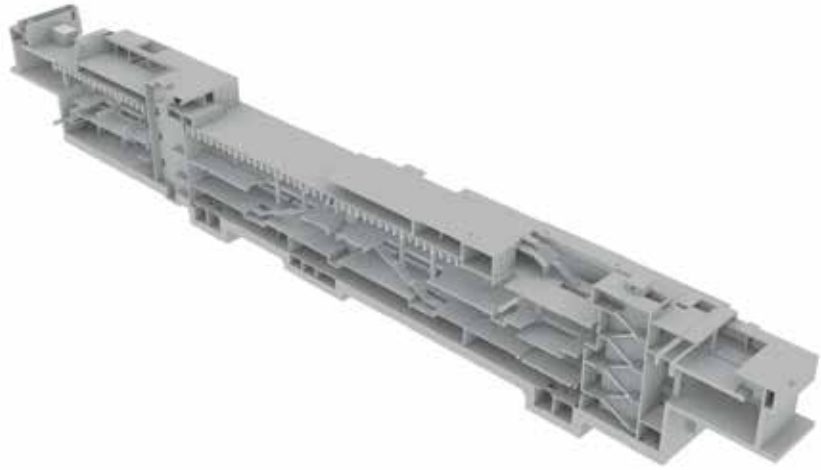


Fig. 1. Modelo BIM de estación subterránea de línea Metropolitana. Cortesía de CALTER Ingeniería

nológicos y operativos, pero no todo es nuevo. Tras treinta y cinco años de experiencia personal en el desarrollo de proyectos y su construcción, tanto en el área de la ingeniería civil como en el de la edificación, se puede afirmar que una parte importante de las actuaciones ya se realizaban sin este sistema; con otros métodos menos sofisticados o, quizá, menos eficientes, pero existían y permitían el desarrollo de buenos proyectos. Es uno de los objetivos de este documento mostrar lo que ya se hacía, lo que se hace nuevo y lo que se hacía, pero ahora se potencia e incrementa su eficacia y rendimiento.

# 2

## Desarrollo tradicional de proyectos

En algunos foros técnicos se ha escuchado estos últimos años que, gracias a esta nueva metodología (BIM), se han podido desarrollar los grandes proyectos. Esta afirmación, posiblemente, demuestra que quien la hace no conoce la historia de la ingeniería y la arquitectura, así como sus métodos de trabajo.

En España hemos disfrutado de importantes realizaciones en las últimas décadas: Exposición Universal de Sevilla (1992), Juegos Olímpicos de Barcelona (1992), Exposición Internacional de Zaragoza (2008),

infraestructuras portuarias, ferroviarias y aeroportuarias, desarrollo de la alta velocidad ferroviaria, extensión de la red de autovías y autopistas, grandes centros comerciales y de ocio, edificios de gran altura, etc. Sin embargo, siendo, como han sido, proyectos y construcciones muy complejos, en ninguno de ellos ha tenido protagonismo el sistema BIM, pudiendo afirmar que prácticamente en ninguno de ellos ha participado.

Por tanto, sin esta metodología de proyectos se pueden llevar a cabo grandes proyectos, pero con ella éstos se potencian más, tanto en su eficiencia como en su rendimiento y su rentabilidad.

Se pueden repasar algunos de los planteamientos que se presentan en los grandes proyectos (y también en los pequeños y medios, ¿por qué no?) y se podrá apreciar que con ellos ya contábamos anteriormente.

Cuando se comienza el desarrollo técnico de un proyecto, se debe dar por hecho que los objetivos finales de los promotores están claros y son concretos. Esto no siempre es real, pero es una premisa necesaria. De otra forma el citado desarrollo técnico se podría ver afectado de manera importante.

Con la premisa anterior superada, y entrando en los aspectos técnicos del proyecto, lo primero que deben fijarse son las bases generales del mismo (objetivos técnicos del proyecto, los responsables de cada sección y/o fase con sus funciones, atribuciones y responsabilidades, la normativa a emplear y la nomenclatura general, los sistemas de *hardware* y, sobre todo, *software* a utilizar, los criterios de representación gráfica, los niveles de definición en cada fase, la documentación a entregar en cada etapa, los formatos de dicha documentación, etc.). En algunos casos, si ello se encuentra así establecido desde sus comienzos, también se define la documentación y formato que contendrá el proyecto “*as built*”.

Todo esto no es nuevo y en los grandes proyectos así se realizaba antes de la aparición de la metodología BIM. Un ejemplo de ello, vivido por el autor

de forma muy directa, fue el desarrollo de la “Ingeniería de detalle de construcción” y la construcción de la Terminal T4 del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid Barajas, llevado a cabo entre los años 2000 y 2006. Con una sistemática de proyecto desarrollado para el mismo y considerando la necesaria entrega final del proyecto “*as built*”, se llevó a cabo un sistema de trabajo que permitió la construcción de este edificio de alta complejidad técnica en cinco años, pasando, como parámetro indicador, de los 2.300 planos del Proyecto de Construcción a los 26.000 planos de la citada “Ingeniería de Detalle de Construcción”.

En la actualidad, con la metodología BIM, todos estos sistemas se han potenciado y, sobre todo, sistematizado e internacionalizado. En lugar de idear un sistema en cada proyecto y obra singular (o convencional) o seguir los Sistemas de Calidad más frecuentes, éste se encuentra ya reconocido internacionalmente, pudiendo trabajar en un solo país, en distintos países o, incluso, ámbitos culturales diferentes, y compartiendo el desarrollo con agentes de variados orígenes. Es un gran avance que ya se estaba llevando a cabo con metodología derivada de la cultura PMP (*Project Management Program* o *Project Manager Professional*), pero que ahora se potencia con su integración en el desarrollo del proyecto técnico.

Las mayores exigencias de BIM nos lleva también a definiciones adicionales, como los formatos de intercambio de datos, las rutinas de colaboración o los registros de estado del modelo, todo ello integrado en el *BIM Execution Plan* (BEP), elemento fundamental para todos los agentes intervinientes y afectados por el proceso (*stakeholders*).

Otro aspecto importante de todo proyecto complejo es la concreción de los niveles de desarrollo del proyecto en cada una de sus fases (algo distinto al nivel de definición). En el ámbito español para resolver este aspecto es habitual recurrir a las definiciones de Anteproyecto, Proyecto Básico, Proyecto de Construcción y Proyecto “*as built*” y, en algunos casos, entre estos dos últimos, la Ingeniería de Detalle de

Construcción. En algunas de las especialidades recogidas en el proyecto (cimentación, estructuras, instalaciones, fachadas, acabados, etc.) podía haber una escala de desarrollo y definiciones para concretar aún más el alcance de cada uno de los documentos. Los citados alcances en función de los niveles se encontraban recogidos en algunos documentos oficiales, derivados de asociaciones técnicas o profesiones o, en cada proyecto, en el propio Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT).

Con BIM se unifican estos criterios de niveles de desarrollo en el LOD (*Level of Development*), que los recoge en cinco categorías reflejadas en la tabla 1. Estas categorías tienen su correspondencia aproximada en los tipos de proyecto calificados como tales en el ámbito nacional e internacional, sobre todo anglosajón, y que se aprecian en la tabla 2.

En el desarrollo de un proyecto, en su sentido más global, se tienen en cuenta aspectos relacionados con su presentación gráfica, la definición técnica, la medición y el presupuesto, las programaciones técnica y económica de la ejecución, la sostenibilidad medioambiental y el mantenimiento del edificio o infraestructura en servicio. Y todo ello siguiendo el Sistema de Calidad establecido o el procedimiento acordado para el desarrollo del proyecto. Esto se ha realizado tradicionalmente, antes de la existencia de la metodología BIM. Sin embargo, la aparición de ésta ha llevado a sistematizar los diversos servicios o campos de actuación ordenándolos en las siguientes denominaciones recogidas en la tabla 3.

Todos estos elementos y servicios se encuentran integrados en un proyecto tradicional. Por tanto, su existencia no supone ninguna aportación de la metodología BIM. Sin embargo, su interrelación sí; lo que analizaremos en otro apartado.

LOD	CONTENIDO GENERAL
100	Diseño conceptual (volumen, orientación y área)
200	Magnitudes aproximadas (tamaño, forma, localización y orientación)
300 / 350	Información y geometría precisa (nivel de detalle externo suficiente, mediciones precisas)
400	Detalles para fabricación y construcción (medición exacta)
500	<i>As built</i> (funciones de mantenimiento y funcionamiento de instalaciones)

Tabla 1. LOD. Contenido general

LOD	Proyecto España	Proyecto Internacional
100	Anteproyecto	<i>Concept Design</i>
200	Proyecto Básico	<i>Design Development</i>
300 / 350	Proyecto de Ejecución	<i>Documentation</i>
400	Obra (Ingeniería de Detalle de Construcción)	<i>Construction</i>
500	As built	<i>Facilities Management</i>

Tabla 2. LOD. Equivalencia en tipo de proyecto

SERVICIOS	DENOMINACIÓN	FUNCIÓN
3D	Modelo tridimensional	Representación gráfica
4D	Programación	Planificación técnica
5D	Control de costes	Planificación económica
6D	Sostenibilidad	Análisis energético
7D	Mantenimiento	<i>As built</i> e infraestructura en servicio

Tabla 3. Servicios integrados en el desarrollo BIM

### 3 Aportación de la metodología BIM en el desarrollo de los proyectos

Hasta aquí hemos podido revisar los distintos aspectos que se recogen en un proyecto, especialmente en proyectos de complejidad notable. Y hemos visto cómo BIM los asume e, incluso aporta un plus adicional, en ocasiones en el orden meramente cuantitativo. Sin embargo, ¿qué es lo que BIM aporta cualitativamente?

Básicamente aporta los siguientes aspectos:

- Crea un modelo del edificio o infraestructura proyectado.
- Integra e interrelaciona todos los documentos del proyecto.
- Crea una sistemática de acumulación de datos partiendo de los diseños iniciales y finalizando en el mantenimiento durante la vida útil.

En la creación de un modelo tridimensional lo realmente importante es el

“modelo” (figura 2). Ya se trabajaba antes con representaciones gráficas tridimensionales, que las aportaban bien los programas existentes. Sin embargo, la creación de un modelo supone un cambio de filosofía y de planteamiento del proyecto. En este modelo se recogen todos los parámetros del proyecto. En él, en cada uno de sus elementos, se acumulan todos los datos que se generan en su desarrollo.

La generación de la visión tridimensional es una consecuencia del modelo creado. A su vez, los planos también son elementos derivados de dicho modelo, a través de vistas que representan los alzados o plantas, o cortes que dan lugar a plantas o secciones. En cualquier caso, la generación de estos no es tan automática (al menos con muchos de los programas empleados) como pudiera esperarse. Supone un importante trabajo adicional para dejarlos disponibles para su uso en la construcción.

La integración y, sobre todo, interrelación de los diferentes elementos del proyecto permite una coherencia general que, a diferencia de metodologías anteriores, evita errores derivados de la generación de documentos como la



Fig. 2. Modelo tridimensional estación ferroviaria. Cortesía de CALTER Ingeniería



Memoria, los Anejos, los Planos, el Pliego y las Mediciones y Presupuestos por distintas vías, no siempre correctamente coordinadas. Esta frecuente fuente de incoherencias se ve ahora superada.

Esta integración permite la “detección de conflictos” (*“clash detection”*), evitando los encuentros en el espacio de elementos de distintas especialidades (estructuras e instalaciones principalmente). No debemos olvidar que en el proyecto citado anteriormente, la Terminal T4 del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid Barajas (como se ha realizado en tantos otros), hubo que llevar a cabo el control de posibles intersecciones entre estructuras (vigas descolgadas), instalaciones (eléctricas, especiales, mecánicas, fundamentalmente climatización) y el SATE (Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes), y se realizó siguiendo el sistema que aquí y ahora se denomina “tradicional”. La metodología BIM permite que esta intersección del trazado de estos sistemas del edificio se pueda realizar de una forma automática, más rápida y reduciendo la posibilidad de errores que, posteriormente, suponen importantes problemas en la fase de construcción.

El tercer aspecto a subrayar es la acumulación de datos e información sobre el modelo en las distintas fases del proyecto, desde su comienzo en el Anteproyecto (*“concept design”*) hasta su etapa final con el Proyecto “as built” y todos los sistemas de mantenimiento integrados para poder llevarlo correctamente (actualizable en cualquier momento) en la fase de servicio de la infraestructura.

Como es lógico, toda esta metodología se regirá en un “entorno de datos común” (CDE: *Common Data Environment*) que permite que tanto el BIM Manager, como el BIM Coordinador puedan realizar un correcto seguimiento del mismo.

Existirán también un modelo federado y unas copias de trabajo, unos mo-

delos vinculados, unos subproyectos y un modelo central y copias locales para poder trabajar desde distintos entornos y especialidades y, de forma permanente, estar comunicados para evitar las incoherencias producidas con otros sistemas.

Deberán tenerse en cuenta unos roles BIM (competencias y responsabilidades de los agentes intervinientes), unos estándares BIM, una nomenclatura BIM, unos flujos de trabajo, unos archivos de intercambio de información (IFC) para la aplicación de diversos programas especializados, etc. Todo un conjunto de procedimientos que permitirá un adecuado desarrollo de la metodología.

Todos estos aspectos, y muchos otros propios de BIM, son objeto de otros documentos más centrados en esta metodología y su sistemática de trabajo.

## 4 Conclusiones

Tras este contraste de los aspectos de un proyecto que se encuentra desarrollado con un sistema tradicional o con la metodología BIM, las principales conclusiones que se pueden extraer son las siguientes:

- Con los sistemas tradicionales se podían desarrollar complejos proyectos, siendo posible completar la totalidad de sus elementos de forma correcta.
- Con la metodología BIM se potencian estos mismos proyectos con mayor fiabilidad y generando documentos mejor coordinados.
- BIM permite, a través del modelo generado y la sucesiva incorporación de datos al mismo, acumular toda la información que el desarrollo del proyecto puede incorporar para un mejor servicio de la infraestructura durante su vida útil. ☺

## Únete a los más de 500 alumnos formados en Másteres BIM de EADIC

*Conviértete ya en un experto en BIM y disfruta del 25%\* de descuento automático a Colegiados gracias al Convenio EADIC – CICCIP en nuestra formación:*

### **MODALIDAD ONLINE**

*6ª Edición Máster BIM Management en Infraestructura e Ingeniería Civil*

*8ª Edición Máster en BIM Management  
(Sistemas Revit, Allplan, AECOsim y Archicad)*

### **MODALIDAD PRESENCIAL - MADRID**

*4ª Edición Máster BIM Management en Infraestructura e Ingeniería Civil*

*1ª Edición Máster BIM Management Internacional (Oficial de Autodesk)*

**Doble titulación :**



Universidad  
Rey Juan Carlos

# Te acompañamos para que seas BIM

*En EADIC fuimos pioneros en la formación en la aplicación de la metodología en proyectos de Obra Civil lanzando el primer Máster BIM Management en Infraestructura e Ingeniería Civil tanto en formato presencial como en formato online.*

*Desde 2017 contamos con centros oficiales Autodesk en España (Madrid), en Perú (Lima) y Colombia (Bogotá) donde impartimos cursos de Autodesk con Certificación Oficial Internacional.*

*Además ofrecemos certificados internacionales oficiales de todos los software de Bentley que impartimos en nuestra oferta formativa.*

*Todos los programas formativos que impartimos están reconocidos por la Agencia Certificadora Profesional ACP, para el acceso a la certificación profesional como BIM MANAGER.*

*Y a través de nuestra división CertificateBIM realizamos trabajos de consultoría, implantación y formación en metodología BIM. Nos adaptamos a las necesidades de cada empresa y aportamos soluciones de primer nivel.*

## FORMACIÓN TÉCNICA

*Presencial, online y blended*

## IMPLEMENTACIÓN BIM

*Capacitación / Implantación*

## CAPACITACIÓN

*in-company*

## CONSULTORÍA

*e-learning*

### Socios estratégicos:



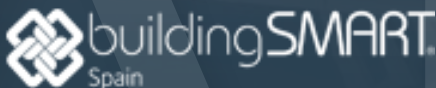
CertificateBIM es un proyecto de EADIC S.L.



Authorized Training Center  
Certification Center



AGENCIA DE  
CERTIFICACIÓN PROFESIONAL  
EDIFICACIÓN Y ARQUITECTURA



www.eadic.com  
info@eadic.com  
Telf.: +34 91 005 820

# Interoperabilidad

en el uso de la metodología BIM



FERNANDO  
**Blanco**

Presidente de buildingSMART  
Spanish Chapter



SERGIO  
**Muñoz**

Ingeniero de Telecomunicaciones  
Secretario de buildingSMART  
Spanish Chapter

## RESUMEN

La falta de interoperabilidad, entendida como la habilidad para comunicar e intercambiar información entre sistemas, supone una de las principales fuentes de errores e ineficiencias en los procesos constructivos. Con la adopción por parte del sector de la construcción de la metodología BIM, y por tanto el aumento de la colaboración en la creación y gestión del modelo digital, aparece la necesidad de mejorar la interoperabilidad entre agentes, procesos y aplicaciones SW.

La adopción de un lenguaje común y estandarizado permite alcanzar el máximo potencial de la metodología BIM. Por ello, las aplicaciones de SW han incorporado el estándar ISO 16789, denominado IFC, para poder conectar las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto.

## PALABRAS CLAVE

Interoperabilidad, estandarización, buildingSMART, openBIM, IFC

## ABSTRACT

*The lack of interoperability, understood as the ability to communicate and exchange information between systems, is one of the main sources of errors and inefficiencies in the construction processes. With the adoption by the construction sector of the BIM methodology, and therefore the increase in collaboration in the creation and management of the digital model, there is a need to improve the interoperability between agents, processes and SW tools.*

*The adoption of a common and standardized language allows reaching the maximum potential of the BIM methodology. For this reason, SW tools have incorporated the ISO 16789 standard, called IFC, in order to connect the different disciplines that intervene in a project.*

## KEYWORDS

*Interoperability, standardization, buildingSMART, openBIM, IFC*

# 1

## Concepto de Interoperabilidad

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) define interoperabilidad como la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada<sup>1</sup>.

Si bien el concepto de interoperabilidad va más allá de la tecnología y hace referencia a la habilidad de organizaciones y sistemas para interactuar compartiendo información y conocimiento mediante el intercambio de datos entre sus sistemas.

El concepto de interoperabilidad tiene especial relevancia en el ámbito de la administración electrónica, tal y como demuestra el Real Decreto 4/2010 que regula en España el Esquema Nacional de Interoperabilidad<sup>2</sup>. Este esquema establece el conjunto de criterios y recomendaciones que deberán ser tenidos en cuenta por las AA. PP. para la toma de decisiones tecnológicas que garanticen la interoperabilidad, incluido un lenguaje común que facilite la interacción entre AA. PP. y la industria.

# 2

## Interoperabilidad en el sector de la construcción: Necesidad y justificación

El sector de la Construcción presenta una serie de características que lo hacen muy particular respecto a otros sectores industriales:

- en cada fase del proceso constructivo intervienen numerosos participantes en múltiples disciplinas generando e intercambiando centenares de documentos y miles de datos;
- la ejecución de los proyectos constructivos se suele abordar de forma totalmente fragmentada, de modo

que cada empresa se concentra única y exclusivamente en desarrollar su actividad sin tener en cuenta las posibles interacciones con el resto de empresas participantes en el proyecto. Es lo que se denomina trabajar en silos;

- la globalización supone que en un proyecto constructivo puedan participar agentes procedentes de diferentes países, cada uno de ellos con su propia metodología y estilo, dado el bajo nivel de estandarización tanto en lo referente a la estructuración de la información como a la nomenclatura y semántica utilizada;
- cada empresa y/o participante en el proyecto utiliza las herramientas o aplicaciones de software que mejor se adaptan a sus necesidades: aplicaciones informáticas para cálculo de estructuras, cálculo de instalaciones, aplicaciones de diseño, de control de costes, de gestión, etc., y que pueden ser incompatibles con las del resto e incluso con las utilizadas por la administración pública.

Debido a esto, la gestión y la comunicación de la información que se genera durante el ciclo de vida de un proyecto constructivo tienen un gran impacto sobre la eficiencia en los procesos que intervienen.

Por ejemplo, el National Institute of Standards and Technology (NIST) estimó que los errores y deficiencias en la gestión y comunicación de la información en el sector de la construcción suponían unas pérdidas anuales de 15'8 billones de \$ (que representa un 4,25% sobre el valor del sector) en Estados Unidos<sup>3</sup>.

Algunos ejemplos de estos errores o deficiencias son la re-introducción de datos, la pérdida de información o la no disponibilidad de la última versión de la información teniendo en cuenta además que, el papel sigue siendo un soporte ampliamente utilizado. Esto contribuye a que el sector de la

construcción sea uno de los de menor productividad.

De ahí que surja la necesidad de mejorar la Interoperabilidad en el sector de la construcción para incrementar la productividad y eficiencia del mismo, entendiendo como interoperabilidad la habilidad para intercambiar información y hacer uso de la misma por parte de aplicaciones SW y los diferentes agentes a lo largo del proceso constructivo.

La metodología BIM (Building Information Modeling), entendida como metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto

de construcción mediante la centralización de la información del mismo en un modelo digital creado por todos sus agentes, está necesariamente vinculada al concepto de Interoperabilidad.

Los beneficios derivados de la Interoperabilidad en la metodología BIM son importantes:

- Proporciona un lenguaje común para un amplio abanico de procesos: diseño, análisis, auditoría, planificación, etc.
- Facilita la transparencia y los flujos de trabajo independientemente de las aplicaciones informáticas que utilicen, reduciendo errores y sus costes asociados.
- Facilita la digitalización y habilita el intercambio libre de información, permitiendo el acceso a mercados internacionales y siendo un aval frente a las administraciones públicas y a muchos clientes.

Fig. 1. La Torre de Babel, pintura de Pieter Brueghel el Viejo



### **3 Interoperabilidad y Estandarización en el sector de la construcción**

La estandarización o normalización tiene como objeto la elaboración de un acuerdo o convenio de una especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada.

Disponer de un lenguaje común y normalizado para el sector de la construcción es el primer paso para conseguir la ansiada interoperabilidad, pero eso implica poner de acuerdo a todos los agentes.

En 1995, doce importantes empresas con perfiles diferentes (diseño, ingeniería, construcción y desarrolladores de SW) establecieron una alianza cuyo principal objetivo era demostrar los beneficios que podían obtenerse si los diferentes agentes y aplicaciones

SW que intervienen en un proyecto constructivo hablaban el mismo idioma, afrontando de este modo el mito clásico de la Torre de Babel mediante la denominada interoperabilidad.

Esta alianza llegó a las siguientes conclusiones:

- La interoperabilidad era visible y podía tener un impacto económico positivo.
- Cualquier estándar que se desarrollara para permitir la interoperabilidad debía ser abierto e internacional.
- Esta alianza debía abrirse a todos aquellos interesados en formar parte de la misma a nivel internacional.

Esta alianza sirvió de germen para que un año más tarde, en Mayo de 1996 se creara en Londres la International Alliance for Interoperability (IAI) con representantes de Norte América, Europa y Asia. La IAI estaría conformada por capítulos (chapters) nacionales coordinados para el desarrollo de los estándares.

En 2008, la IAI cambió su nombre al de buildingSMART<sup>4</sup>, pero manteniendo sus principios de asociación neutral, internacional y sin ánimo de lucro, y su objetivo de estandarizar la información y los procesos del sector de la construcción bajo el nombre de OpenBIM. Esta asociación está representada en España por buildingSMART Spanish Chapter<sup>5</sup>.

La asociación buildingSMART ha alcanzado un acuerdo con los diferentes comités de normalización existentes sobre BIM, a nivel internacional con el comité ISO/TC 59/SC 13, a nivel Europeo el comité CEN/TC 442, y a nivel nacional con diversos comités, como es el caso del comité español de normalización UNE/CTN 41/SC 13, según el cual los estándares desarrollados por buildingSMART son adoptados por estos comités.

## 4 Estándares abiertos Vs formato propietario

Para lograr el máximo potencial de BIM, la industria necesita un mecanismo sólido para el intercambio de información digital, independientemente del paquete de software o plataforma BIM que se utilice.

Este intercambio de información puede realizarse mediante el uso de un formato propietario (de una empresa en particular) o, alternativamente, mediante el uso de formatos abiertos.

Optar por el uso de un formato propietario que disponga un cierto grado de dominio del mercado puede suponer una solución efectiva a corto plazo en el caso de que otros agentes en el equipo del proyecto estén utilizando las mismas herramientas. De este modo, se consigue que el equipo pueda acceder a la información con relativa facilidad.

Sin embargo, esta solución tiene una serie de desventajas a largo plazo, y es que el proveedor de dicho formato puede decidir cambiarlo, generando consecuentemente una pérdida de la información con el paso del tiempo.

La alternativa de utilizar un formato abierto (denominada openBIM), estandarizado y bien documentado, permite que el equipo de trabajo pueda utilizar herramientas SW de diferentes fabricantes, siempre y cuando sean capaces de leer y escribir en este formato abierto.

Un ejemplo de uso de formato abierto lo encontramos cuando enviamos un correo electrónico desde un iPhone a varios destinatarios. Dichos destinatarios, pueden leer el contenido de dicho correo mediante dispositivos diferentes y utilizando aplicaciones SW diferentes, como por ejemplo Microsoft Outlook, Google Gmail o Mozilla

Thunderbird. Esto es posible gracias a los estándares abiertos RFC 5322 y el Simple Mail Transfer Protocol (SMTP).

Además, hay que tener en cuenta que al ser un formato estandarizado, la información seguirá siendo accesible posteriormente (algo fundamental teniendo en cuenta ciclos de vida de al menos 50 años), como ocurre en el caso de los documentos de texto, donde el uso de un formato como es PDF (Portable Document Format) permite que el documento pueda ser consultado en el futuro sin pérdidas de información, alcanzando la Interoperabilidad temporal.

Precisamente estas ventajas que supone el uso de formatos abiertos han supuesto que desde las Administraciones Públicas, como clientes, se pueda exigir el uso de la metodología BIM, tal y como refleja la Directiva de Contratación Pública Europea 2014/24/UE<sup>6</sup> o su trasposición en España en la Ley de Contratación Pública 9/2017<sup>7</sup> en la que se indica lo siguiente: *“Para contratos públicos de obras, de concesión de obras, de servicios y concursos de proyectos, y en contratos mixtos que combinen elementos de los mismos,*

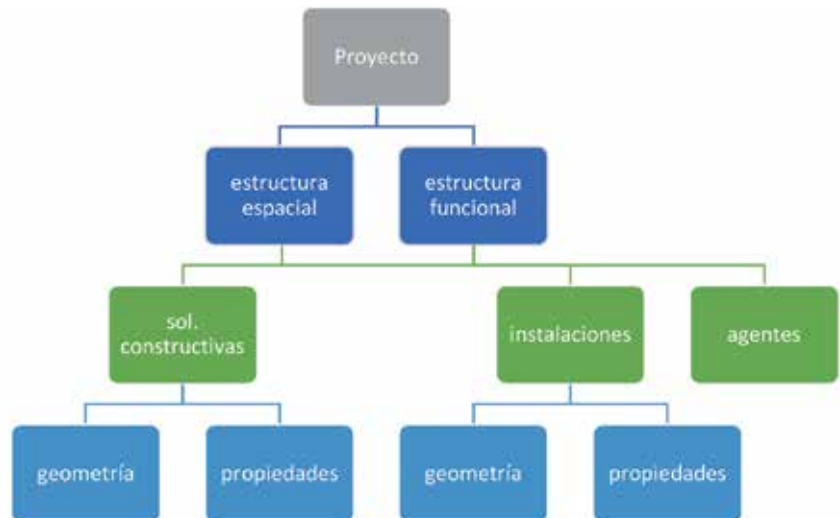
*los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la construcción (BIM) o herramientas similares”.*

## 5 Estándares abiertos BIM (openBIM): IFC

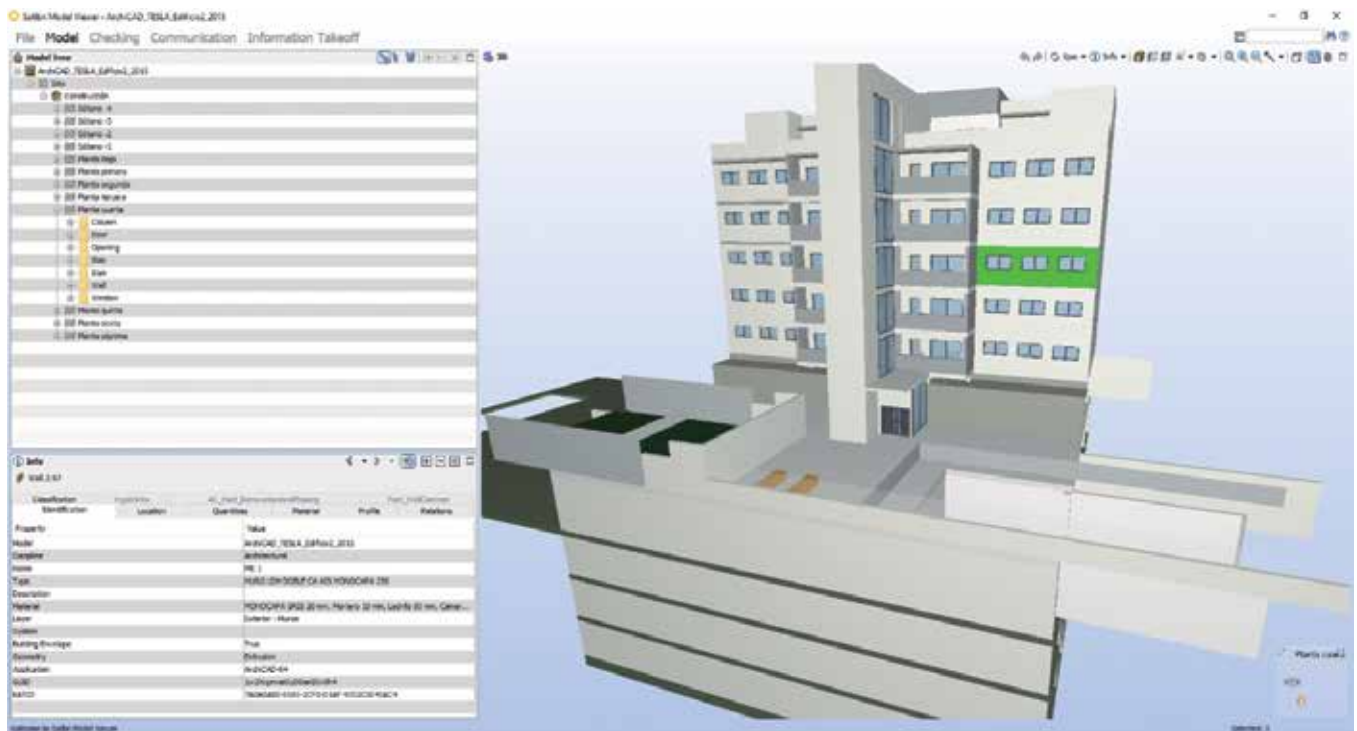
En el sector de la construcción existe un formato de datos estandarizado y abierto que permite describir, intercambiar y compartir información de proyectos constructivos entre aplicaciones SW.

Este formato, llamado IFC (Industry Foundation Classes) fue creado por buildingSMART a finales de los años 90 y registrado como estándar internacional por la International Standardisation Organisation en 2013 como ISO 16739<sup>8</sup> “Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries”. Posteriormente, este estándar ha sido adoptado como Euro-norma y está vigente en España desde 2017 como UNE-EN ISO 16739:2016.

Fig. 2. Metaesquema del formato IFC







El formato IFC está caracterizado por:

- Ser un formato orientado a objetos, basado en definiciones de clases que representan a objetos (como elementos constructivos, espacios, propiedades, formas, etc.).
- Contener información generada a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto de edificación o infraestructura, desde su concepción y diseño, hasta su demolición, pasando por su construcción, mantenimiento y rehabilitación. La información definida en el formato IFC hace referencia a la información administrativa de la construcción (situación, datos de los agentes como el promotor, el constructor o el proyectista), a la información de las soluciones constructivas e instalaciones que lo componen (geometría, materiales, propiedades, etc.).
- Estar estructurado en capas o submodelos con sus entidades, tipos y

relaciones entre tipos. Las entidades están agrupadas en esquemas, representativos de conceptos concretos, que se ensamblan dando lugar a un único modelo que engloba toda la información relativa a un proyecto.

- Disponer del concepto de vista o subconjunto de datos del modelo que cubre un área específica del proyecto. Un ejemplo de esto es el subconjunto de datos denominado COBLE (Construction Operation Building Information Exchange) que es demandado en todos los proyectos públicos de UK desde el 4 de Abril de 2016. El fichero COBLE contiene únicamente información relativa a espacios y zonas, localización e instrucciones de mantenimiento de elementos técnicos y los datos de las personas y entidades responsables del proyecto y su mantenimiento.

Actualmente, más de 150 aplicaciones SW son capaces de leer y/o escribir

Fig. 3. Visualización del modelo digital de un edificio en formato IFC

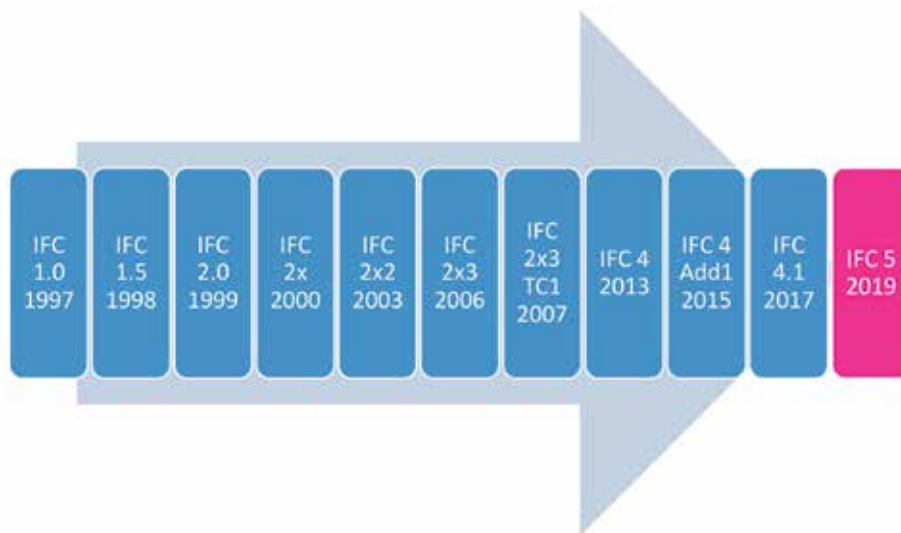


Fig. 4. Evolución de las distintas versiones del formato IFC

utilizando el formato IFC, muchos de ellos certificados por buildingSMART®.

Cabe destacar que existen aplicaciones gratuitas capaces de leer ficheros IFC y mostrar mediante un visor 3D el contenido del mismo, como por ejemplo Solibri Model Viewer, Tekla BIMSIGHT o BIMVISION. Esto permite que los clientes puedan conocer el estado de su proyecto en tiempo real y mejorar la comunicación con el resto de agentes.

Sin embargo, el formato IFC, a pesar de sus más de 20 años de vida, sigue siendo un formato en desarrollo, y aunque la última versión del mismo, IFC4 da una respuesta satisfactoria a su uso en proyectos de edificación, no podemos decir lo mismo para proyectos de infraestructuras. De hecho, en la actualidad buildingSMART está ampliando el formato IFC para poder ser utilizado en proyectos de carreteras, puentes, túneles y ferrocarriles. Se espera que la versión IFC5 que integrará la ampliación para proyectos de infraestructuras se publique en el año 2020.

## 6 Alcanzar la Interoperabilidad: coste o inversión

A pesar de disponer un formato estandarizado como es IFC para el intercambio de información en BIM, hay que tener en cuenta que hay una serie de barreras que dificultan alcanzar un grado elevado de interoperabilidad:

- La interoperabilidad es cara, puesto que supone que, las empresas desarrolladoras de aplicaciones SW del sector deben hacer un gran esfuerzo para adaptar dichas aplicaciones, así como las empresas del sector lo hagan para adaptar sus procesos.
- Las carencias que aún tiene el formato IFC (principalmente en el sector de las infraestructuras).
- La interoperabilidad es un facilitador o enabled-technology, pero no un producto o servicio. Esto hace que muchas empresas consideren un gasto y no una inversión disponer de productos o servicios interoperables.

En cualquier caso, cabe destacar que tal y como se indica en el informe The Business Value of BIM in North America<sup>10</sup> publicado por McGraw Hill Construction en 2012, el principal factor que puede incrementar los beneficios del uso de BIM es mejorar la Interoperabilidad entre aplicaciones SW, tal y como se aprecia en la figura 2.

A este dato, cabe añadir otros que se destacan en dicho informe sobre los mayores beneficios de utilizar BIM que son apreciados por Arquitectos, Ingenieros, Contratistas y Propietarios. En todos los casos, se considera que la reducción de errores y de necesidad de re-introducir la información del proyecto son dos de los principales beneficios del uso de BIM, siempre y cuando se haya alcanzado un cierto grado de interoperabilidad.

Es por esto que el esfuerzo que deben realizar las empresas para alcanzar un alto nivel de interoperabilidad debe ser considerado como una inversión y no como un coste, por el retorno claro a corto y medio plazo. 📧

## NOTAS

(1) Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. New York, NY: 1990.

(2) <https://administracionelectronica.gob.es/ctt/eni>

(3) <https://www.nist.gov/publications/cost-analysis-inadequate-interoperability-us-capital-facilities-industry>

(4) <https://www.buildingsmart.org/>

(5) <https://www.buildingsmart.es/>

(6) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=celex%3A32014L0024>

(7) <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-12902>

(8) <https://www.iso.org/standard/51622.html>

(9) <https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>

(10) <https://www.construction.com/toolkit/reports/bim-business-value-north-america>

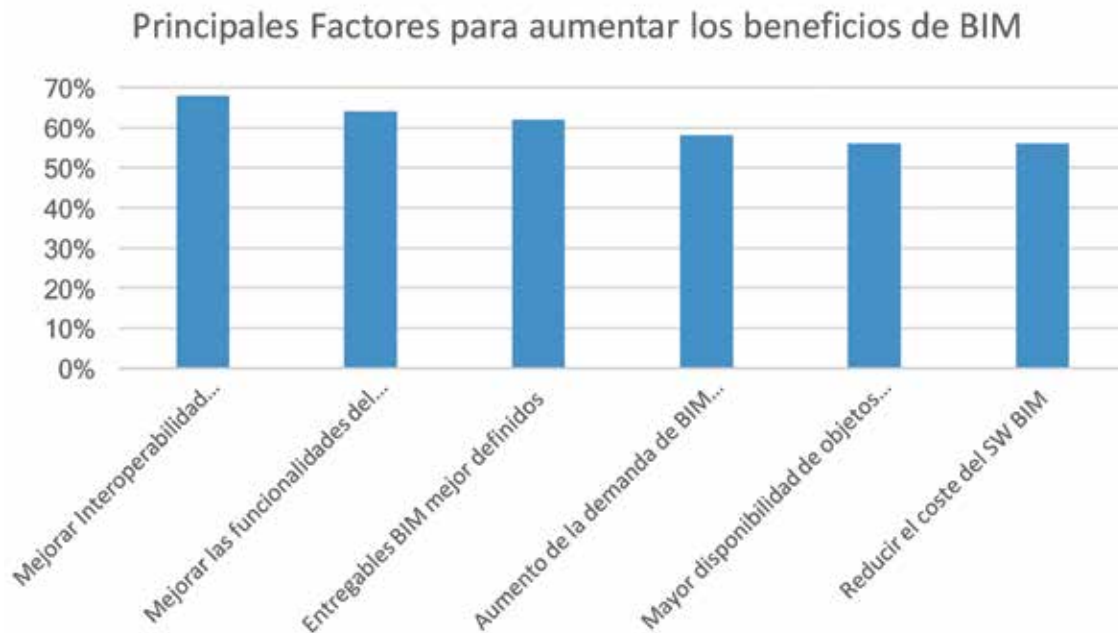


Fig. 5. Principales factores para aumentar los beneficios de BIM. The Business Value of BIM in North America. McGraw Hill Construction, 2012

+ desarrollo sostenible

# Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.  
Aportamos respuestas adecuadas  
para una gestión más eficiente.  
Compartimos conocimiento  
y generamos innovación.  
Trabajamos por un futuro basado  
en el compromiso y la cooperación.

[www.aqualogy.net](http://www.aqualogy.net)



**AQUALOGY**  
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS  
DEL AGUA PARA UN  
DESARROLLO SOSTENIBLE

La experiencia BIM de la

# Ciudad de la Justicia de Córdoba



VALENTÍN  
**Párraga  
de las  
Marinas**

Arquitecto técnico  
Asesor Técnico de la Dirección  
General de Infraestructuras y  
Sistemas

## RESUMEN

La construcción del edificio de la Nueva sede del partido judicial de Córdoba constituye un excelente ejemplo de empleo de la metodología BIM en fases de ejecución y explotación.

La complejidad del edificio, tanto geométrica como en su ejecución, y el modelo de concesión de la explotación hacían de este edificio un candidato ideal para que se convirtiese en una experiencia piloto del empleo de metodología BIM. Desde un inicio se plantea su empleo para el control de la ejecución y la explotación del edificio.

Se establecieron como objetivos: la obtención de las ventajas que BIM ofrece sobre el control y revisión del proyecto, reunir toda la información del proyecto en una única base de datos, evitar errores posteriores y servir como experiencia piloto para abordar la implantación de BIM en la planificación y gestión de las infraestructuras de la Consejería de Justicia.

El artículo aborda el proceso de inclusión y de colaboración entre los distintos agentes implicados.

## PALABRAS CLAVE

BIM, metodología, implantación, tecnología, personas, procesos, estándares, interoperabilidad, proyecto piloto, modelado

## ABSTRACT

*The construction of the building of the new head office of judicial district of Córdoba is an excellent example of the use of the BIM Methodology throughout execution and exploitation phases.*

*The complexity of the building, both geometric and execution sequence, and the exploitation concession model made this building an ideal candidate for becoming a pilot experience of the use of BIM methodology. From the beginning its use is considered for the control of the execution and the exploitation of the building.*

*The following objectives were established: to obtain the advantages that BIM offers on the control and revision of the project, to gather all the project information in a single database, to avoid later errors and to serve as a pilot experience to address the implementation of BIM in the planning and management of the infrastructure of the Justice Department.*

*The article addresses the process of inclusion and collaboration among the different agents involved.*

## KEYWORDS

*BIM, construction, methodology, interoperability, pilot project*



Fig. 1. Modelo digital del edificio

La experiencia BIM de la Ciudad de la Justicia de Córdoba constituye una experiencia de innovación, promovida por una Administración Pública, la Consejería de Justicia e Interior de la Junta de Andalucía, durante la construcción de una infraestructura relevante: la nueva sede del partido judicial de Córdoba.

Para entender el reto que ha comportado esta experiencia hay que retrotraerse a su origen: finales del año 2011.

Es en ese año, cuando comenzamos a saber de la existencia de BIM, de sus aplicaciones en otras organizaciones públicas del mundo. Pero todo era muy incipiente, era tiempo de iniciativas aisladas en distintas administraciones y departamentos técnicos de países desarrollados: EEUU, países nórdicos, Singapur...

No será hasta mayo de 2011 cuando tenga lugar la primera declaración gubernamental, concretamente la declaración de intenciones de la Administración del Reino Unido a través de la Government Construction Strategy que preveía apoyar y liderar la implantación de BIM en su industria de la construcción, con el objetivo de exigir su uso en la contratación públi-

ca a partir de 2016. Constituía ya una apuesta a nivel nacional, no aislada, que afrontaba la reforma del sector industrial de la construcción en el Reino Unido, y perseguía el liderazgo tecnológico y económico del mercado.

En esos años, en nuestro ámbito la situación era de grave crisis financiera, que afectaba profundamente al sector de la construcción y a la inversión pública en infraestructuras de nuestro país. Era por ello por lo que se sentía la obligación de contribuir a paliar sus efectos negativos, en la medida de nuestras capacidades y posibilidades. El objetivo era buscar nuevos servicios y formas más eficientes y productivas de trabajo que ayudaran a la recuperación y viabilidad del sector, así como a la capacitación y gestión del cambio en la promoción y renovación de las inversiones públicas, al igual que hacían otros países y organizaciones en el mundo.

Se tenían muy presentes los principios de “mejora de la competitividad” y del “fomento de la capacidad innovadora de las empresas”, declarados en la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible, en virtud de los cuales las Administraciones Públicas se obligaban a impulsar el incremento de la competitividad de las empresas,

entre otros a través de la formación, la investigación, la innovación y el uso de nuevas tecnologías, de manera que incrementaran la capacidad para competir, y ayudaran a desarrollar una política de apoyo a la investigación y a la innovación que favoreciera tanto a las empresas e industrias innovadoras, como a la renovación de los sectores tradicionales, con el fin de aumentar su competitividad

A todo lo anterior se sumaba la necesaria transición a la administración electrónica, que ya se promovía con la Ley 11/2007, de 22 de junio, de acceso electrónico de los ciudadanos a los Servicios Públicos, por la que la Administración Pública debía transformarse en una administración electrónica regida por el principio de eficacia, a fin de trasladar a los ciudadanos los beneficios derivados del espectacular progreso producido en el campo de la tecnología de la información y las comunicaciones electrónicas. También se tenía la convicción de que esta transformación digital derivaba a la contratación pública electrónica, que se vendría a confirmar más tarde, ya en 2014, con las nuevas Directivas europeas de contratación pública.

BIM se entendía que era el medio de transformación digital en la promoción y operación de infraestructuras públicas, y que su implantación en la Administración Pública significaba un referente para el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción de nuestro entorno.

Por todas esas razones había que implantar BIM en los servicios técnicos de nuestra organización.

¿Pero cómo implantar BIM? No existía conocimiento en nuestro entorno, ni existían experiencias ni prácticas que pudieran guiar nuestro tránsito a BIM.

Tampoco disponíamos de recursos para contratar servicios de implanta-

ción de la metodología BIM, ni tampoco existía oferta comercial ni proveedores específicos para ello. Ni podíamos adquirir aplicaciones BIM para su conocimiento y aprendizaje.

Es entonces cuando la Ciudad de la Justicia de Córdoba brindó la oportunidad de acometer una experiencia piloto BIM, para su aprendizaje, adquisición de recursos y aplicaciones e implantación BIM en los procesos y procedimientos del departamento técnico de la Consejería de Justicia e Interior.

La Ciudad de la Justicia de Córdoba se promovía mediante un contrato especial que contemplaba tanto la construcción como el arrendamiento de la nueva sede, de 50.000 m<sup>2</sup>, durante un periodo de 25 años, al término del cual pasaría a propiedad de la Junta de Andalucía. El contrato de construcción y arrendamiento fue adjudicado a finales del año 2011. Este contrato no contemplaba ninguna exigencia BIM.

Fue en el inicio de la ejecución del contrato, en el estudio y desarrollo de las actuaciones preparatorias para la fase de construcción de la nueva sede judicial cuando se identificó la oportunidad para realizar la experiencia BIM. Esta oportunidad se evidenció en el Manual-Guía para la identificación, análisis y determinación de Actividades y Procesos en la gestión y seguimiento de la ejecución del Contrato de la Ciudad de la Justicia de Córdoba, que se redactó en abril de 2012, para la difusión y el conocimiento por los agentes intervinientes en la construcción de los compromisos, los procesos, los hitos y las prestaciones y entregas documentales que exigía el contrato para la construcción y explotación de la nueva instalación judicial.

El contrato preveía entre otras mejoras un servicio de control de ejecución durante la construcción, a disposición de la Administración, sufragado por el



adjudicatario en virtud de su oferta de licitación.

Este servicio de control se diseñó para la verificación y control de las prestaciones del edificio construido, de modo que se alcanzaran las previsiones del proyecto. Y se realizó en tres líneas de actuación:

- la eficiencia energética, mediante un servicio de verificación de puesta en servicio que garantizara la calificación "A" del edificio;
- la sostenibilidad, mediante la obtención de la certificación ambiental VERDE;
- y la innovación, mediante la experiencia BIM para el control de la construcción.

En el caso de la experiencia BIM, el reto que planteaba se afrontó sobre la base de:

- nuestro conocimiento y experiencia técnica en la gestión, seguimiento y control de contratos de inversiones públicas
- el estudio previo de la metodología BIM y su implementación en nuestros procesos y rutinas, mediante el diseño de planes y estrategias prácticas, personalizadas, de actuación;
- la convicción de que BIM es una herramienta y no un fin, que ha mejorar y hacer más eficiente nuestro trabajo y la consecución de nuestros objetivos, y no otros;
- el acuerdo y la colaboración de las partes intervinientes en el proceso de construcción, buscando el beneficio común, el valor añadido y el aprendizaje que proporcionaría a todos la experiencia en la nueva metodología;
- la neutralidad y no discriminación de soluciones comerciales y proveedores,

y la interoperabilidad y apuesta por formatos abiertos para el intercambio de información entre distintas aplicaciones;

- la flexibilidad y adaptabilidad, el consenso, durante el proceso para salvar las posibles incidencias.

Tomada la decisión de iniciar la experiencia BIM, se participó e invitó a las partes: Dirección facultativa y Adjudicataria y Constructora principal, y se diseñó el "plan de ejecución BIM", que pretendía la verificación y control durante la construcción, mediante el desarrollo en BIM de la coordinación que se realiza normalmente durante la construcción de una edificación. De este modo, se plantearon distintas fases BIM:

*1. Fase de Modelado BIM de Proyecto*  
Consistente en modelar la información "2D" de proyecto en "3D", obteniendo tres submodelos BIM: arquitectura, estructura e instalaciones

A través de esta fase de modelado se obtiene la revisión documental añadida del proyecto.

*2. Fase de Coordinación BIM*  
A partir de los submodelos BIM obtenidos en la fase anterior, mediante aplicaciones de chequeo y comprobación BIM, se confrontan las especialidades para la detección de interferencias y conflictos entre arquitectura, estructura e instalaciones.

Como desarrollo de una primera coordinación de interferencias entre especialidades, se pretendía avanzar la coordinación incorporando a las subcontratas y oficios principales a la experiencia, para garantizar la "constructibilidad" de las soluciones constructivas.

## 2 COORDINACIÓN BIM

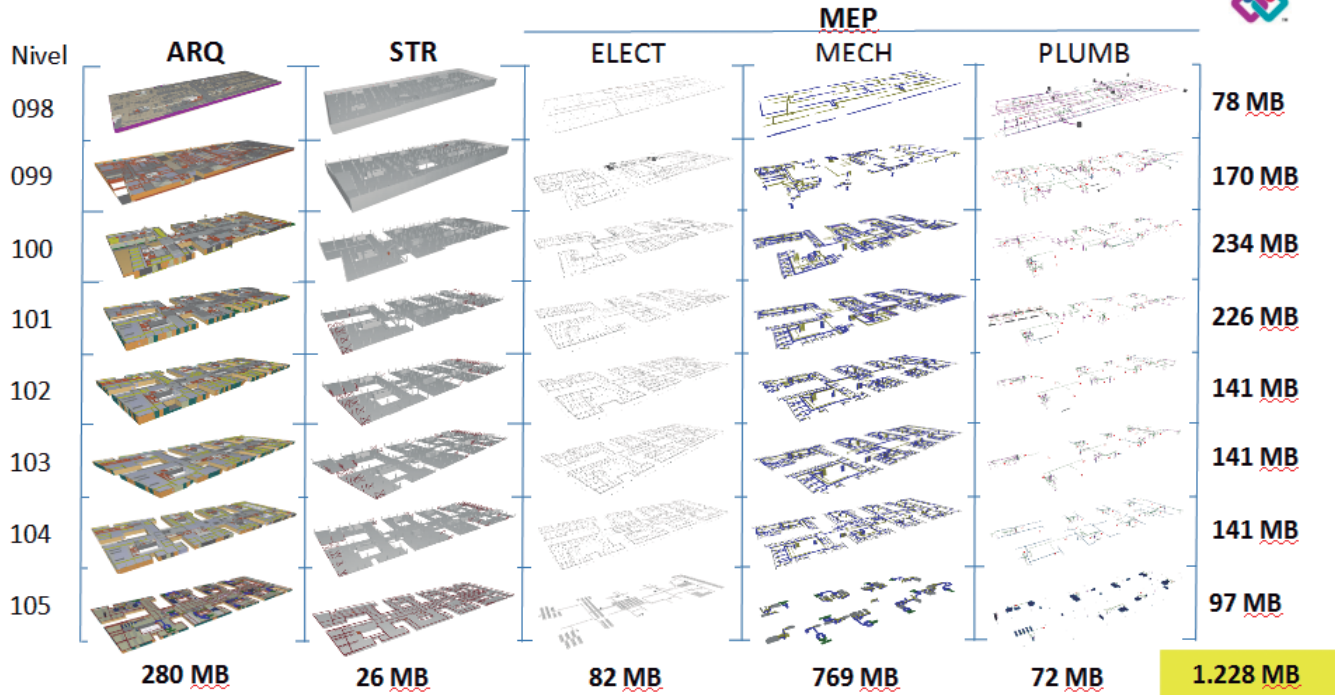


Fig. 2. Conjunto de modelos

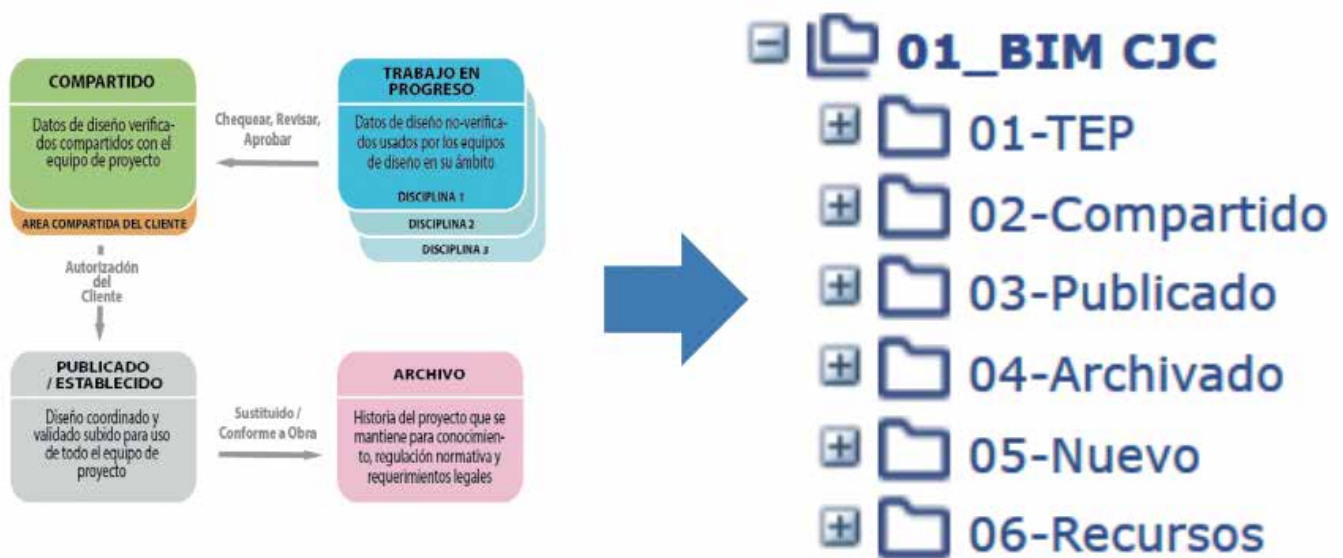


Fig. 3. Ciclo de vida de la documentación

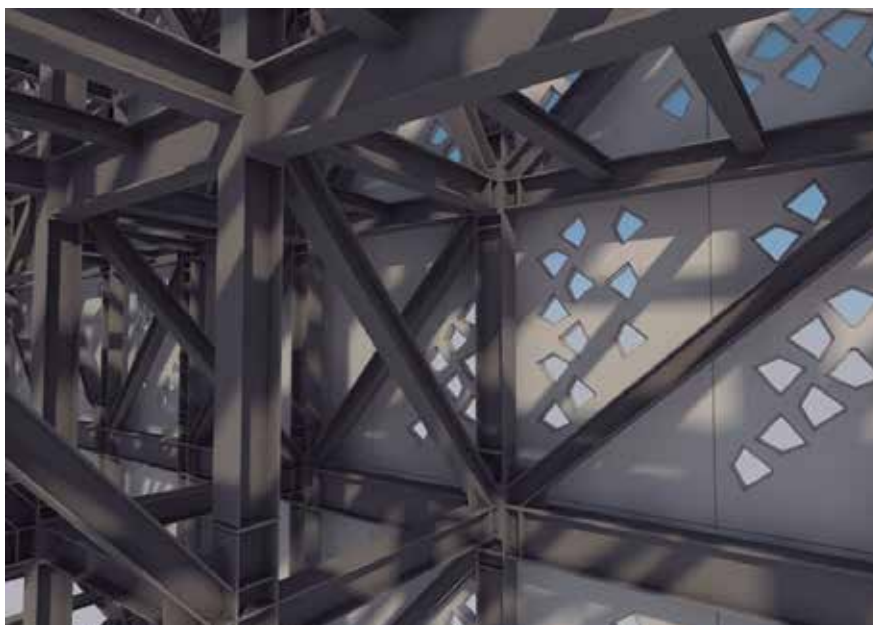


Fig. 4. Detalle del interior

### 3. Fase “conforme a obra” (as-built)

En esta fase se comprueba y actualiza la información de los modelos de la fase de coordinación tras la constatación de lo construido.

Esta fase daría comienzo siempre que la construcción real superará en el tiempo a la coordinación de la fase anterior.

En esta fase se pretendía en todo momento que la información de los equipos y productos instalados fuera facilitada e incorporada directamente por los fabricantes y proveedores, a través de archivos ifc o bien mediante la cumplimentación de tablas y formularios, con el nivel de información necesario para el inventario y las fases posteriores de puesta en servicio y mantenimiento. Se trata de evitar las tareas de incorporación de datos al modelo por terceros, distintos de los responsables de generar la información. Esto podía eliminar tareas y pasos intermedios, reduciendo los tiempos y asegurando la calidad de la información, al evitar su transferencia por usuarios no especializados.

### 4. Fase explotación y mantenimiento (FM)

A partir de los modelos BIM “conforme a obra”, se filtraría la información según el Plan de Mantenimiento y Operación de la Adjudicataria, para constituir un conjunto de submodelos según las necesidades de información de esta fase.

En un principio, se pretendía que el software que se exigía en el Pliego de Condiciones del contrato, como Herramienta Informática de Control de Explotación” (HICE) para el seguimiento de los niveles de disponibilidad de la instalación durante su servicio, pactados por contrato, se implementará sobre la base de aplicaciones de Facility Managment (FM) con modelos BIM, los obtenidos durante esta fase.

Esta experiencia se propuso como un proyecto paralelo a la ejecución “tradicional” del contrato, al objeto de que no interfiriera de manera negativa o distorsionadora, y sí que de forma paralela permitiera añadir valor a la coordinación y a la aportación de información entre las partes, con el aprendizaje consiguiente y la extracción de

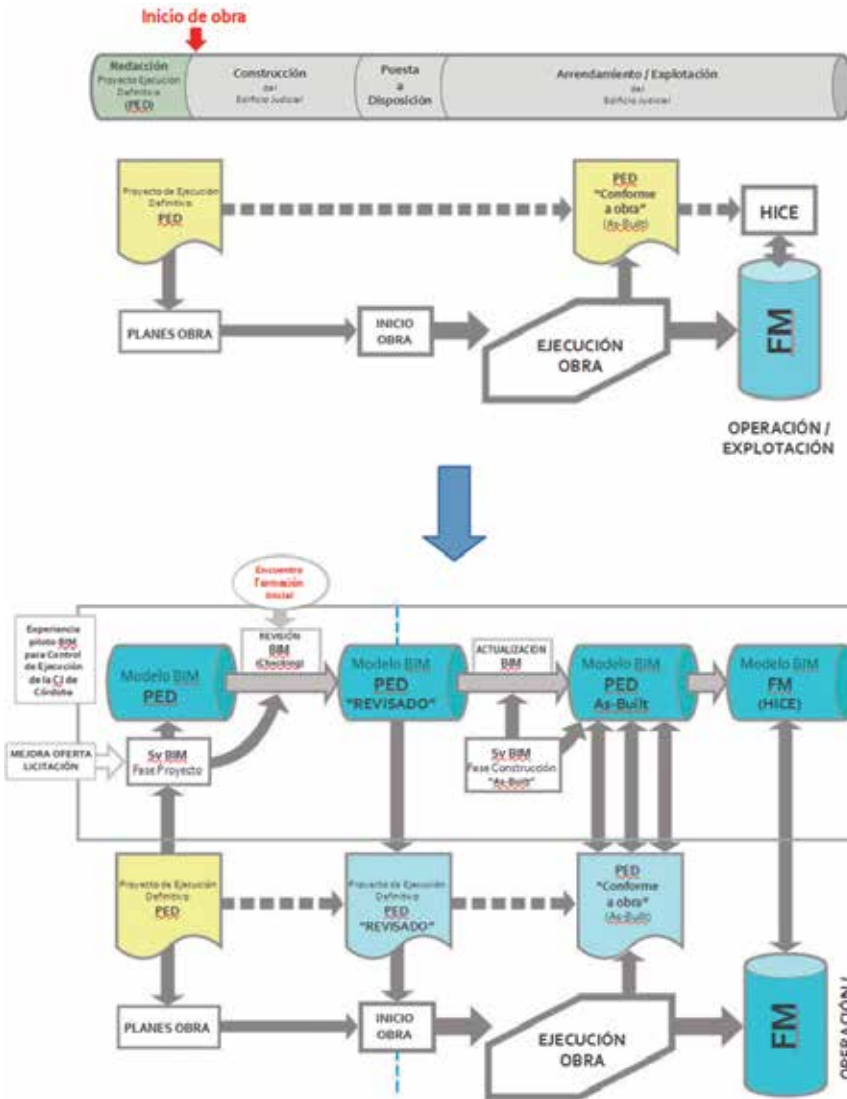


Fig. 5. Comparación de procesos tradicional vs BIM

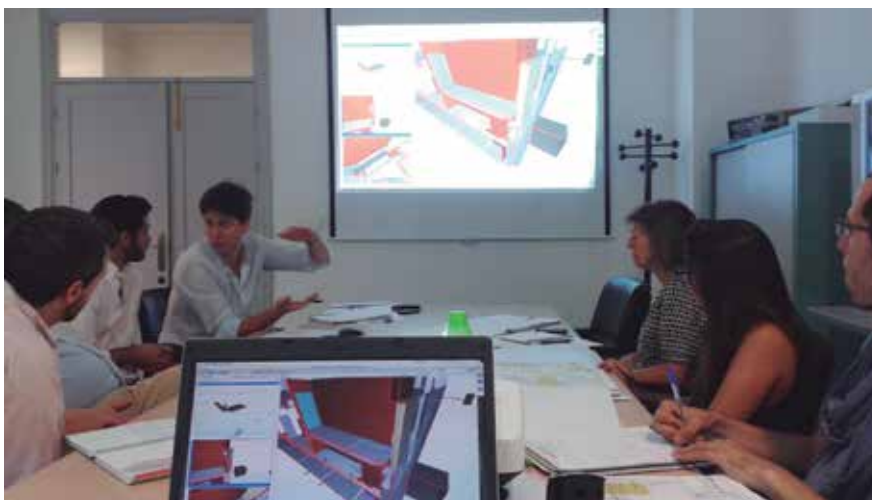


Fig. 6. Colaboración

recursos y resultados de cara a la prescripción en contratos futuros.

El plan diseñado se apoyaba en criterios fundamentales como eran:

- se modela como se construye;
- “aprender-haciendo”;
- colaboración y transparencia;
- selección de proveedores BIM respetando los principios básicos de la contratación pública;
- la reunión de coordinación BIM como instrumento y consenso.

Estas fases, con la participación y colaboración de los agentes, arrojaron siempre unos resultados muy interesantes.

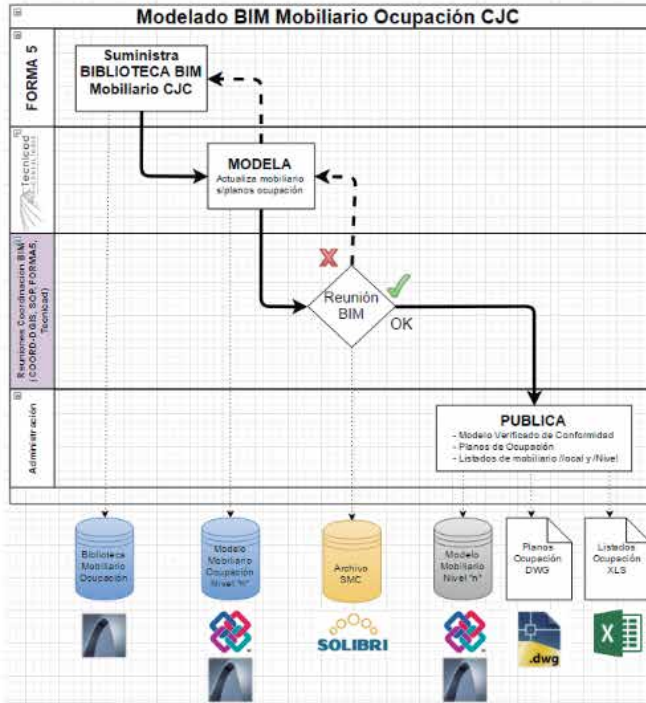
Como reflejo de la flexibilidad y adaptabilidad de esta experiencia, a su término, junto a las anteriores fases, al final del proyecto tuvo lugar una fase más:

### 5. Fase de Ocupación

Esta fase pretendía la coordinación de la puesta en servicio y ocupación de la nueva sede judicial por la Administración, como “Cliente” arrendatario de la instalación.

El inmueble, de 50.000 m<sup>2</sup>, tenía que ocuparse manteniendo la estructura de planta judicial tradicional de órganos unipersonales (Juzgados) y no conforme al diseño previsto de la nueva organización de la “Oficina Judicial”, y en el menor plazo posible. La coordinación entre la previsión de espacios y su disponibilidad y su uso real final fue posible en un tiempo record gracias a BIM, a la información generada en el proceso. A esto se sumaban otras posibilidades y utilidades como la coordinación de instalación y montaje del nuevo equipamiento para una instalación de la dimensión de la Ciudad de la Justicia de Córdoba.

## 5 OCUPACIÓN



Así, todo el proceso de esta experiencia BIM culminaba con la incorporación de proveedores finales, como era el caso de los suministradores del nuevo mobiliario, incorporados con la oferta de la biblioteca BIM en la licitación del suministro y su incorporación a la experiencia para el beneficio propio de acortar sus plazos de instalación y montaje.

Por ello, esta experiencia, pese a los retos y desafíos que ha comportado, incluso a los riesgos que planteaba, ha compensado con creces todo el esfuerzo, por el resultado, los beneficios, el conocimiento y las lecciones aprendidas, y la divulgación del compromiso y la iniciativa pública que ha significado.

En esta apuesta de innovación, la experiencia BIM de la Ciudad de la Jus-

ticia de Córdoba ha constituido una iniciativa paralela a otras experiencias de países más desarrollados, como ha sido el caso de los proyectos piloto del Ministerio de Justicia del Reino Unido, organización puntera en el campo de la implantación BIM para la gestión y promoción de sus activos.

Es en este marco donde la iniciativa de la Junta de Andalucía cobra todo su valor, dados los recursos disponibles y los logros conseguidos. Ha significado una experiencia de valor y de referencia de la administración pública, de su emprendimiento y asunción de liderazgo del interés general de su ámbito de responsabilidad, asumiendo la nueva actitud para la gestión del cambio social, tecnológico y económico en los nuevos tiempos. 📍

Fig. 7. Uso en explotación

# 100 % BIM en 2018



JOSÉ MARÍA  
**González**

Director técnico de AEDAS Home

## RESUMEN

La tecnología BIM avanza de manera imparable en la construcción residencial y AEDAS Homes se ha convertido en uno de sus grandes valedores. La promotora apuesta por esta metodología en todas sus nuevas promociones y a través de esta innovadora herramienta virtual centraliza toda la información del conjunto de las disciplinas que intervienen en un proyecto, desde los datos gráficos a los técnicos. Aunque la base del BIM es el 3D (Modelo Tridimensional), va mucho más allá. Es un multidimensional y llega al 4D (Gestión del Tiempo), 5D (Gestión de Costes), 6D (Sostenibilidad) y 7D (Gestión de Operaciones).

## PALABRAS CLAVE

BIM, AEDAS, vivienda, tecnología

## ABSTRACT

*BIM technology is advancing in an unstoppable manner in residential building and AEDAS Homes has become one of its main advocates. The developer has chosen to employ this method in all new housing developments and, by means of this innovative virtual tool, has centralised all the information from the different areas involved in a project, ranging from the graphic to the technical. While the base of the BIM is 3D (Three-dimensional Model), it goes far beyond this. It is multi-dimensional and reaches 4D (Time Management), 5D (Cost Management), 6D (Sustainability) and 7D (Operations Management).*

## KEYWORDS

*BIM, AEDAS, housing, technology*

## Metodología de trabajo BIM

El BIM (Building Information Modeling) se define como metodología de trabajo colaborativo para la gestión de proyectos. La misma se realiza a través de un modelo 3D, el cual se conforma por una gran base de datos estructurada de fácil consulta.

De esta forma, cada una de las disciplinas que intervienen en el proyecto es analizable durante todo el proceso de producción, construcción y ciclo de vida de la edificación. Esto ofrece una importante reducción de errores e incoherencias documentales, con el consecuente ahorro en tiempo y recursos.

De este modo, el BIM aporta la facilidad de gestión y análisis de cada área de trabajo de forma colaborativa.

## Cómo funciona

La metodología BIM establece un sistema integral de trabajo a través del modelado y gestión de la información en procesos colaborativos. No debemos asociarlo a una mera evolución de programas 3D, ya que se trata de una forma de trabajo cuyo principal objetivo es el intercambio de la información y generar una gran base de datos del edificio.

El objetivo principal del BIM es utilizar y producir un único modelo de información del edificio mediante el uso y colaboración de todas las disciplinas. Así pues, facilita la creación de una base de datos lo más completa posible que alberga tanto la información gráfica como la información técnica de todos los elementos presentes.

La información concentrada y registrada en el modelo virtual único es muy diversa y cada vez más completa. Conteniendo desde los agentes intervinientes en el proceso hasta el propio modelo del edificio pasando por cualidades técnicas, estructurales, de instalaciones, eficiencia energética, económicos, aspectos sobre los materiales, comerciales, fases de ejecución, mantenimiento, administración y todo lo que se desee implementar.

Cada agente que interviene en el proceso de edificación (promotores, proyectistas de cada disciplina, constructores, mantenedores, usuarios y hasta explotadores del edificio) es parte del método BIM. Cada uno tiene sus competencias propias y permisos de acceso a la parte de información que le es relevante, teniendo además capacidad de incorporación y actualización de datos que aportan valor al modelo en todas sus fases.

El sistema BIM implica la trazabilidad de todo el proceso (ISO 9001) y gestión del modelo, con la incorporación de la información necesaria para la realización del proyecto de arquitectura, en una primera fase; contratación y construcción en una segunda fase; y gestión de postventa y mantenimiento en la fase final.

## Ventajas frente al modelo tradicional

Las ventajas del BIM frente al método tradicional son evidentes:

- Elimina las incoherencias del proyecto. Mediante las plataformas BIM se actualiza automáticamente la información que es editada en cualquier parte del modelo, con lo que se reduce notablemente el error humano al reflejarse en todos los apartados del modelo.

- Nula posibilidad de pérdidas de información. Al trabajar todos los agentes en modo colaborativo sobre un único modelo se elimina la descoordinación entre versiones que manejan los distintos profesionales y, por lo tanto, se evita la posibilidad de pérdidas de información.

- El proyecto se desarrolla en tiempo real. Al tener establecido un método de trabajo en paralelo y colaborativo, todos los agentes intervinientes pueden plantear desde el inicio del proyecto las opciones que se consideren más convenientes e implicar a toda la organización en la toma de decisiones.

- Disposición de la información a través del modelo. La metodología BIM permite disponer en todo momento de la información con la que esté implementado el modelo, tanto de diseño como técnica, costes, plazos de ejecución, mantenimiento, etc. Así mismo, permite hacer modificaciones en tiempo real que actualizarán automáticamente todos estos parámetros, incrementando el grado de personalización y adecuación del proyecto a las necesidades del cliente.

- Actualización constante del modelo. Las tareas de *facility management* se vuelven mucho más eficientes al tener toda la información real del activo. Así, este modelo se convierte en el Libro del Edificio actualizado.

Estas y otras ventajas tienen como resultado la optimización de todo el proceso de promoción inmobiliaria, diseño, construcción y mantenimiento; llegando a la gestión de activos durante todo el ciclo de vida. Un proceso que pasa a ser mucho más eficiente y con costes y plazos de ejecución más reducidos.



## El BIM en AEDAS Homes

El BIM se gestiona mediante plataformas que sirven para la realización del modelo e implementación de la información (formatos cerrados) o para la gestión pura de la información (OPEN BIM). La implementación de la metodología mediante herramientas BIM de gestión, OPEN BIM, frente a los mencionados formatos cerrados viene determinada por la estructuración de trabajo que se realiza.

Como promotores, en AEDAS Homes somos gestores de información. No modelamos. Sólo establecemos los parámetros (información extraíble del modelo) que nos interesa extrapolar en cada una de las fases de la promoción. El modelado (diseño) es encargado a estudios de arquitectura como un documento base del proyecto ejecutivo sobre el

que establecemos controles. Posteriormente, ese modelo deberá pasar a contratación como documento base, para su posterior ejecución, con la implementación de la información concreta de garantías, fabricantes, periodos de mantenimiento. Además, deberá recoger las modificaciones que se produzcan durante la ejecución de obra, ya sea de ajustes puntuales u opciones de personalización que se ofertan a los distintos compradores. Esto es, el proyecto As-Built. Este documento deberá pasar al Facility Management y deberá contener la suficiente información que permita establecer un correcto mantenimiento.

Al realizar la gestión pura de la información del modelo en todas sus fases, el modelo nos debe venir implementado por cada uno de los agentes que intervienen en la promoción, revirtiéndonos para su gestión.



## Sistemas de trabajo establecidos

La metodología BIM va mucho más allá del 3D. Llega al 4D, 5D, 6D y 7D. Es un método multidimensional que abarca todas las fases del ciclo de vida del edificio: diseño, construcción y explotación/mantenimiento.

### 3D Modelo tridimensional:

- Documentación gráfica
- Información geométrica
- Objetos con parámetros
- Visualización del proyecto

### 4D Gestión del tiempo:

- Planificación de fases de proyecto
- Control de plazos de ejecución
- Optimización de operaciones de obra

### 5D Gestión de costes:

- Presupuestos
- Control de gastos
- Gestión de ofertas y contrataciones

### 6D Sostenibilidad:

- Análisis energético
- Ecoeficiencia
- Certificaciones energéticas y de calidad

### 7D Gestión de operaciones:

- Estrategias ciclo de vida BIM
- BIM As-Built
- Modelo de operación y mantenimiento
- Gestión de servicios asociados

Todas las dimensiones que se ha establecido con anterioridad devienen de herramientas BIM diferentes que deben integrarse en un entorno de trabajo compatible.

Un entorno de trabajo restringido, en el que los participantes están obligados a trabajar con una determinada herramienta, limita notablemente la accesibilidad a aquellos que no cuenten con esa herramienta o no tengan una formación específica en su manejo, lo que implica costes de producción y de formación, además de una demora en los tiempos.

Por esta razón, y en aras de conseguir una mayor productividad en los procesos de diseño, sin incrementar costes a los estudios de arquitectura, desde AEDAS Homes se establece que los mencionados estudios trabajen con las plataformas BIM de que dispongan (Allplan, Archicad, Revit, etc.). Todas, incompatibles entre sí, produciéndose la comunicación a través de formatos de intercambio de datos IFC

(datos de especificación abierta que permite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción).

Con el fin de obtener la máxima información posible de los modelos, AEDAS Homes proporciona a los estudios de arquitectura los requerimientos del modelo, así como el BEP preliminar (Plan de Ejecución BIM). En dicho BEP se establecen las necesidades del modelo, roles de cada uno de los intervinientes y especificaciones del grado de definición del modelo en cada una de las fases (LOD) y entregables de cada una.

## 2018: Aplicación en el 100 % de los proyectos AEDAS Homes

En 2017, el 70 % de las promociones de AEDAS Homes se desarrollará con metodología BIM. Hasta la fecha, se ha marcado como recomendación a los estudios de arquitectura, dando un periodo de implementación de la metodología a los propios estudios. El objetivo de AEDAS Homes es la implantación completa en todas las promociones que inicien en 2018.

De las promociones de 2017 en las que se aplica la metodología BIM, el 90 % se está realizando a través de la plataforma Revit, mientras que el 7 % se está desarrollando en Allplan y el 3 % restante en Archicad. Esta diversidad de plataformas es la que marca la necesidad de la utilización de OPEN BIM como herramienta de coordinación de los trabajos a través de archivos en formato IFC y supervisión con Solibri Model Checker.

Sobre los modelos, con independencia del software con el que se desarrolle, se establecen controles de interferencias y gestión, extrayendo del citado modelo toda la información con relación a mediciones, tiempos, etc.

En los proyectos que se iniciarán en 2018, no sólo se establecen los controles, sino un desarrollo completo de la implantación de la metodología con el fin de obtener el máximo rendimiento del modelo, acortando plazos de supervisión, obtención de costes, coordinación de todas las disciplinas en las que se interviene, etc.

A modo de ejemplo de las experiencias que nos está surgiendo con la aplicación de la metodología BIM, se están desarrollando 16 promociones en fase de proyecto, de las cuales 7 están en fase de construcción.

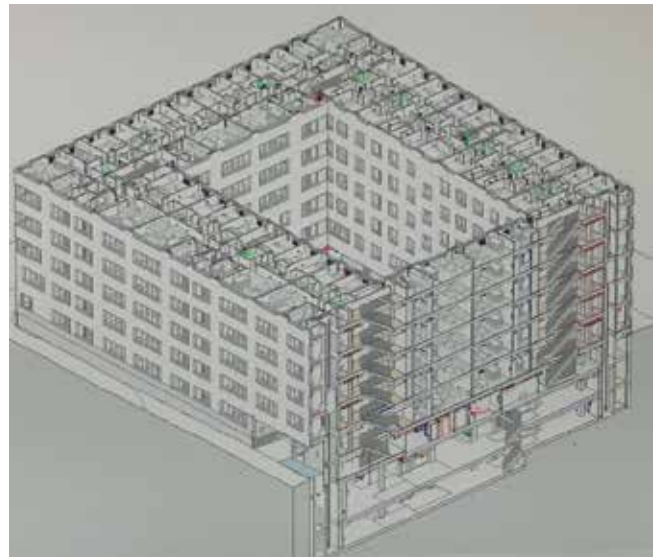
El grado de satisfacción en la implantación de la metodología BIM, teniendo en cuenta que todo el proceso está en fase primigenia, es alto en las fases de proyecto, tanto básico como ejecutivo, teniendo que mejorar en fase de ejecución de obras al no disponer de personal adecuado en todas las empresas constructoras. Sin la colaboración de las constructoras en la implantación de la metodología, no es completa.

**Ejemplos de promociones en los que se está aplicando metodología BIM:**

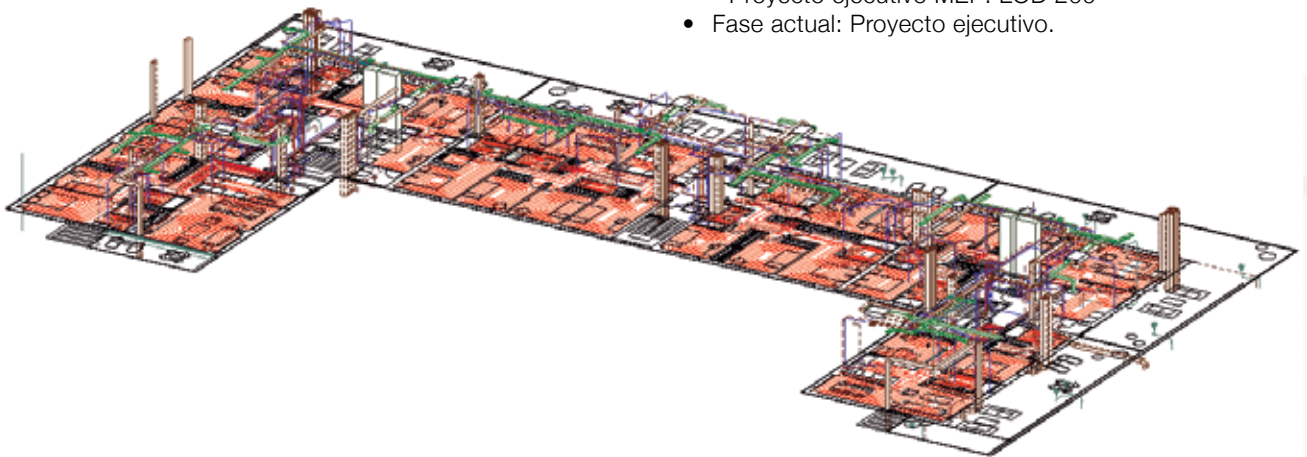
- Promoción: **Terrazas de los Fresnos.**
- Arquitecto: TOUZA.
- Plataforma BIM: Revit
- LOD:
  - Proyecto ejecutivo arquitectura: LOD 300
  - Proyecto ejecutivo estructuras: LOD 200
  - Proyecto ejecutivo MEP: LOD 200
- Fase actual: Ejecución de obra.



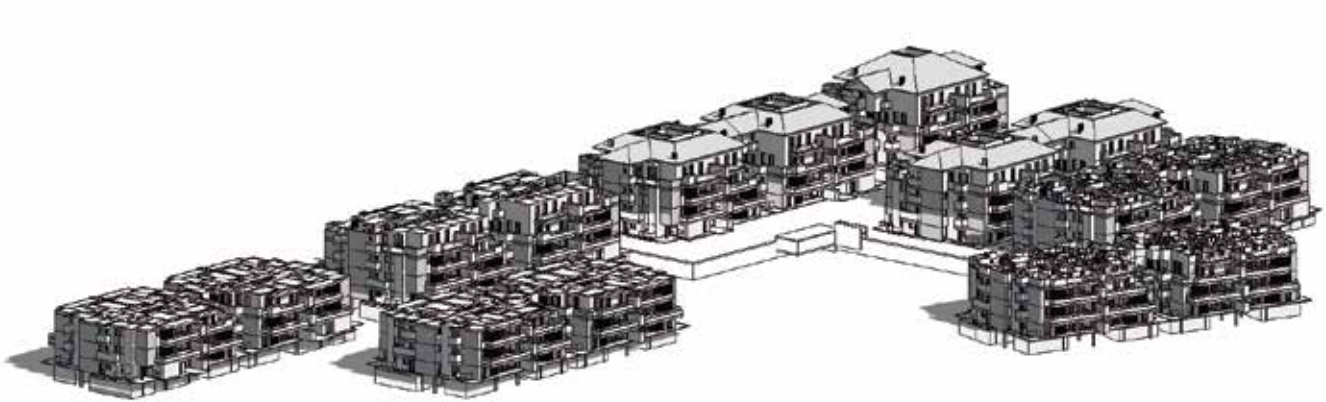
- Promoción: **Altos del Pilar.**
- Arquitecto: BURGOS Y GARRIDO.
- Plataforma BIM: Revit
- LOD:
  - Proyecto ejecutivo arquitectura: LOD 300
  - Proyecto ejecutivo estructuras: LOD 200
  - Proyecto ejecutivo MEP: LOD 200
- Fase actual: Ejecución de obra.



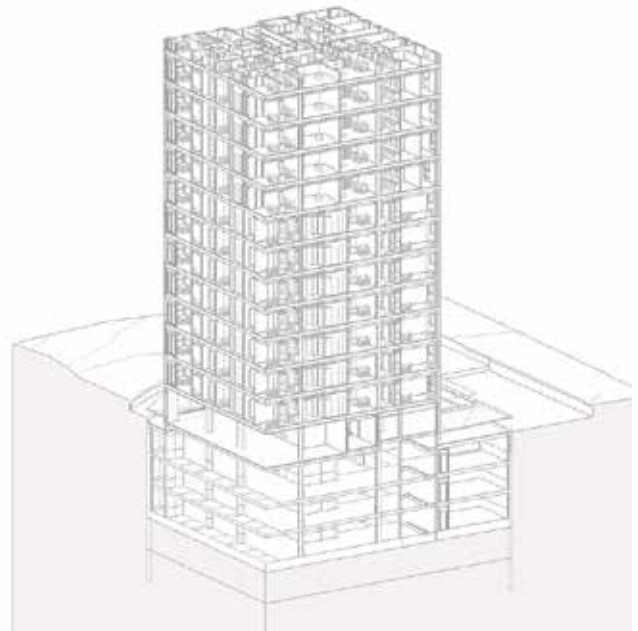
- Promoción: **Fineo.**
- Arquitecto: MORPH.
- Plataforma BIM: Archicad
- LOD:
  - Proyecto ejecutivo arquitectura: LOD 300
  - Proyecto ejecutivo estructuras: LOD 200
  - Proyecto ejecutivo MEP: LOD 200
- Fase actual: Proyecto ejecutivo.



- Promoción: **Qian.**
- Arquitecto: LAMELA.
- Plataforma BIM: Revit
- LOD:
  - Proyecto ejecutivo arquitectura: LOD 300
  - Proyecto ejecutivo estructuras: LOD 200
  - Proyecto ejecutivo MEP: LOD 200
- Fase actual: Proyecto ejecutivo.



- Promoción: **Cook.**
- Arquitecto: BATLLE I ROIG.
- Plataforma BIM: Revit
- LOD:
  - Proyecto ejecutivo arquitectura: LOD 300
  - Proyecto ejecutivo estructuras: LOD 200
  - Proyecto ejecutivo MEP: LOD 200
- Fase actual: Proyecto ejecutivo.



# BIM en Hs2

## Gestión de la información

### FRANCISCO Luque

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
Técnico Sénior, Ineco



### IKER

## Garteizgogea

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Técnico Sénior, Ineco

#### RESUMEN

El artículo describe el empleo de la metodología BIM en un gran proyecto de infraestructura ferroviaria, la Alta Velocidad Británica, Hs2. Este empleo nace de la estrategia de construcción anunciada por el Gobierno Británico en 2011 y de la apuesta de Hs2 por el empleo de BIM con el objetivo de mejorar la calidad, la planificación, el empleo eficiente de recursos, etc.

Ineco y la británica Capita fueron adjudicatarios de uno de los tramos de fase 1, siendo de nuevo adjudicatarios de uno de los tramos de fase 2, en esta ocasión con Aecom.

Se destaca la importancia que, en este proyecto, tiene la creación y gestión de información digital, la creación de modelos 3D y su combinación con la programación (4D) y los costes (5D).

#### PALABRAS CLAVE

BIM, Hs2, información, CDE, colaboración

#### ABSTRACT

*The article describes the use of the BIM methodology in a large railway infrastructure project, the British High Speed, Hs2. This employment is born from the construction strategy announced by the British Government in 2011 and the bet of Hs2 for the use of BIM with the aim of improving quality, planning, efficient use of resources, etc.*

*Ineco and the british company Capita were awarded one of the phase 1 projects and one of the phase 2 projects, this time with Aecom. Ineco has been involved in those projects since 2012.*

*It highlights the importance that, in this project, has the creation and management of digital information, the creation of 3D models and their combination with programming (4D) and costs (5D).*

#### KEYWORDS

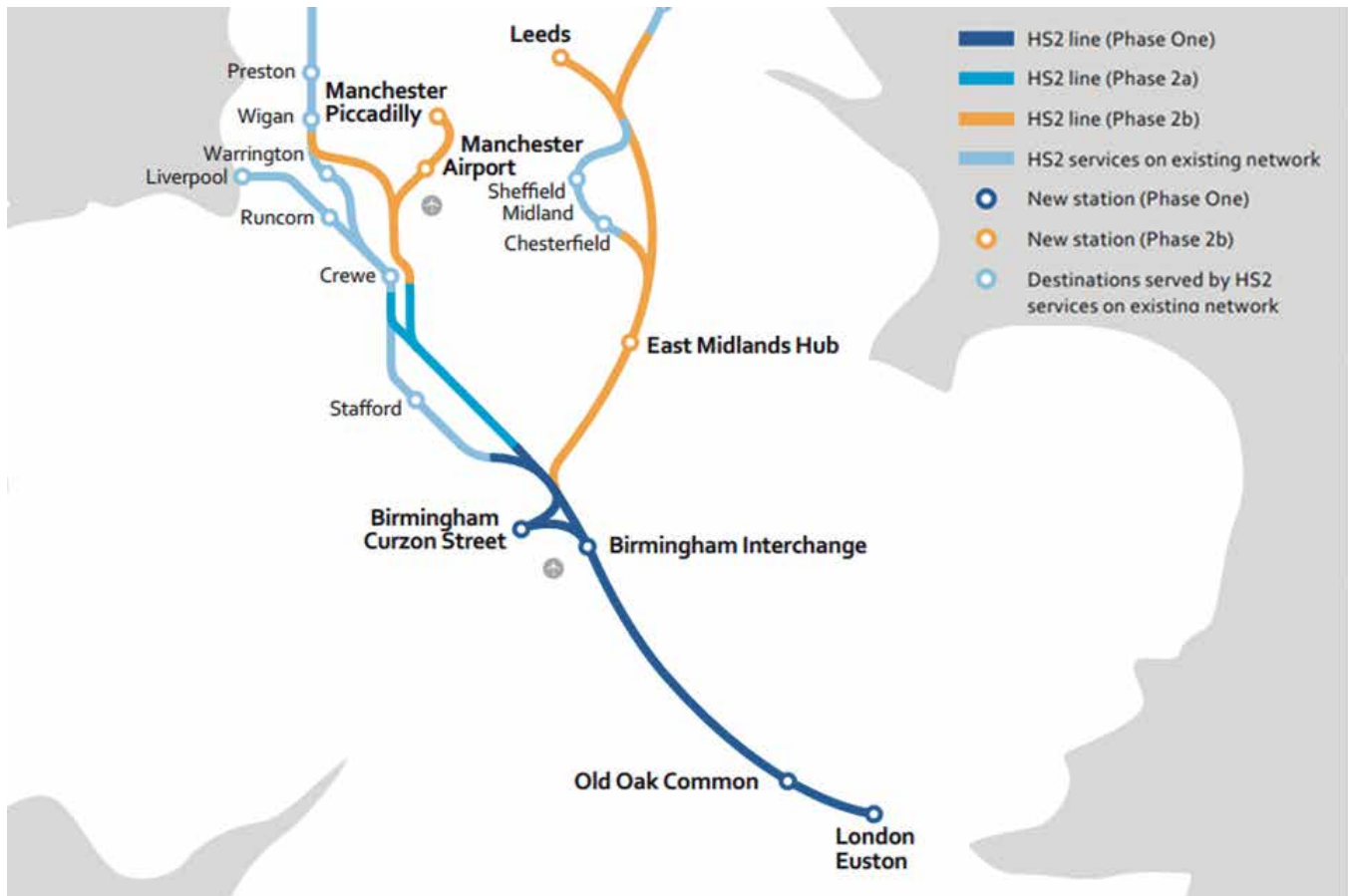
*BIM, Hs2, information, CDE, collaboration*

## High Speed 2

Reino Unido, cuna del ferrocarril, se encuentra envuelta en una modernización de su red ferroviaria para dotar de una conexión rápida y eficaz en el eje norte-sur. Actualmente está desarrollando el proyecto Hs2, una línea de alta velocidad en forma de Y que enlaza los grandes núcleos del norte Manchester y Leeds, pasando por Birmingham, la segunda ciudad más poblada del país, con Londres en el sur.

El proyecto Hs2 consta de dos fases con horizontes temporales diferentes: una primera etapa (Fase 1) conecta Londres con las West Midlands y con la ciudad de Birmingham, aproximadamente un recorrido de 180 km, con una puesta en funcionamiento prevista para 2026. Una segunda etapa (Fase 2) que se prolonga hacia las grandes urbes del Norte de Inglaterra, esta etapa se ha subdividido, a su vez, en otras dos. La primera enlaza West Midlands con Crewe y se ha adelantado su desarrollo para que se construya simultáneamente con la Fase 1. La segunda proyecta los dos brazos de la Y, el occidental que conecta Crewe con Manchester y el oriental que enlaza West Midlands con Leeds y York, con una fecha objetivo de puesta en servicio prevista para 2033. Se trata de un proyecto muy ambicioso con una inversión prevista de 56.0 b£.

Fig. 1. Mapa de Hs2



Este gran desarrollo involucra a las principales ingenierías británicas y a empresas constructoras de ambos lados del Canal de la Mancha. Ineco, asociada con la británica Capita, participó entre 2012 y 2017 en el diseño (*preliminary design*) de uno de los 5 tramos en los que se dividió el recorrido de la Fase 1, el denominado como Country North, desde Boddington hasta Handsacre. Este tramo incluye un importante nudo ferroviario en el acceso a Birmingham (Delta Junction), el nudo de la Y donde se separan ambos brazos.

Actualmente Ineco se encuentra involucrada en el Preliminary Design de la Fase 2b en el tramo Leeds Leg South, desde Birmingham hasta Sheffield, incluyendo el Hub de East Midlands.

### La estrategia de construcción británica

El Gobierno y la industria del Reino Unido acordaron un objetivo común de fomento del liderazgo y el cambio para la consecución de unos objetivos sostenibles entre el sector público y la construcción, que se materializó en la Estrategia para el Sector Construcción (2011).

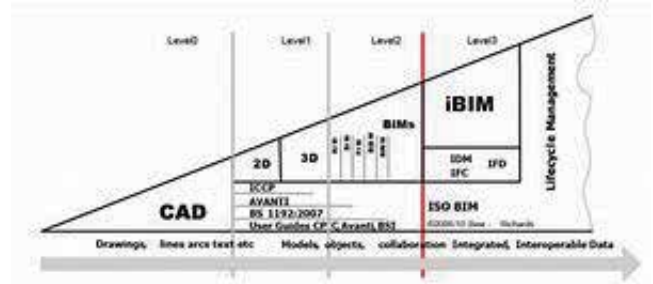
Desde el principio, se acordó una serie de objetivos clave destinados a cambiar radicalmente la sostenibilidad del sector de la construcción:

- incrementar la rentabilidad con un uso más eficiente de los recursos;
- animar a las empresas a aprovechar las oportunidades que se les ofrece por medio de productos o formas de trabajo sostenibles; y

- mejorar la imagen y el perfil corporativos en el mercado, abordando cuestiones relativas a la responsabilidad social y corporativa.

Dentro de los objetivos estratégicos de esta iniciativa figura el empleo generalizado de la metodología BIM buscando un claro alineamiento entre las fases de diseño/construcción y de mantenimiento y gestión de las infraestructuras.

Esta estrategia establece la introducción obligatoria de la metodología BIM en los proyectos de infraestructuras a partir de 2016, alcanzando un nivel de madurez determinado (Level 2).



El nivel 2 consiste en la gestión de información 3D combinada con información no gráfica creada por disciplinas separadas. Estos modelos separados se ensamblan en un modelo federado sin pérdida de su identidad e integridad. Se incluye información sobre proceso constructivo (4D) y costes (5D)

Hs2 considera que BIM es el factor clave para generar valor y ha tomado la decisión de cumplir, como mínimo, con este Nivel 2.



Fig. 2. Esquema con la estrategia BIM de HS2

Hs2 considera el uso de esta metodología como:

- Un enfoque consistente de la gestión de información en el Proyecto
- Establecimiento más preciso de requisitos contractuales para la licitación
- Un enfoque basado en la gestión de datos para la producción de información
- Empleo de modelos en los que la información puede ser compartida y reutilizada de una forma eficiente
- Empleo de un único entorno de datos común para la gestión y el intercambio de información digital
- Mayor y más temprana planificación de recursos
- Uso de la información digital para la toma temprana de decisiones y una mayor comprensión de sus efectos sobre las variables temporal y de costes

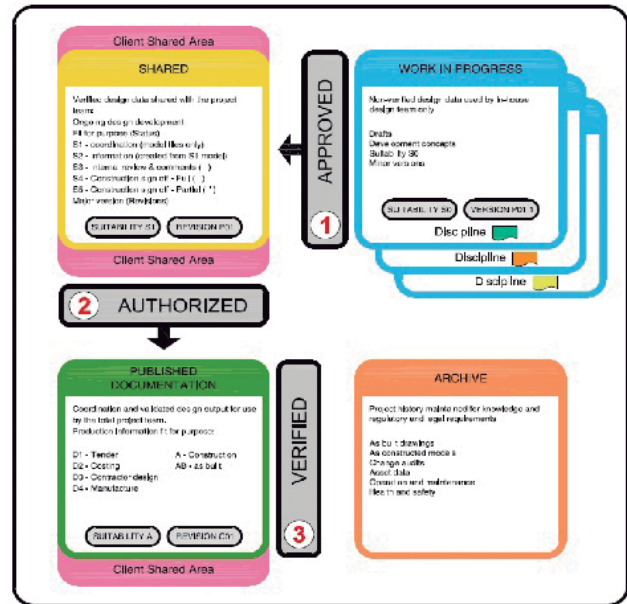
Desde 2012 se implementó un entorno común de datos (CDE), en el que todas las empresas participantes en el proyecto crean y gestionan su información. Se está generando el denominado como “Hs2 Virtual Railway”, un modelo virtual sobre el que se puede verificar la viabilidad constructiva así como simular el mantenimiento de la infraestructura.

### BIM en Hs2: la gestión de la información.

Hs2 adopta el marco legislativo vigente en Inglaterra que, como se menciona anteriormente, establecía 2016 como horizonte para implementar los proyectos de obra pública como proyectos BIM de nivel 2.

Esto supuso en Fase 1 la adaptación de los trabajos ya lanzados para cumplir con dicho marco, y en Fase 2b su toma como punto de partida y marco general del proyecto.

Uno de los pilares de la introducción de BIM en el proyecto es el empleo de estándares. Como normativa de referencia en Reino Unido existen una serie de documentos, recogiendo a continuación los más relevantes para el trabajo desarrollado hasta ahora: la BS 1192:2007, centrada en la codificación de archivos; la PAS 1192-2:2013, que recoge el ciclo de vida del proyecto; la PAS 1192-3:2014, orientada al mantenimiento y la operación, la BS 1192-4:2014, enfocada en la codificación de objetos.



Ciclo de vida de la información (extracto de PAS 1192-2:2013)

Basándose en estas normativas en el proyecto Hs2 se ha establecido una plataforma colaborativa (Project Wise) sobre la que todos los tramos desarrollan sus proyectos. Trabajar sobre esta plataforma implica cumplir con un flujo de trabajo que asegure la trazabilidad de la información. Así mismo contiene toda la información que se nos facilita previamente: modelos y planos de fases de proyecto previas, cartografías, librerías... siendo estas últimas de obligado uso. Esto permite garantizar la consistencia de los entregables y la homogeneidad entre los diferentes tramos.

La información recogida en Project Wise se codifica siguiendo el procedimiento que fija la BS 1992:2007 y la clasificación Uniclass. Así, para cada documento, es fácilmente identificable a que tramo pertenece, a que contrato, a que especialidad y que tipo de información recoge.

Dentro de la documentación que se genera, destacan los modelos 3D. Cada especialidad que participa en el proyecto genera sus propios modelos, quedando englobados posteriormente en un modelo federado que recoge las últimas versiones de cada especialidad. Este modelo federado está sometido a un proceso de revisión que permite comprobar las incidencias que pudiese haber entre distintas especialidades. Este procedimiento permite la trazabilidad y el aseguramiento de la calidad del proyecto, quedando registrada la evolución gracias a Project Wise.

A partir de los modelos se pueden generar tantos planos como se deseen. Una herramienta específica para Project Wise garantiza la consistencia con las plantillas y la homogeneización a nivel CAD. A su vez, el proceso de flujo de trabajo establecido no permite considerar los planos como definitivos mientras los modelos que recoge no este aprobados como aptos para compartir. Esto asegura, ya dentro del gestor documental, que la información entregada no se vea modificada y quede como histórica para ser consultada en cualquier momento.

Dado que la información que generan todas las consultoras que participan en el proyecto de Hs2 tiene que compartirse con diversos organismos, los modelos una vez aprobados se transforman en GIS para facilitar su análisis.

Vinculada al gestor documental, en el proyecto de Hs2 se ha habilitado otra herramienta, eB, a través de la cual se realizan todas las comunicaciones oficiales y que permite mantener registro de que versiones están aprobadas y cuales rechazadas, con quien se ha compartido, si ha habido respuesta, etc.

## **BIM en Hs2: la creación de la información**

Los modelos que se generan para el proyecto deben contener una información determinada que fijan los procedimientos internos establecidos en el proyecto de Hs2.

A nivel de proyecto los modelos deben fijar unívocamente para que fase de la vida del proyecto se han realizado, en que ubicación se encuentran dentro de todos los niveles de la EPS (estructura de proyecto de la empresa) y de la WBS (tabla de descomposición de los trabajos).

A nivel de elemento de diseño (Asset), deben contener la información no gráfica requerida por los Asset dictionary que se han fijado en el proyecto de Hs2 y que se facilitan a los consultores. Esta información puede ser relativa a la compañía lo ha generado, la persona en concreto lo ha revisado, cuándo ha sido generado, qué nivel de detalle recoge, qué nivel de información... Dentro del documento informático, esta información puede estar recogida como metadata que aplique a todo lo contenido en él o estar incluida directamente en el elemento CAD si solo le aplica a uno en concreto.

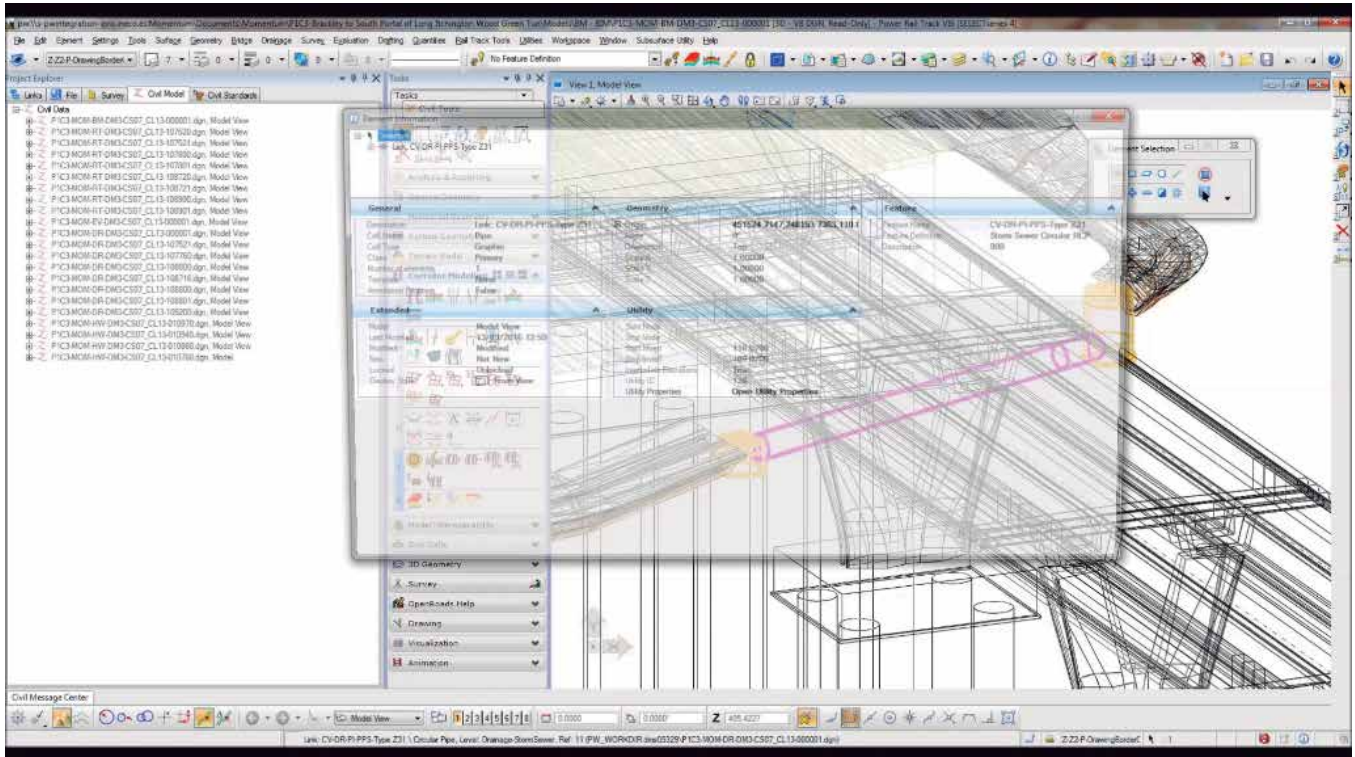
Ya a nivel de elemento individual o parte que constituye cada elemento de diseño, debe estar clasificado para saber qué tipo de elemento es, a que especialidad corresponde y como se engloba dentro del elemento principal. La información gráfica que deben contener debe ser la asociada a permitir su medición para la realización del presupuesto, volúmenes, superficies, longitudes, posición espacial...

Cumpliendo con todo lo anterior se dispondría de un modelo 3D informado, es decir que contiene toda la información requerida. Habría que vincular la escala temporal (4D) y la monetaria (5D) a los modelos para alcanzar un BIM de nivel 2 completo.

Para obtener el 4D, previo a la generación de los modelo, debe de haber un consenso entre los modeladores y los creadores del plan de obra para garantizar una correspondencia ente ambos. Este requisito es clave pues fracciona las partes constituyentes de los elementos de diseño en función de cómo se vaya a llevar a cabo la ejecución de la obra.

En paralelo, a la vez que se definen las partes constituyentes de cada elemento de diseño, se deben relacionar con la base de precios que se utilizan en el proyecto de Hs2 vinculando la codificación de las partes constituyentes con los códigos BoQ. Esta relación permite valorar de modo automático el diseño.





## BIM en Hs2, presentación de la información

Una vez que se dispone de los modelos 3D correctamente fraccionados, de la planificación de la obra detallada al mismo nivel (4D), y de la vinculación correcta con la base de precios (5D), se han de aunar todas estas dimensiones a través de una plataforma específica.

Desde esta plataforma se ha de poder consultar la ejecución del proyecto, viendo su evolución en el tiempo y como va incrementándose el coste con la evolución de la obra.

Esta plataforma agrupadora está en proceso de definición, por lo que, por ahora, se han entregado los tres bloques por separado, habiendo caído los esfuerzos de aunarlas en el i+d de cada consultor.

Se trata, en definitiva, de definir el enfoque adecuado para aplicar los distintos niveles de BIM al sector de las infraestructuras lineales, y más concretamente a las ferroviarias.

## Conclusiones

Este proyecto constituye un ejemplo de la aplicación a un proyecto infraestructura lineal de la metodología BIM y cómo ha ido evolucionando en el tiempo desde el inicio del proyecto en 2012. Tanto el enfoque, como los requisitos de información se han desarrollado en gran medida alcanzándose, de forma progresiva, los objetivos impuestos en cada fase. 📌

# El uso de BIM en fase de obra

en Ferrovial Agroman

Una misma metodología de trabajo en dos escenarios diferentes



TEODORO  
**Álvarez**

Global Head of Innovation  
(Responsable de implementación BIM)



RICARDO  
**Bittini**

Head of innovation área 2 y 3



ADOLFO  
**Gutiérrez**

Responsable de implementación  
BIM España y Portugal

## RESUMEN

Ferrovial Agroman comienza su implementación de BIM en el Reino Unido en el año 2009. Desde aquellos comienzos hasta hoy, ha habido una larga andadura en el desarrollo de procesos, procedimientos, formación de los equipos y adopción de las herramientas de software y hardware necesarias para adecuar dicha implementación a las distintas áreas geográficas en las que la compañía tiene presencia y la diversa tipología de proyectos.

Ferrovial Agroman, como empresa constructora perteneciente a un grupo empresarial que cubre el ciclo completo de vida, identificó desde etapas muy tempranas los beneficios de aplicación de dicha metodología de trabajo entendida como la gestión eficiente de la información y, en particular, para el sector de la construcción.

La aproximación a la implementación de BIM en dos proyectos significativamente distintos desde el punto de vista contractual, presupuestario, de localización y equipos humanos, muestra cómo pueden identificarse y aprovecharse, en cada caso, los beneficios que la metodología BIM puede aportar.

## PALABRAS CLAVE

BIM, ciclo de vida, prefabricación, túnel

## ABSTRACT

*Ferrovial Agroman starts implementing BIM in the UK back in 2009. Since then up to today, there has been a long way developing processes, procedures, training plans and the adoption of the necessary software tools and hardware to each specific geographical area where the company has a presence and according to the typology of each project.*

*Ferrovial Agroman, as part of a conglomerate which covers the whole-life-cycle, identified from the early stages the benefits of the BIM methodology, from the perspective of managing information in an effective and efficient way, for the construction sector.*

*The approach to the BIM implementation in two projects significantly different from the contractual, budgeting, size, location and human resources perspectives show how the benefits from implementing BIM can be identified and enjoyed in both scenarios.*

## KEYWORDS

*BIM, lifecycle, prefabrication, tunnel*

## Introducción

Ferrovial Agroman comienza su implementación de BIM en el Reino Unido en el año 2009, siete años antes de que su utilización fuera considerada obligatoria en proyectos públicos. Más específicamente, fueron los proyectos de Edificación del Aeropuerto de Heathrow (Edificio Terminal T2A y de Tratamiento de Equipajes T3B) en los que iniciamos la aplicación sistemática del uso de modelos federados entre las diferentes disciplinas no sólo para la coordinación del diseño generado por arquitectos, ingenierías y subcontratistas que colaboraban con nosotros, sino también para su uso en la obra en la identificación, mitigación y eliminación de riesgos asociados a la planificación, logística, seguridad y salud e incluso la aprobación por parte del cliente de la estrategia de operación y mantenimiento a partir del uso de dichos modelos.

En Ferrovial, como Grupo de empresas que cubre el ciclo completo de infraestructuras y edificios tuvimos claro los beneficios de aplicación de dicha metodología de trabajo entendida como la gestión eficiente de la información y, en particular, en Ferrovial Agroman como constructora, que su uso debería ir asociado a la mejora continua y a proporcionar valor añadido en lo que constituye nuestro core business: la construcción. También tuvimos claro el que, como metodología de trabajo, sería aplicable no sólo a la edificación sino también en la construcción de proyectos de obra civil fuera cual fuera su tipología. Por ello, y para alejar nuestra estrategia de implementación del mero uso de modelos, decidimos denominarlo FILM (Ferrovial Agroman Infrastructure Lifecycle Management)

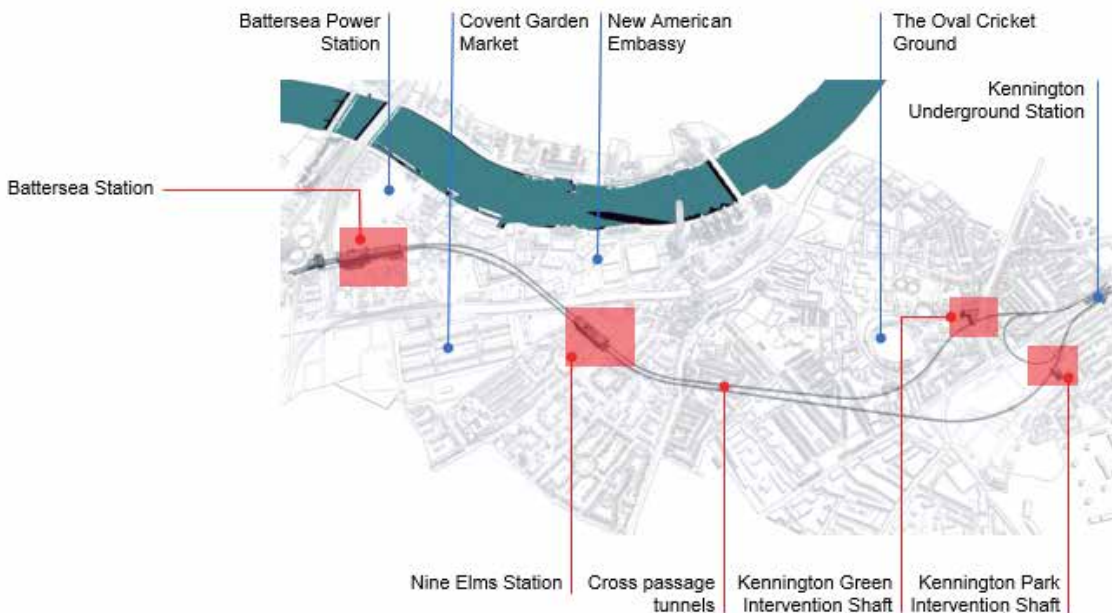
Si la estrategia era clara no lo era tanto el modo de acometer su implementación y de adaptar dicha metodología a cada proyecto independientemente del tipo de contrato (diseño y construcción, construcción, EPC,...), de la ubicación geográfica del proyecto y del nivel de obligatoriedad y compromiso

de subcontratistas y proveedores con su uso y, cómo no, del presupuesto de ejecución del proyecto. La ecuación era tan fácil o difícil de resolver como el conjugar de modo eficiente y particularizado las tres incógnitas que intervienen en el proceso de implementación: personas, procesos y tecnología.

No fue difícil entender que, de nada sirve la adquisición y uso del último software existente en el mercado si no existe un claro conocimiento de la gestión de la obra, se han revisado los procesos y procedimientos y su validez está testada más allá del “porque siempre se ha hecho así”, los equipos de obra disponen de la necesaria formación sobre qué es BIM y que, por supuesto, han comprendido que, antes de emplear un segundo en la modelización, hay que entender el valor que va a aportar y que, no sólo es la geometría, sino los datos y la información asociada los que marcarán la diferencia en la gestión presente y futura de las infraestructuras.

Desde el Departamento de Innovación de Ferrovial Agroman – responsable de la implementación de la metodología BIM en fase de obra– nos gusta responder cuando nos consultan sobre el nivel en el que nos encontramos que “aún estamos aprendiendo”. Y así deseamos que siga siendo, porque más allá de los dos países (Reino Unido y Australia) certificados por BSI –British Standard Institution– como Level 2 Compliance in BIM – Design, Construction and Project Management –, las más de 4.500 personas formadas a diferentes niveles en toda la compañía, las cerca de 90 licitaciones ofertas y los más de 52 proyectos – entre ejecutados y en ejecución – usando metodología BIM, nuestro compromiso sigue siendo la mejora continua de nuestros equipos.

Presentamos a continuación dos proyectos que responden a diferentes características contractuales en el uso de BIM, presupuestos tan diferentes como el alcance de los trabajos, equipos humanos y localización diversos.



## NORTHERN LINE EXTENSION (LONDRES. REINO UNIDO)

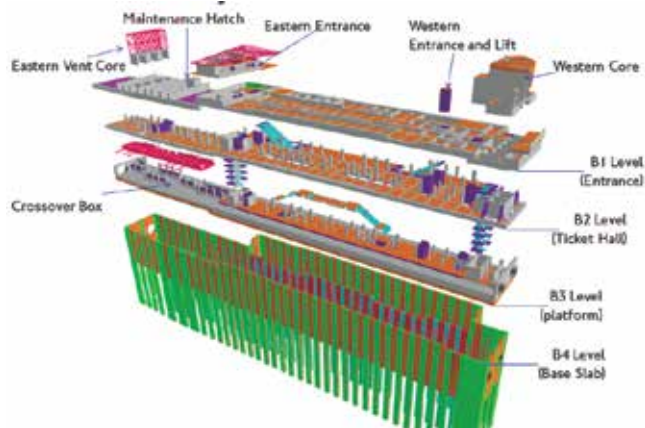
El proyecto de la ampliación de la línea Londinense de metro 'Northern Line Extension' (NLE) es la extensión de la red existente de la línea 'Northern Line' a través de un nuevo ramal que unirá la estación actual de Kennington con la antigua central eléctrica de Battersea, situada al sur del Támesis.

Con la extensión de la Northern Line, se mejorarán las conexiones de transporte y espacio público en la llamada 'Zona de Oportunidad' que cubre los barrios de Vauxhall, Nine Elms y Battersea o 'VNEB'. La nueva extensión de metro es por tanto una pieza esencial para la transformación de regeneración del area que incluye los edificios de nueva embajada americana y el nuevo mercado de Covent Garden, entre otros. La NLE se encuentra actualmente en construcción y se estima que la obra estará completada en el 2020.

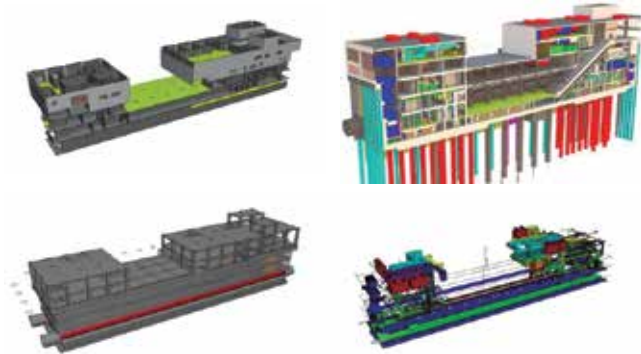
'Transport for London' a través de 'London Underground' es el cliente de este proyecto. Es un contrato del tipo de diseño y obra, en el que Ferrovial Agroman y Laing O'Rourke unidos en UTE (FLO JV) son los principales constructores.

La NLE se compone principalmente de las siguientes partes:

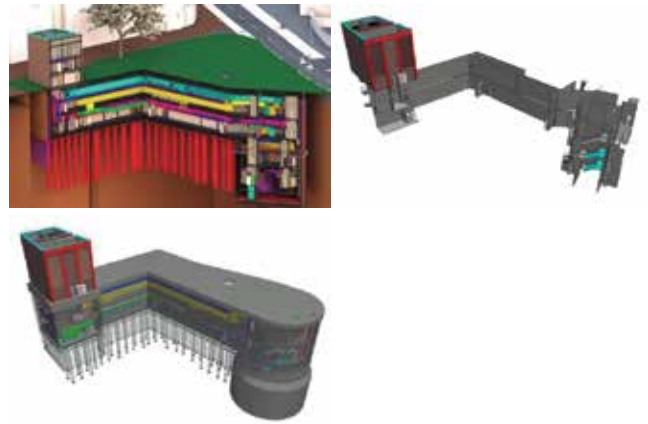
- Battersea Power Station: Nueva estación de metro con unas dimensiones de 230m de largo, 35m de ancho y 22m de profundidad.



- Nine Elms: Nueva estación de metro con unas dimensiones de 144m de largo, 33m de ancho y 25m de profundidad.

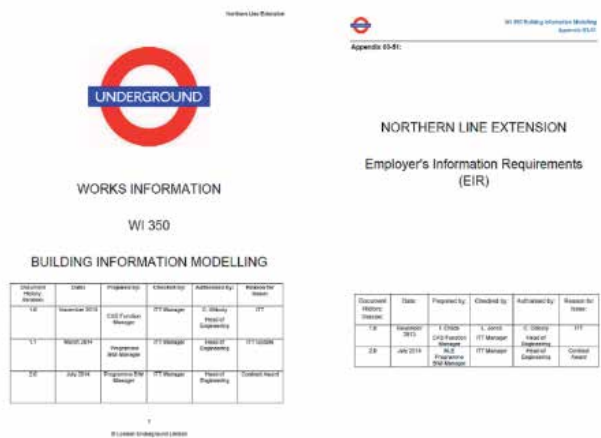


- Kennington Green Intervention Shaft: Pozo para el Sistema de ventilación. Dimensiones de 50m y 35m de largo, 13m y 10m de ancho y 24m de profundidad.



### El reto

El Proyecto de la NLE tiene unos altos requerimientos contractuales de BIM, definidos tanto en el 'Works Information' o en 'Employer's Information Requirements (EIRs)', que se pueden resumir de la siguiente manera:



### Información del Modelo del Proyecto (PIM)

- Nivel 2 BIM según definiciones de la especificación PAS 1192-2.

- "...aspiración de alcanzar el Nivel 3 durante la construcción..."  
- Estrategia BIM de NLE.

- Entorno de trabajo colaborativo.

- Ser usado como medio de comunicación de las distintas fases de diseño a toda la cadena de suministro.

- Ser usado por todo el proyecto para temas de diseño y constructivos: planificación, revisiones de diseño y coordinación, etc.

- Toda la información 'as-built' tanto modelos gráficos y planos a ser entregados según los estándares CAD de 'London Underground'.

### Información de activos

- Se requiere que el PIM proporcione datos en los formularios específicos sobre la información de activos.

Debido al alto nivel de exigencia de BIM se han ido creando muchos casos de uso aportando diversos beneficios al proyecto. Por ejemplo:

- Coordinación 3D entre las distintas disciplinas.
- Logística y trabajos temporales: análisis de espacios, rutas de maquinarias y almacenaje entre otros. Análisis de riesgos.
- Metodología constructiva para la estructura ascendente/descendente.
- Planificación 4D: conexión del programa de obra con los objetos de los modelos.
- Desmontaje de tuneladora: modelo específico para el desembalaje de las tuneladoras y los trabajos temporales que ocurren de manera simultánea.
- Validación de mediciones extraídas de manera tradicional.

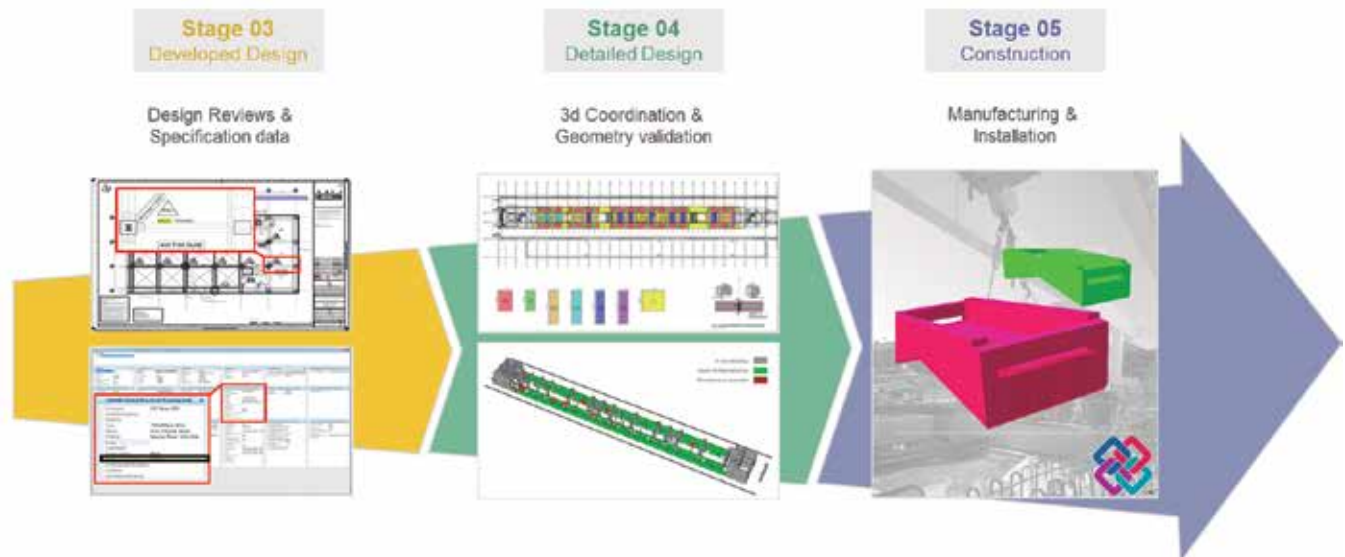
• Formación: plan educativo de todo el personal del proyecto según su puesto y rol de tal manera que puedan desempeñar su trabajo sacando el beneficio de la metodología BIM.

• Prefabricación y modularización: constituye el uso más significativo por los cambios que puede presentar y el impacto en la planificación. El diseño de los elementos prefabricados se valida usando modelos digitales de detalle, requeridos por parte de los proveedores de estructuras prefabricadas en Reino Unido. El modelo es parte de la información de diseño y es un entregable más dentro contrato. Las revisiones de diseño se realizan con el diseñador responsable para evitar de esta manera cualquier interferencia con otra disciplina, reducir el número de clarificaciones y retrasos posibles que pueden provenir, simplemente, de entender la geometría.

Estos modelos son revisados por el equipo de la UTE siguiendo los distintos procesos de coordinación, revisiones de diseño, y los planos de detalle. El proceso tiene las siguientes fases:

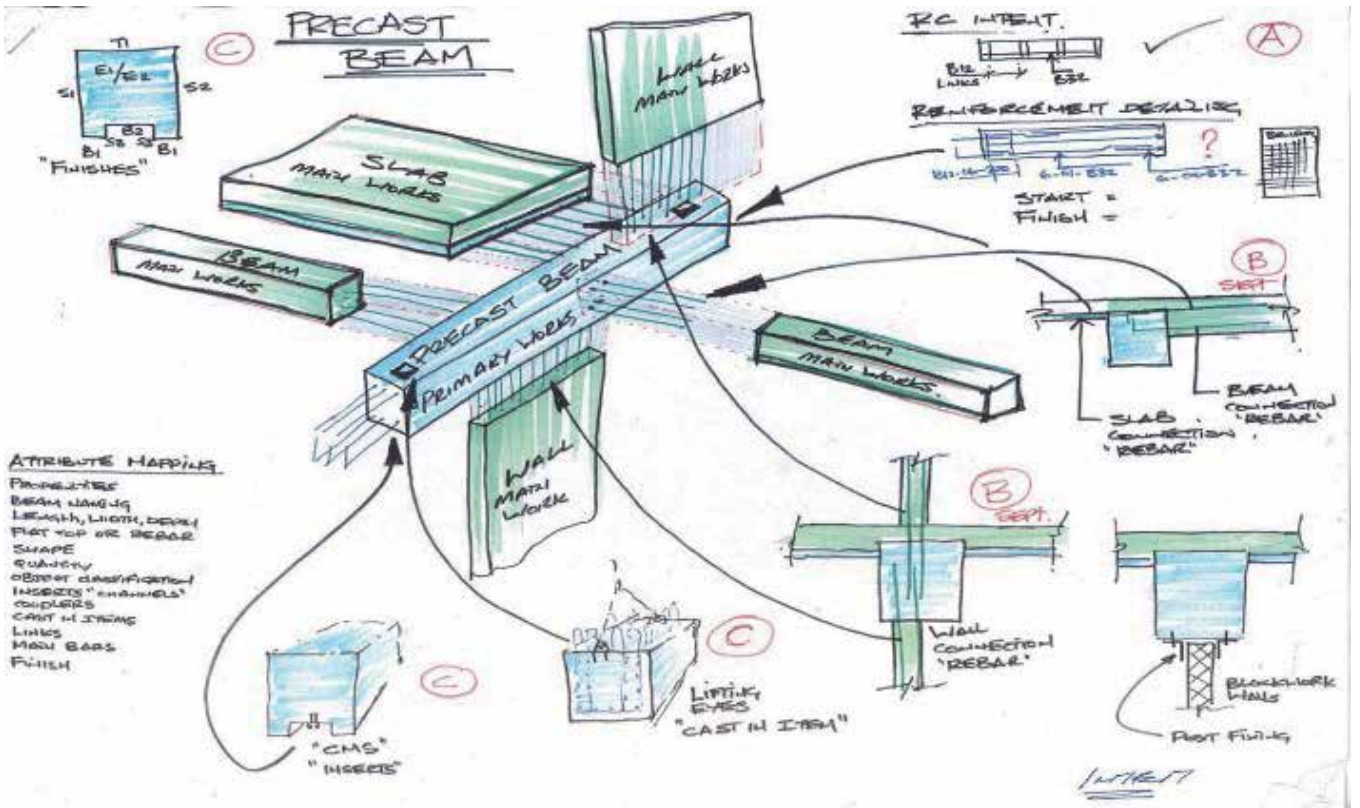
- Modelado de los elementos prefabricados de acuerdo al diseño principal y las condiciones de contorno estructurales con especial atención a la coordinación espacial con el resto de los elementos de diseño.

### Design Information Workflow through RIBA stages



### Digital Engineering Assistance Processes





- Entrega a los proveedores como geometría válida en formato IFC.

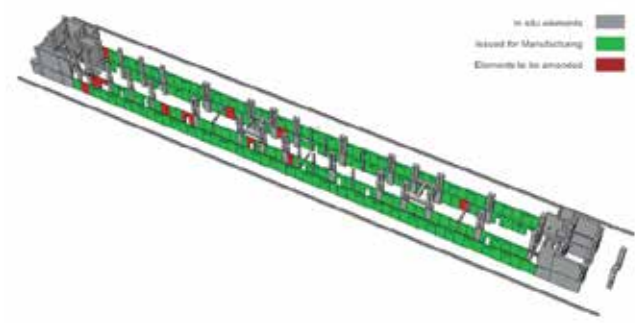
El uso de información no geométrica permite la incorporación de referencias únicas, de tal manera que evita duplicidades y permite:

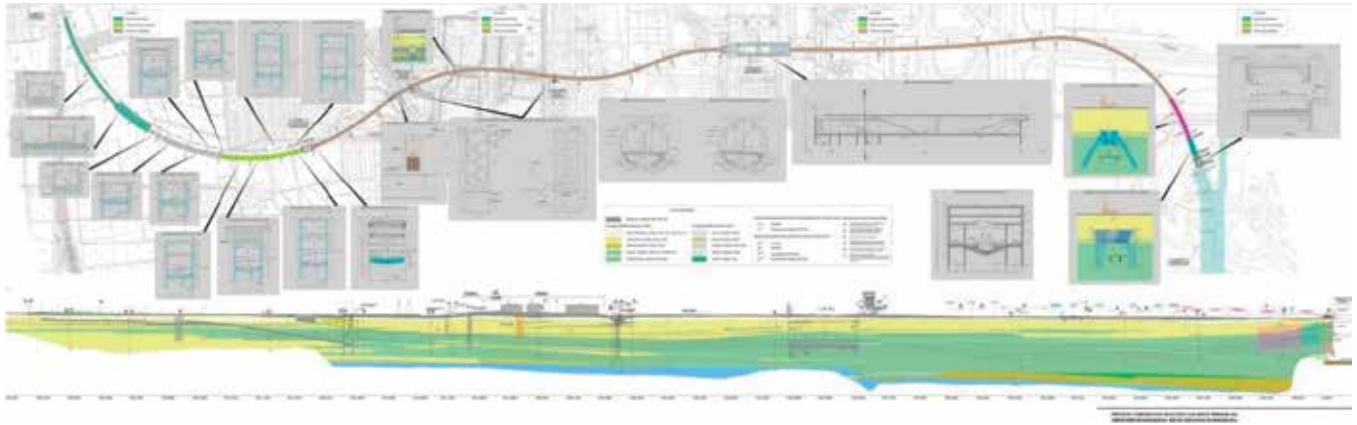
- Requisitos de entrega y su monitorización realizados según el modelo.
- Mayor trazabilidad de los elementos fabricados.
- Mayor efectividad en las comunicaciones entre todos los interesados.

El uso de la metodología BIM en un proyecto como la NLE está resultando esencial para cumplir con todos los requisitos de proyecto tanto en coste, programa, calidad, riesgos, seguridad y salud, medio ambiente, gestión de los interesados y en definitiva como parte de las comunicaciones dentro y fuera del proyecto.

*La NLE es un proyecto excitante y complejo desde el punto de vista técnico y de diseño. La utilización de BIM es esencial para asegurar la sostenibilidad de nuestros procesos y la ejecución con eficiencia y calidad a la primera. Estamos orgullosos de ser pioneros en este área y agradecemos el continuo apoyo al desarrollo de tecnologías desde Ferrovial*

LUIS RALLO. DEPUTY PROJECT DIRECTOR.





## NUEVOS ACCESOS FERROVIARIOS A LA TERMINAL 1 DEL AEROPUERTO DE EL PRAT (BARCELONA, ESPAÑA)

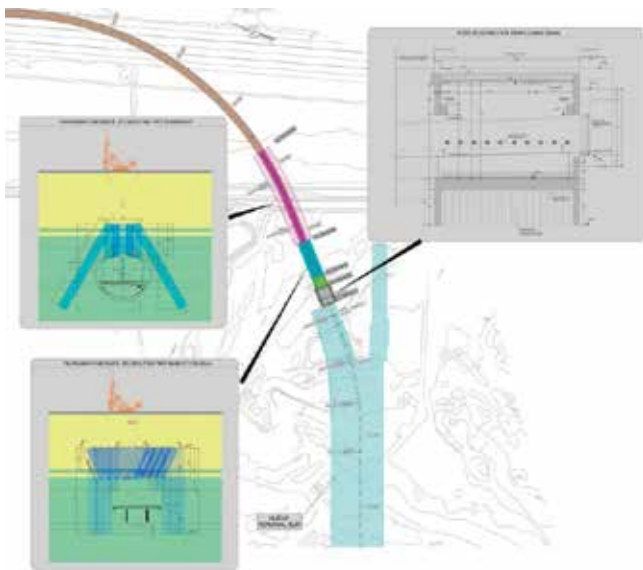
### El proyecto y la obra

Los Nuevos Accesos Ferroviarios a la Terminal 1 del Aeropuerto de El Prat, en Barcelona, es uno de los proyectos de infraestructuras ferroviarias más complejo actualmente en ejecución en España. El proyecto consiste en la construcción de un túnel ferroviario para doble vía para la red de Cercanías, que conecta la actual línea C2 con la nueva Terminal 1 del aeropuerto, con una longitud total de 4.495 m, de los cuales, 3.385 m corresponden al túnel que discurre bajo la Terminal 2.

### Zonas del proyecto

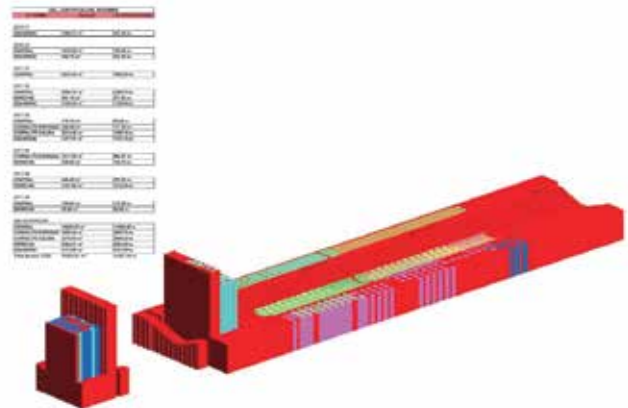
#### • El túnel

De los 3.385 m de longitud total del túnel, 2.830 m son ejecutados con una tuneladora (EPB) de 10,6 m de diámetro. La parte inicial, se ejecuta entre muros y pantallas, a partir de la cual comienza la ejecución con tuneladora (EPB). El túnel recorre por su parte inferior la autovía C31, el polígono industrial Mas Blau y Canal de la Vidaleta, para entrar en el aeropuerto y cruzar por debajo del terminal T2 y las pistas hasta finalizar en la estación existente bajo la nueva Terminal



#### • La Estación Intermodal

A su paso hacia la Terminal 1, el túnel se detiene en la estación intermodal enterrada de 220 m de longitud, dividida en tres niveles que recoge el flujo de viajeros procedente de la línea 9 de Metro, haciendo desaparecer la pasarela de conexión entre la actual Estación de Cercanías y la T2.

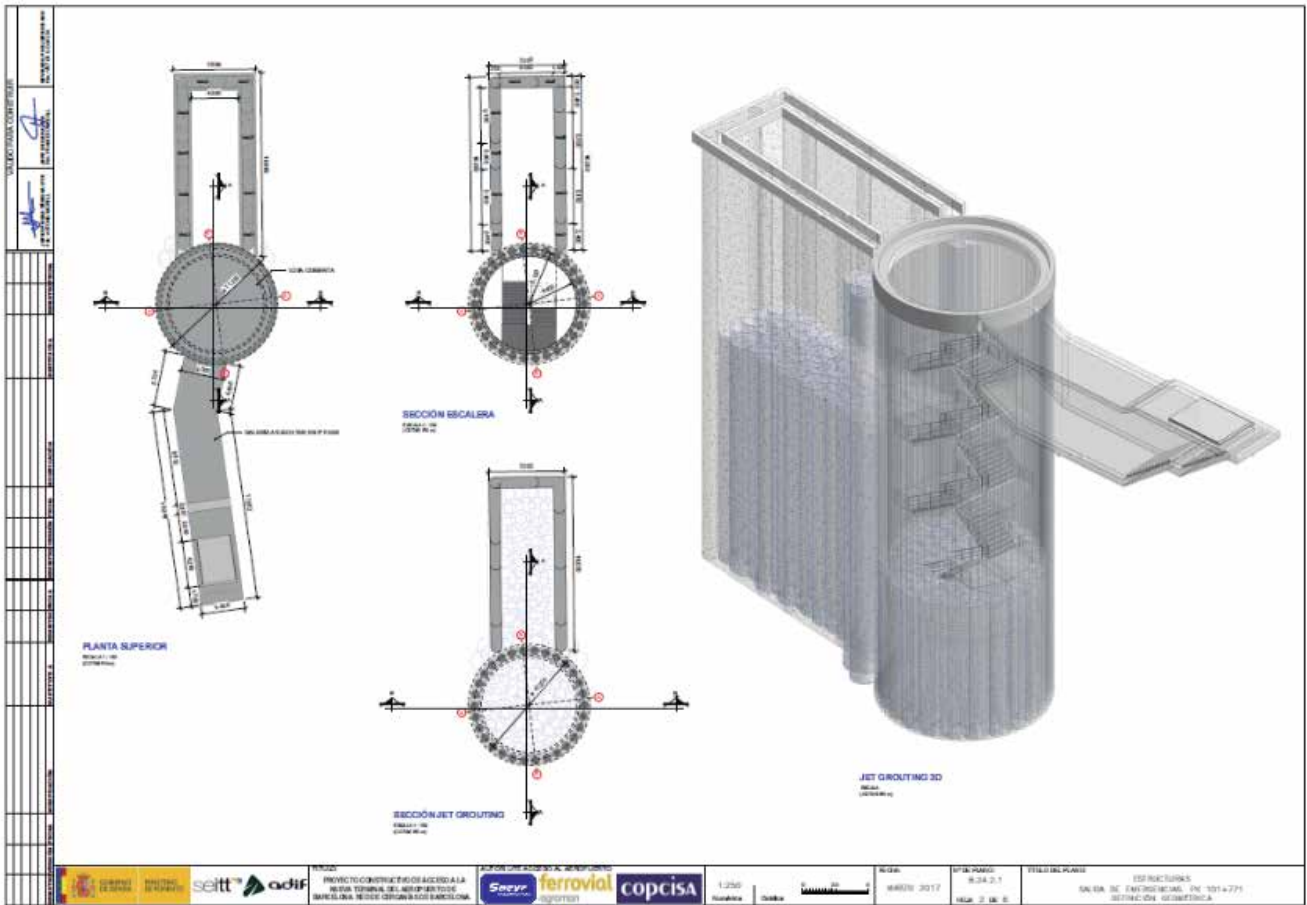


• Construcciones puntuales: pozos y salidas de emergencia  
El proyecto se completa con 5 salidas de emergencia y pozos de ventilación repartidos a lo largo de toda su longitud, así como diversas intervenciones de refuerzo de algunas estructuras.

### Métodos de ejecución

El proyecto tiene ciertas complejidades que lo singularizan aún más. El bajo nivel freático impide la excavación directa entre pantallas, lo que obliga a la constructora a saturar el terreno mediante columnas de Jet Grouting a lo largo de todo el trazado a cielo abierto así como en las inmediaciones del emboquille y pozo de extracción de la tuneladora.

Por otro lado, trabajar en una zona aeroportuaria en funcionamiento, y especialmente en zonas de pistas de circulación de aviones, hace que la ejecución del proyecto requiera altos niveles de coordinación y control de ejecución. Es por ello, que BIM está sirviendo como herramienta de coordinación y comunicación de unas determinadas tareas y actividades que presentan mayor complejidad y control.



### La metodología BIM en el proyecto

- El proceso de implementación  
 La aplicación de BIM en este proyecto, ha sido todo un reto para Ferrovial Agroman desde el comienzo de los trabajos de construcción. A diferencia del caso anterior del metro de Londres, en esta ocasión, la utilización de BIM no era requerimiento contractual sino una iniciativa de Ferrovial Agroman para mejorar la gestión del proyecto así como sus procesos y procedimientos. Transcurridos varios meses desde el comienzo de la implementación, se unieron el resto de empresas de la UTE ( SACYR y COPCISA) que ejecutan el proyecto constituyéndose así el escenario ideal de colaboración en la que se fundamenta esta metodología.

Por otra parte, no se trataba de un proyecto de diseño y construcción sino únicamente de ejecución en la que el diseño se había realizado de modo tradicional lo que requería no sólo la creación de modelos iniciales al comienzo de la obra sino la definición e implementación de los procedimientos asociados a la metodología.

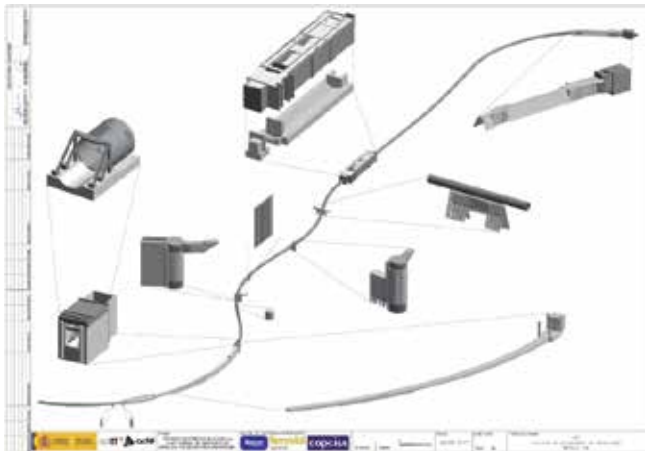
Además de los beneficios inherentes al propio proyecto, esta iniciativa ha formado parte del plan diseñado por el Departamento de Innovación y la Oficina Técnica de Ferrocarriles para implementar metodología BIM en grandes proyectos de infraestructuras ferroviarias mediante proyectos piloto. Por supuesto, es fácil comprender que el objetivo último no es la realización de proyectos piloto sino la formación del personal de oficina y de obra así como la adecuación de los procedimientos de trabajo a esta metodología.

Progresivamente, el personal de obra ha podido comprobar la existencia de procesos y actividades donde BIM podía resolver problemas de plazos y minimizar los recursos dedicados a ellas.

- Usos de BIM en el proyecto  
 Es difícil de valorar lo que se denomina como grado de implementación de BIM en un proyecto. Sin embargo, podemos afirmar y demostrar que, en este proyecto, se han aplicado la mayor parte de los usos de BIM identificados para la fase de construcción:



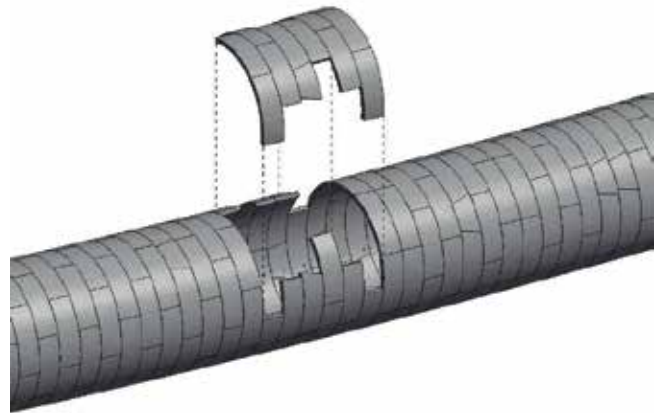
- Coordinación de proyecto.- a través de modelos federados con todas las disciplinas del proyecto, ha sido posible la identificación de errores y soluciones antes de la ejecución de algunas partidas.



- Control de mediciones.- a través del modelo, se han podido detectar discrepancias con los procesos de medición tradicionales, que han permitido llevar un control más exhaustivo de las mediciones en el proyecto. A través de este mismo proceso, la obra ha podido llevar el control de la producción y las certificaciones entre subcontratistas y con la propia dirección de obra.



- Control de planificación.- a través del modelo BIM, y mediante el uso de software específico de planificación se han podido simular algunas de las actividades más complejas y que necesitaban un mayor control para permitir aprobaciones y cumplimiento de plazos.



#### *La importancia de la Gestión Eficiente de la Información*

Durante las diversas etapas de cualquier proyecto, y en cualquiera de sus fases; proyecto, construcción o mantenimiento; se genera una gran cantidad de información que convierte en una tarea compleja su gestión (organización, almacenamiento y utilización posterior)

A lo largo del proyecto, ha habido varios desafíos de gestión masiva de información, por lo que ha sido necesario recurrir a herramientas sofisticadas que permitiesen esta tarea, así como la automatización de ciertas actividades muy repetitivas y con una alta posibilidad de error humano. Con este fin, se ha realizado un modelado basado en la parametrización utilizando el software de programación visual: Dynamo, que se complementa perfectamente con otras herramientas que habituales de gestión de la información en la construcción, como la monitorización de los procesos de producción de obra a través de tablas de seguimiento. La fiabilidad y facilidad de seguimiento visual con herramientas BIM, están permitiendo un manejo mucho más sencillo de toda esta información. 📍

La metodología BIM  
en la elaboración de  
proyectos de

# estructuras e infraestructuras en Idom



CARLOS  
**Castañón**



BEATRIZ  
**Suárez**



JOSÉ MANUEL  
**González**



JULIO  
**Martínez**



JOSÉ RAMÓN  
**Del Olmo**

## BIM o la metodología de la colaboración

La metodología BIM nace con la voluntad de impulsar la innovación en el sector de la construcción, aspecto en el que ha permanecido inmóvil durante años.

Para que la implantación BIM en una empresa resulte atractiva y no suponga un esfuerzo excesivo, no sólo debe justificarse desde el punto de vista de la calidad, sino que debe traer consigo un notable ahorro en los costes del ciclo de vida del objeto construido de modo que se justifique el esfuerzo y la inversión que requiere y se empuje desde todos los ámbitos para su adopción.

En un primer peldaño, BIM apunta claramente a la inversión en disciplinar y optimizar los flujos de trabajo durante el diseño (fases CAPEX de menor coste) para agilizar y abaratar la obra (fase CAPEX de mayor inversión) e introducir mayor capacidad de mejora productiva en la gestión, operación y mantenimiento de los activos construidos (OPEX).

La metodología BIM ha traído consigo unas necesidades de colaboración entre los interesados que choca con la práctica más o menos autónoma que ha guiado la construcción tradicional.

“Las decisiones que no se adopten en esta fase, ya se tomarán en la siguiente”, es una práctica habitual en el proceder tradicional de los proyectos –sin valorar el coste que acarrea trasladar dichas incertidumbres o realizar cambios cuan más avanzado se encuentra el proyecto– que BIM busca evitar. BIM debe permitir llegar al inicio de obra con un diseño inequívoco y perfectamente definido y coordinado, de modo que se eliminen las dudas del constructor (lo que le permitirá ajustar mejor su oferta), se pueda planificar exactamente el desarrollo de la obra (eliminando contradictorios y paradas, y reduciendo el tiempo efectivo

## RESUMEN

El empleo de la metodología BIM en el proceso de elaboración de un proyecto de ingeniería está desplazando a las prácticas hasta hace poco habituales de redacción de proyectos. BIM permite llegar al inicio de obra con un diseño inequívoco, perfectamente definido y coordinado, de modo que se pueda ofertar ajustadamente y planificar el desarrollo de la obra por parte del contratista. Para ello es necesaria la colaboración e implicación temprana de los diferentes agentes que intervienen en un proyecto, desde los diseñadores hasta el constructor, pasando por la propiedad.

IDOM ha implantado esta metodología en su proceso de elaboración de proyectos, de forma casi total en los proyectos de edificación y hasta cierto punto en los de infraestructuras.

En el artículo se describen ciertos aspectos que la metodología BIM implica en los proyectos de estructuras y de infraestructuras, así como una serie de ejemplos de proyectos en los que se ha empleado.

## PALABRAS CLAVE

BIM, proyecto de estructuras, proyecto de infraestructuras, diseño y cálculo de estructuras

## ABSTRACT

*The use of BIM methodology in the development of an engineering Project is gradually replacing previously employed practices. BIM allows reaching the start date of Works on-site with an unmistakable, perfectly defined and coordinated design, so that a Constructor may prepare a fine-tuned bid and plan the works. For this to happen, all the agents involved in a Project, from the Designers to the Constructors, including the Owner, have to collaborate together and have an early involvement.*

*IDOM has implemented this methodology in its project development process, almost entirely in all building projects and up to a point in infrastructure ones.*

*This article describes certain aspects that BIM methodology implies in structure and infrastructure projects, together with a series of Project examples where it has been employed.*

## KEYWORDS

*BIM, structural Project, infrastructure Project, structure analysis and design*

de construcción) y genere un entregable final que simplifique y acelere la puesta en marcha y gestión del activo construido: la obra.

Nuestra experiencia nos dice que la alineación del diseño con la producción BIM es fundamental. De nada vale generar una gran producción, con los recursos que ello implica, si las bases e hipótesis de diseño son aún endebles y por tanto susceptibles de cambio. “El papel lo aguanta todo” y no es extraño encontrarse en un plano elaborado por una metodología tradicional con tamaños y trazados aproximados que producen ajustes imposibles. BIM elimina este caos. El modelo virtual es desvergonzadamente honesto, dejando expuestas las debilidades del diseño: ello fuerza a que se aumente nuestra exigencia.

Para que BIM sea efectivo, se requiere de una implicación temprana de todos los agentes que adelanten a las fases de menor inversión/hora (diseño) las tomas de decisiones y se eliminen así incertidumbres, replanteos, paradas y cambios durante la fase de mayor inversión/hora (obra). Ello requiere del cliente un seguimiento del diseño con más implicación, una revisión continua por parte de los consultores y especialistas, una realimentación del diseño con comentarios de los constructores y de los futuros mantenedores. En definitiva, un diseño y construcción virtual que haya alineado los esfuerzos de los diseñadores con las necesidades constructivas y los intereses del explotador.

### **BIM en proyectos de estructuras**

La metodología BIM se emplea en la práctica totalidad de los proyectos de edificación que se desarrollan en IDOM. Esta metodología de trabajo proporciona, frente a la anterior práctica convencional, una serie de ventajas que añaden un valor añadido a los proyectos y facilitan en gran medida la gestión y coordinación de todos los trabajos,

tanto en la fase de diseño, la fase de ejecución de la obra así como del mantenimiento posterior del edificio.

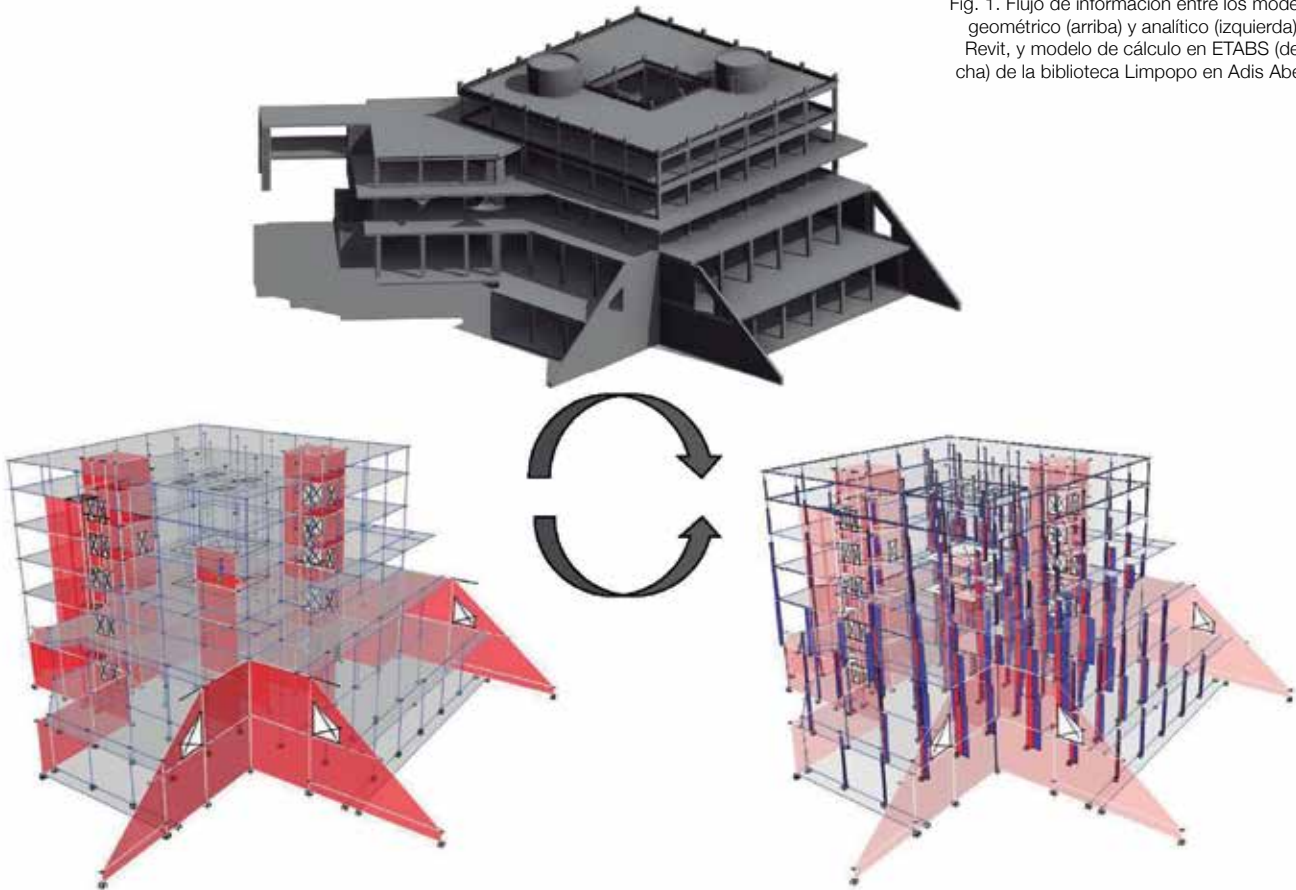
La existencia de un único archivo, o unos pocos vinculados, permite que el proyecto se desarrolle en un entorno colaborativo, en el que varias personas pueden trabajar o bien directamente sobre el mismo, o en archivos locales y posteriormente integrar los trabajos individuales. Así se consigue una mayor coordinación entre las distintas especialidades de los proyectos de construcción (Estructuras, Arquitectura, las diversas instalaciones...)

El modelo alimenta al resto de documentos como planos, mediciones... etc., por lo que los cambios o actualizaciones de diseño implican la actualización de manera automática de los mismos en todos y cada uno de los documentos. Eso permite reducir el tiempo dedicado a actualizar modificaciones “plano a plano”, asegurando que todos los documentos estén actualizados durante el avance del proyecto.

El ingeniero estructural está habituado a emplear unos determinados programas de cálculo y dimensionamiento de estructuras, así como herramientas de desarrollo propio. La mayor parte de los programas comerciales permiten una cierta vinculación e interoperabilidad para trabajar en BIM.

El enfoque habitual es el de hacer uso de la información geométrica, de materiales, seccional, etc. del modelo BIM, exportando/importando a formatos compatibles entre ambos programas, o por medio de APIs, y trabajarla en el programa cálculo, pudiendo posteriormente realimentar al modelo BIM con las actualizaciones pertinentes. Así, puede accederse a un modelo Revit por medio del Plugin CSIxRevit para ser manipulado por el programa de cálculo SAP2000 o ETABS, o puede trabajarse en el formato IFC en CYPE, por poner un par de ejemplos (fig. 1).

Fig. 1. Flujo de información entre los modelos geométrico (arriba) y analítico (izquierda) en Revit, y modelo de cálculo en ETABS (derecha) de la biblioteca Limpopo en Adis Abeba



Algunas recomendaciones para facilitar la posterior exportación del modelo gráfico al de cálculo, y de reducir el número de operaciones y manipulaciones posteriores para que éste último sea útil para el ingeniero, son:

- Activar la opción “*Enable Analytical model*” de los elementos
- Establecer varios niveles, unos para arquitectura y otros para estructura
- Modelar los elementos analíticos verticales (pilares y muros) de cara superior de forjado a cara superior de forjado, y siempre conectados entre ellos
- Modelar las vigas y muros analíticos a ejes de columnas
- Hacer uso de las opciones de unión y corte entre elementos para conseguir una correcta representación geométrica y medición.

No obstante, las geometrías muy irregulares, con secciones no paralelas ni perpendiculares entre ellas, con muchos niveles, planos inclinados, etc., suelen requerir un trabajo adicional complejo para “corregir” la geometría y hacerla útil en el programa de cálculo. El esfuerzo que dichas manipulaciones posteriores puede suponer, hace cuestionarse si para estos casos es recomendable el aprovechamiento del modelo Revit para exportar al programa de cálculo, o si es preferible levantar directamente esa estructura compleja en el programa de cálculo. Confiamos en que a medida que mejoren estos programas y su interoperabilidad, pueda ser realidad el trabajar sobre un mismo modelo, permitiendo el aprovechamiento de esfuerzo de modelado de unos equipos por otros.

A continuación se describen brevemente dos proyectos desarrollados en BIM en IDOM.

# 1 Ampliación del Aeropuerto Prince Sultan Bin Abdulaziz en Tabuk, Arabia Saudí

La actuación supone una superficie de 40.000 m<sup>2</sup>, consistiendo en una ampliación de la terminal existente, en la que se incluyen tanto estructura nueva como demoliciones y refuerzos de la estructura existente (fig. 2).

El proyecto se desarrolló íntegramente con metodología BIM en todas las disciplinas (arquitectura, estructura, las diversas instalaciones, ingeniería aeroportuaria...), siendo Revit el programa de modelado 3D a partir del cual se obtuvieron y vincularon el resto de documentos: planos, mediciones y especificaciones.

El flujo de información en este caso fue unidireccional ya que una vez exportado el modelo al programa de cálculo (ETABS, figura 3), la actualización de dimensiones de elementos estructurales, o los cambios posteriores ocurridos en el modelo de Arquitectura no fueron otra vez reimportados, sino que se incorporaron de forma independiente en cada uno de ellos.

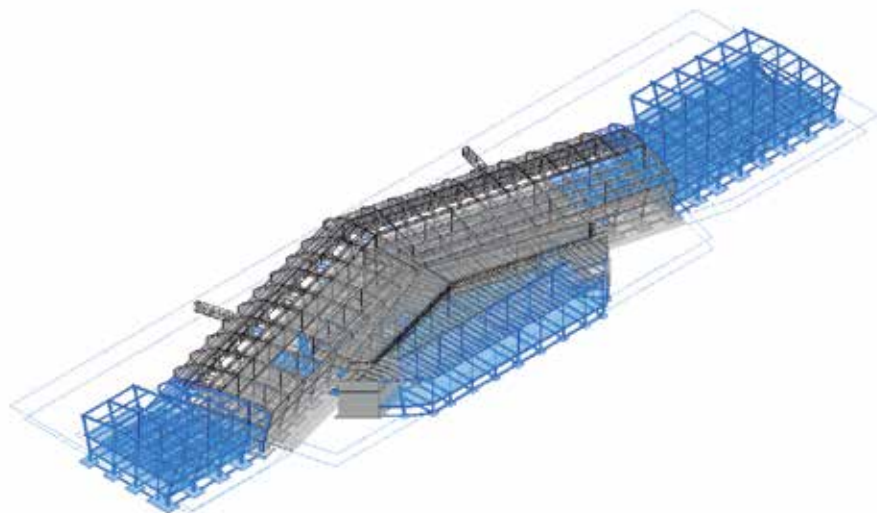


Fig. 2. Vista general del modelo Revit del Aeropuerto de Tabuk, resaltando las zonas de ampliación (azul)

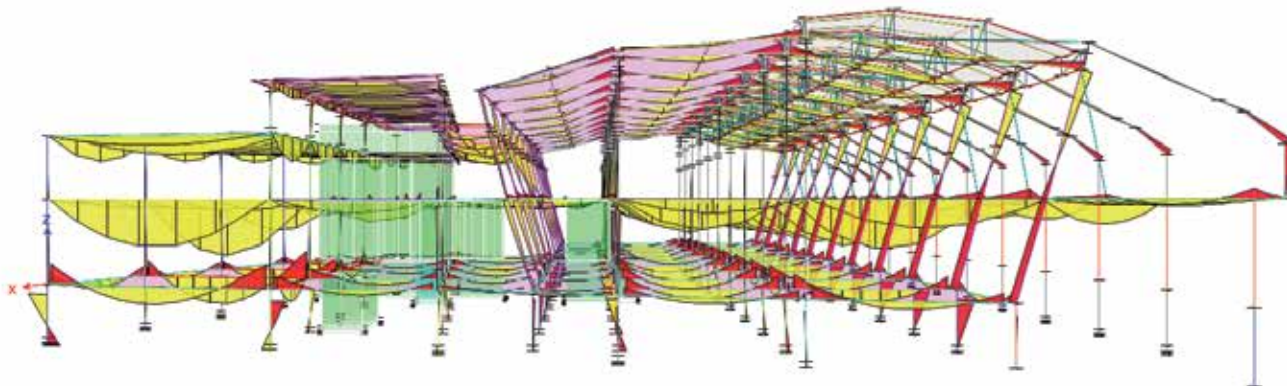


Fig. 3. Modelo de cálculo de la estructura del Aeropuerto de Tabuk, en ETABS

## 2 Centro Internacional Tequendama, Bogotá.

IDOM desarrolló el estudio y evaluación de las estructuras correspondientes a un conjunto de cinco edificios diseñados y construidos entre los años sesenta y setenta del siglo pasado que componen el Centro Internacional Tequendama, así como su verificación y posterior adecuación frente a acciones sísmicas de acuerdo a los requisitos recogidos en la normativa vigente en Colombia (figura 4).

El proyecto se desarrolló en Revit, levantando el modelo 3D de todos los edificios y generando a partir de éste todos los planos. La particularidad de este proyecto es que se partió del modelo generado en el programa de cálculo (ETABS) para posteriormente exportarlo a Revit por medio del Plugin CSIXRevit y continuar con el trabajo de Arquitectura e Instalaciones sobre ese modelo, invirtiendo la dirección usual de exportación-importación (figs. 5 y 6).



Fig. 4. Centro Internacional Tequendama. Vistas de los modelos Revit de los diferentes edificios

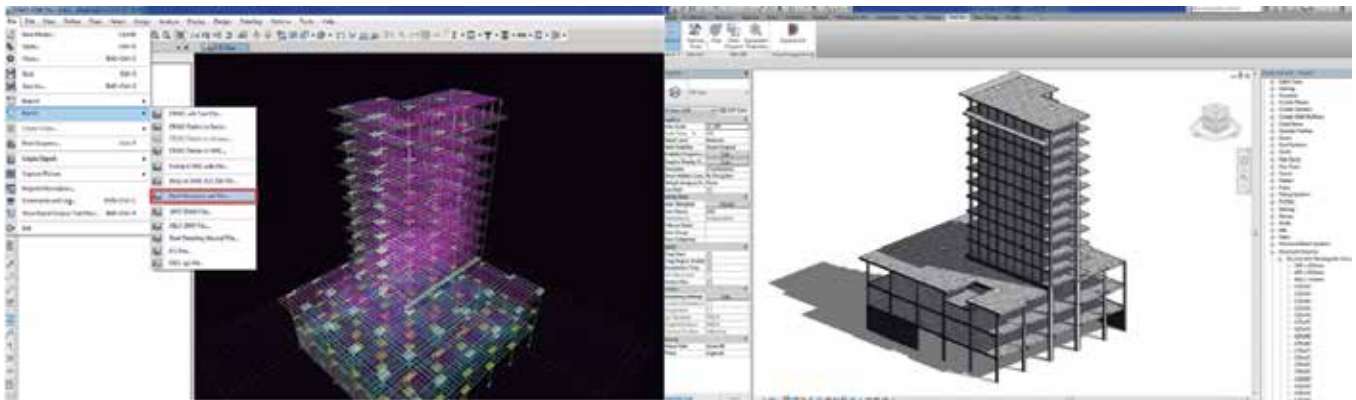


Fig. 5. Exportación del modelo generado en ETABS (izquierda) a Revit (derecha) por medio de CSIXRevit

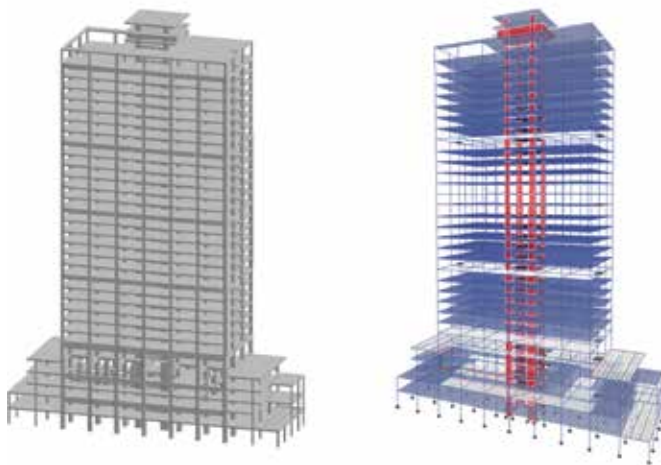


Fig. 6. Centro Internacional Tequendama. Modelo de cálculo en ETABS (derecha) del que se obtiene el modelo de Revit (izquierda)

## BIM en infraestructuras

En el mundo de la ingeniería, las Infraestructuras sean quizás las que se encuentran en fases más iniciales de implantación BIM respecto a la Edificación, en el que su adopción y desarrollo es significativamente mayor. Se presentan tres barreras importantes:

1. Hay en general un gran desconocimiento de BIM por parte de los clientes, y más respecto al BIM en infraestructuras. En muchos casos el cliente tiene la idea errónea de que BIM significa solamente un modelo 3D, que permite generar unas infografías maravillosas y unos videos realistas, obviando por completo otras posibilidades que a pesar de no ser tan visuales son bastante más importantes, como por ejemplo una mejor planificación de la obra, una estimación de costes más ajustada o un estudio más certero de la huella de carbono. Si el cliente conoce perfectamente todo esto será

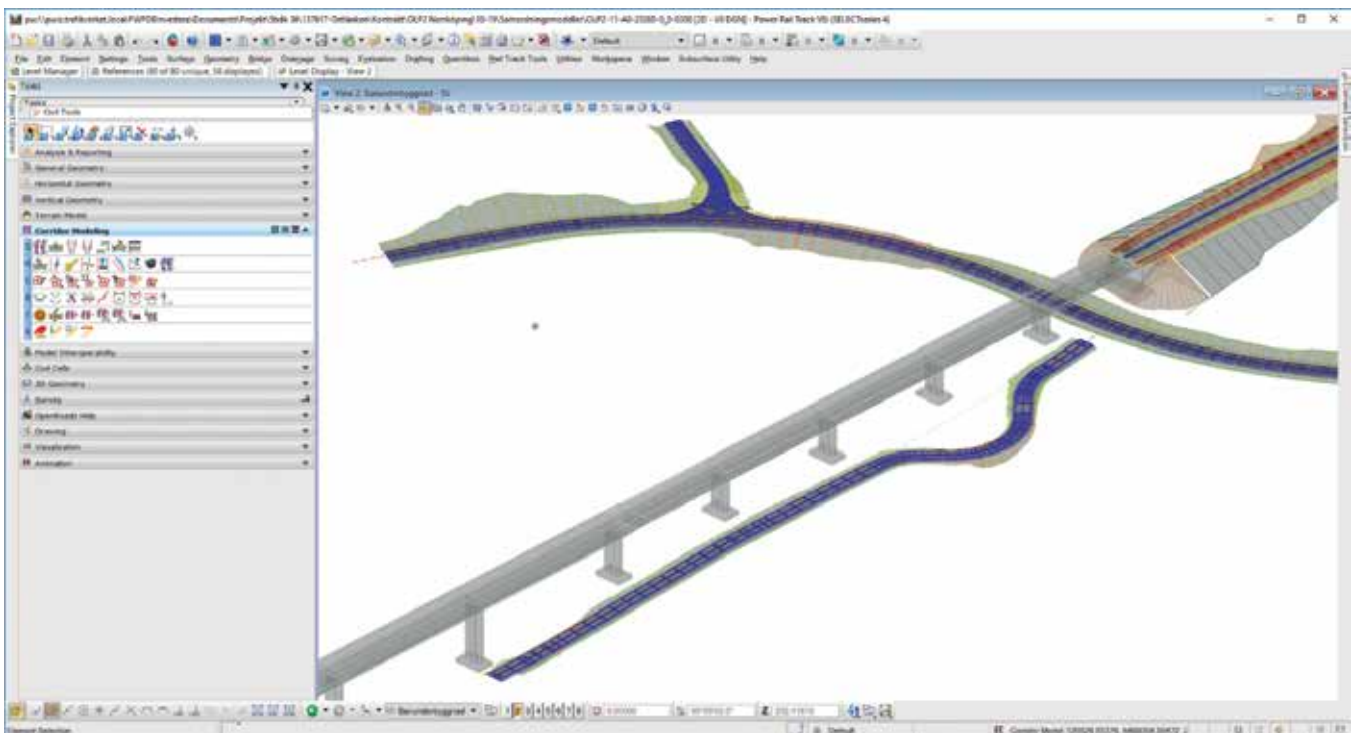
entonces capaz de valorar adecuadamente las distintas ofertas económicas y técnicas presentadas.

2. Existen multitud de programas, para cada una de las especialidades de Infraestructuras. Es necesario saber cómo interaccionan entre ellos, sus últimas actualizaciones y mejoras; ya que de ello depende mucho el buen funcionamiento de un proyecto BIM.

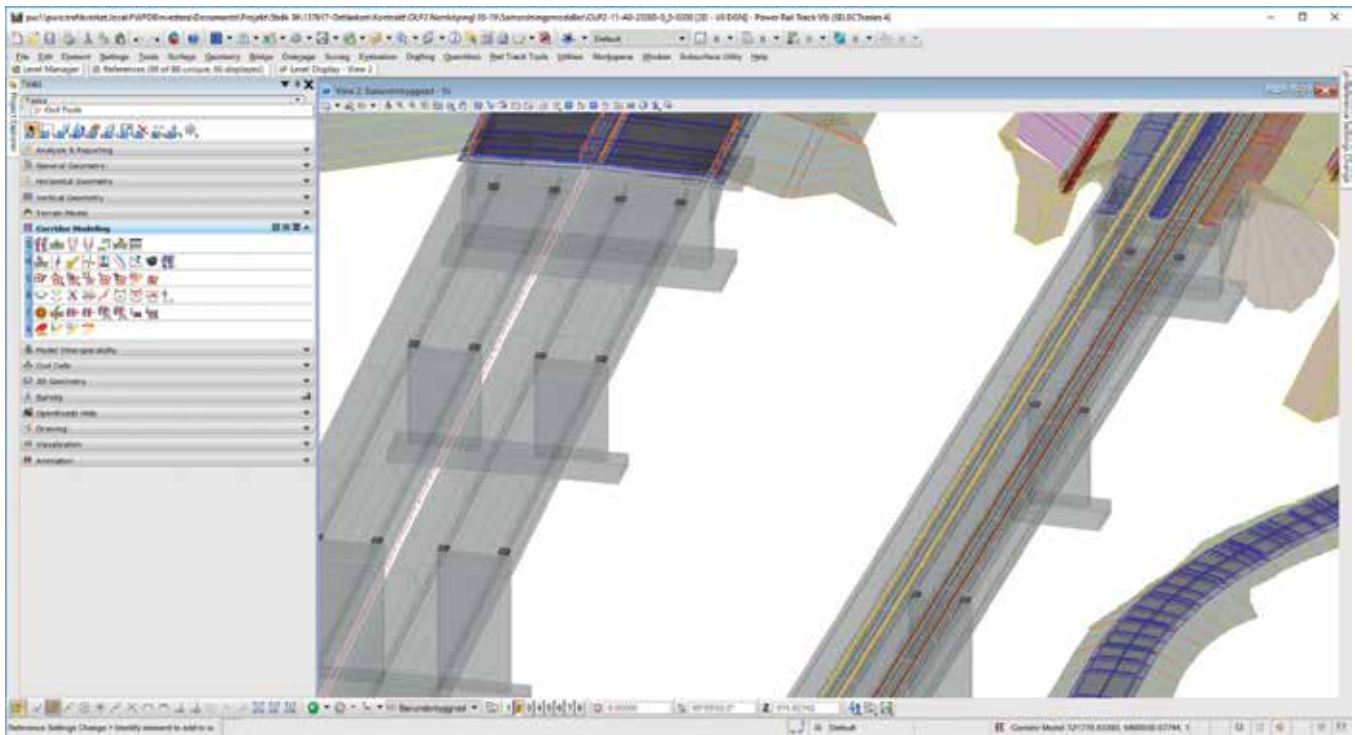
3. La escasa implantación en las empresas y la poca experiencia de sus técnicos, obliga a realizar una importante inversión en *software*, *hardware* y formación.

Es imprescindible crear junto al cliente una base sólida de cuál es la meta que se quiere conseguir con el modelo BIM en cada una de las etapas del Proyecto, ciñéndose a un BEP (*BIM Execution Plan* –Plan de Ejecución BIM–) a establecer para cada encargo.

Fig. 7. Modelado de superficies para la plataforma ferroviaria de la LAV Östlänken (Suecia) mediante el empleo de la aplicación Bentley Power Rail Track SS4







A modo de ejemplo, no tiene sentido modelar las traviesas de un túnel ferroviario bajo una ciudad, si el fin que se busca con el modelo BIM es ver la afección de las cimentaciones de los edificios y las canalizaciones de servicios.

En contrapartida a estos inconvenientes las ingenierías españolas aportan capacidad de investigación, valor y esfuerzo para afrontar estos cambios que ya no son un futuro sino un presente.

Como ejemplo de uso de BIM en infraestructuras, IDOM lleva colaborando desde hace 3 años con la empresa sueca Sweco en el diseño de la primera línea de alta velocidad en Suecia (Östlanken), dentro del tramo Lodbj-Klinga de aproximadamente 45 km de longitud. El proyecto se está desarrollando íntegramente en un entorno BIM, empleando la herramienta

ProjectWise como plataforma colaborativa y de gestión documental (figs. 7 y 8)

IDOM se ha encargado tanto de la definición geométrica del trazado como del diseño del modelo de la plataforma ferroviaria. La herramienta empleada para realizar estos trabajos ha sido el programa Power Rail Track SS4.

### Conclusión

Se han repasado ciertos aspectos de la metodología BIM que influyen en la redacción de proyectos de estructuras y de infraestructuras, así como una serie de ejemplos de proyectos en los que se ha empleado esta metodología en IDOM. Su implementación es casi total en los proyectos de edificación, mientras que en los de infraestructuras aún se encuentra en una etapa más iniciática. 📍

Fig. 8. Modelado de superficies para la plataforma ferroviaria de la LAV Östlanken (Suecia) mediante el empleo de la aplicación Bentley Power Rail Track SS4 (detalle)



## MIGUEL A. Heras

Ingeniero de Caminos, Canales  
y Puertos  
Director de Transformación  
Digital en Acciona  
Infraestructuras

## RUBÉN Mazarico

Ingeniero de Caminos, Canales  
y Puertos  
BIM Manager en Acciona  
Infraestructuras



# Implantación BIM

## en el Tren Ligero de Sídney

### RESUMEN

ACCIONA INFRAESTRUCTURAS trabaja desde 2008 en la introducción progresiva de la metodología BIM en los procesos internos de la compañía. Centrados inicialmente en los proyectos de edificación, en 2012 se incorpora la obra civil para dar respuesta a los grandes proyectos internacionales. En 2015 dentro del plan de implantación BIM de la compañía, se identificó el proyecto del Tren ligero de Sídney para ser el primer gran proyecto de infraestructuras donde ACCIONA iba a implementar BIM. Fue necesario definir una estrategia transversal que involucraba a todos los equipos del proyecto y se adaptaba a los requisitos y objetivos perseguidos.

En este artículo se pretende dar una visión general de la implantación de la metodología BIM en un gran proyecto de infraestructuras internacional. Se focalizará en el cambio cultural que el personal experimenta ante estos nuevos flujos de trabajo y al uso de tecnologías y entornos de trabajo capaces de colaborar e intercambiar información de forma más eficiente.

### PALABRAS CLAVE

BIM, metodología, implantación, tecnología, personas, procesos, estándares, interoperabilidad, valor añadido

### ABSTRACT

ACCIONA INFRAESTRUCTURAS has been working since 2008 on the progressive introduction of the BIM methodology in the internal processes of the company. Initially focused on building projects, in 2012 civil works were incorporated to respond to major international projects. In 2015, as part of the company's BIM implementation plan, the Sydney Light Rail project was identified as the first major infrastructure project where ACCIONA was to implement BIM. It was necessary to define a transversal strategy that involved all the project teams and was adapted to the requirements and objectives pursued.

### KEYWORDS

BIM, methodology, implementation, technology, people, processes, standards, interoperability, added value

# 1

## Descripción del proyecto

El consorcio (ALTRAC Light Rail) formado por ACCIONA, Transdev Sydney, Alstom Transport Australia y Capella Capital, son responsables de financiar, diseñar, construir, explotar y mantener la nueva red de tren ligero “Sídney CBD and South East Light Rail” para Transport for New South Wales (TfNSW). Con un presupuesto de 2.100 millones de dólares australianos (unos 1.400 millones de euros), el proyecto incluye: 12 km de doble vía, 19 paradas, un puente sobre la autopista Eastern Distributor, una pasarela peatonal, un túnel debajo de Moore Park, las instalaciones del Centro de Control, 2 edificios de cocheras, 7 subestaciones, y multitud de reubicaciones de servicios afectados a lo largo del trazado.

El Tren ligero de Sídney es un proyecto urbano extremadamente complejo debido a la cantidad de servicios enterrados, y por el impacto a las comunidades de vecinos. Ante tales retos, y a pesar de no ser un requisito de cliente, ACCIONA decidió implementar BIM en el proyecto para reducir incertidumbre

durante el diseño y la construcción, mejorar la coordinación y comunicación entre las partes involucradas.

# 2

## Fase inicial: estrategia BIM y el cambio cultural que conlleva

La estrategia se cimentó sobre cuatro aspectos fundamentales: tecnología, personas, procesos y estandarización. Se buscaba implementar procesos más eficientes y transparentes a través del uso de tecnologías colaborativas. En primer lugar, se contó con el soporte de la dirección del proyecto para definir los objetivos y la forma por la que transversalmente se iba a transformar a los distintos departamentos. Había que entender como BIM impactaba en las labores y necesidades de cada uno de los departamentos; diseño, producción, topografía, calidad, medio ambiente, etc.

Se disponía de poco tiempo para desencadenar un cambio cultural que implicaba a un grupo de más de 225 personas, que había que capacitar y formar en software específico y en conceptos y nuevos flujos de trabajo. La solución fue generar una demanda

Fig. 1. Entrada desde uno de los ramales a las cocheras de Randwick



interna para que el propio personal lo necesitara. Esta demanda se creó introduciendo BIM en los procesos tradicionales, haciendo que el interés y la formación evolucionara de tener que perseguir al personal, a que fueran ellos mismos quienes lo solicitaran.

La estrategia BIM para el proyecto debía ser realista en cuanto a la implantación y consecución de objetivos. Los principales usos BIM implementados en el proyecto fueron: el desarrollo y coordinación del diseño, generación de planos y mediciones, análisis de visibilidad, uso e intercambio de datos con y para topografía, 4D y 5D.

Los usos de 4D y 5D son un caso interesante porque a pesar de estar identificados como objetivos de alto valor añadido, no pudieron ser implementados en su totalidad en el proyecto. Por un lado, tanto el diseño como la planificación cambiaban constantemente, y por otro la estrategia de volúmenes (desglose y organización de modelos) no permitía posibles automatizaciones de gran parte de los modelos del proyecto. En el caso de la estrategia de volúmenes quedó claro que una constructora no puede delegar la organización de los modelos en otros agentes. Una organización basada únicamente en criterios técnicos y organizativos del diseño no tiene por qué estar lo suficientemente alineada con el detalle de las estructuras de desglose de la planificación (WBS) y el coste (CBS). Resulta imprescindible tener cierto grado de alineación hasta un determinado nivel para poder coordinar los distintos sistemas y en consecuencia departamentos.

## **3** Fase de ejecución

### *3.1. Condiciones existentes*

En todo proyecto el levantamiento topográfico inicial es imprescindible para el desarrollo del diseño, pero más en un

entorno urbano y tan cambiante como el de la ciudad de Sídney. Aun siendo relativamente reciente, se detectó que la información proporcionada no reflejaba la realidad. Debido a proyectos anteriores que interferían con el trazado, multitud de bordillos, aceras, postes de iluminación, árboles y servicios (agua, luz, gas y telecomunicaciones) no estaban ubicados con exactitud e incluso, para los servicios, en algunos casos no se tenía constancia ni siquiera de su existencia. Se antojaba por tanto imprescindible el levantamiento de unas condiciones existentes fiables que permitieran la definición y coordinación del diseño.

De este modo, los elementos enterrados fueron modelados según la información *as-built* y de los datos de catas y sondeos, y los servicios afectados fueron actualizados con la información obtenida a través de una extensa campaña de geo-radar y pequeñas catas. Para las condiciones existentes por encima de la superficie se realizó una nube de puntos de alta densidad para los 12 km de trazado. La nube de puntos integrada con el diseño en desarrollo permitía verificar el progreso del mismo a la vez que facilitar la toma de decisiones. Además, su integración con los diseños permanentes y temporales junto con la zona de seguridad definida para operación y mantenimiento, permitió a los arbolistas analizar los follajes y zonas de crecimiento real de los árboles. Se pudo así reducir en un 23% el número de árboles afectados por el trazado, y que estaban siendo punto de conflicto entre el cliente y las comunidades de vecinos.

### *3.2. Ingeniería de diseño*

ACCIONA como encargada del diseño, construcción e integración de la obra civil contaba con 4 diseñadores especializados en sus respectivos campos: GHD-Jacobs para obra civil y ferrocarril, Cardno para los servicios afectados, Grimshaw diseño arquitectónico y Aspect para el diseño urbano y paisajismo. A pesar de no ser un

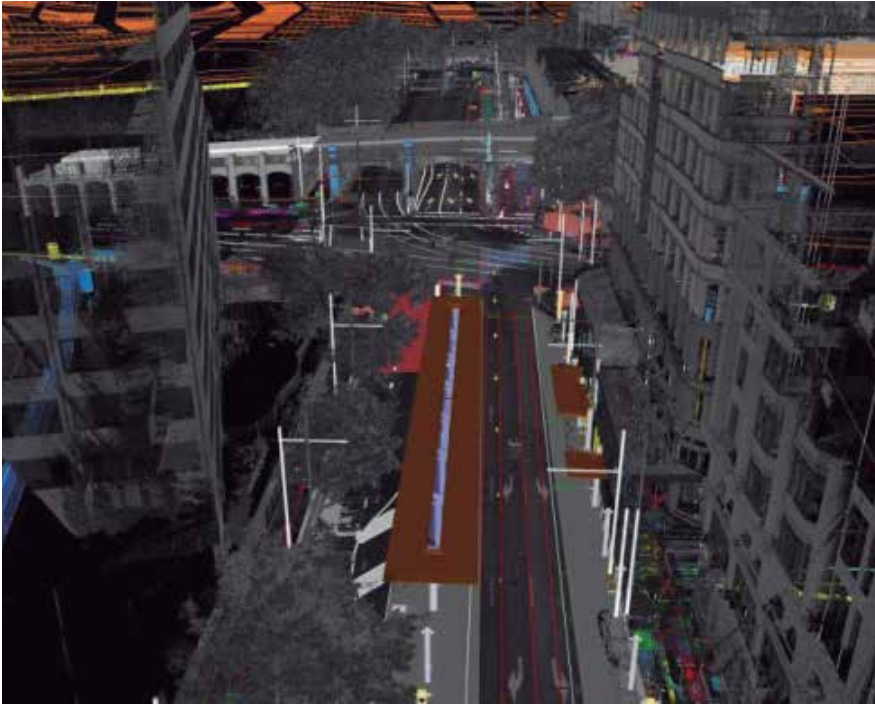


Fig. 2. Nube de puntos integrada en el modelo federado

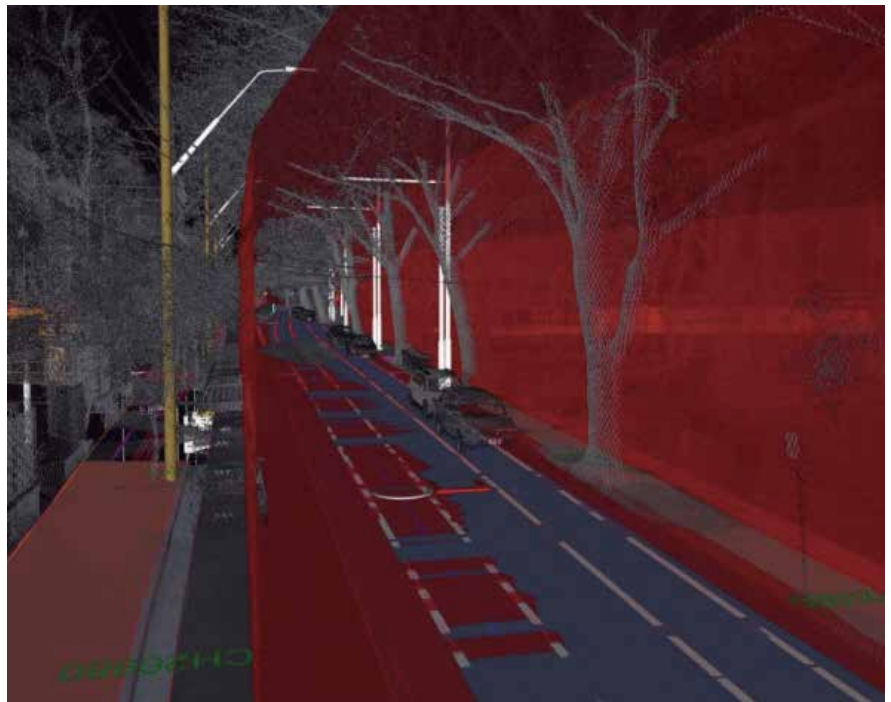


Fig. 3. Análisis de los arbolistas con la nube de puntos integrada en el modelo federado

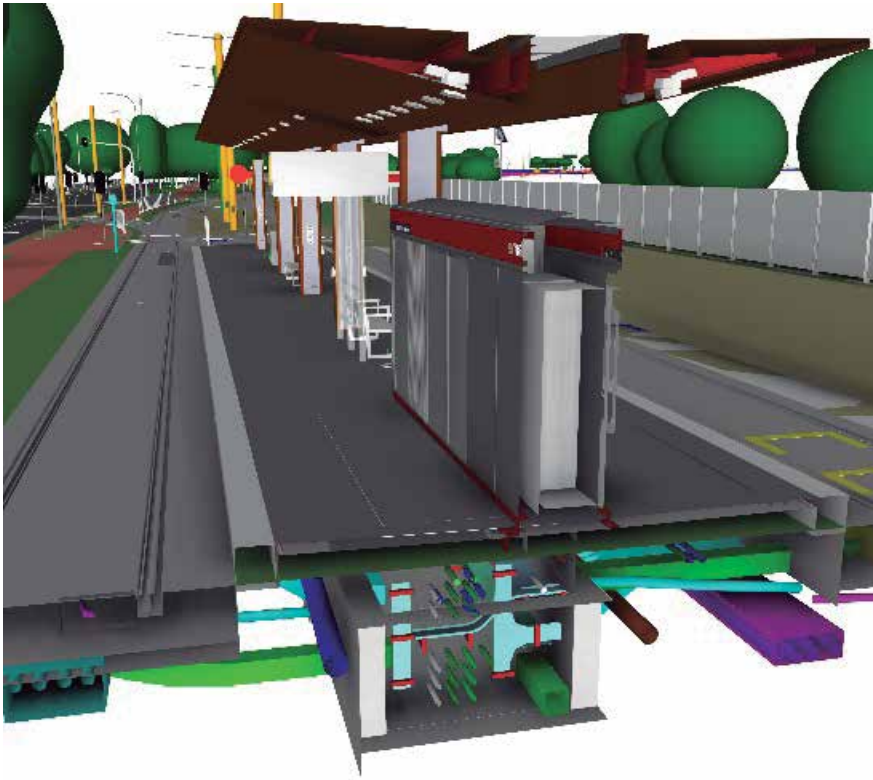


Fig. 4. Modelo federado de más de 250 modelos de disciplina

requerimiento de cliente, el desarrollo del diseño BIM se definió y acordó contractualmente con las 4 ingenierías especificando el desarrollo de un LOD 300<sup>1</sup> particularizado para este proyecto, los software y entregas en formato nativo y de intercambio.

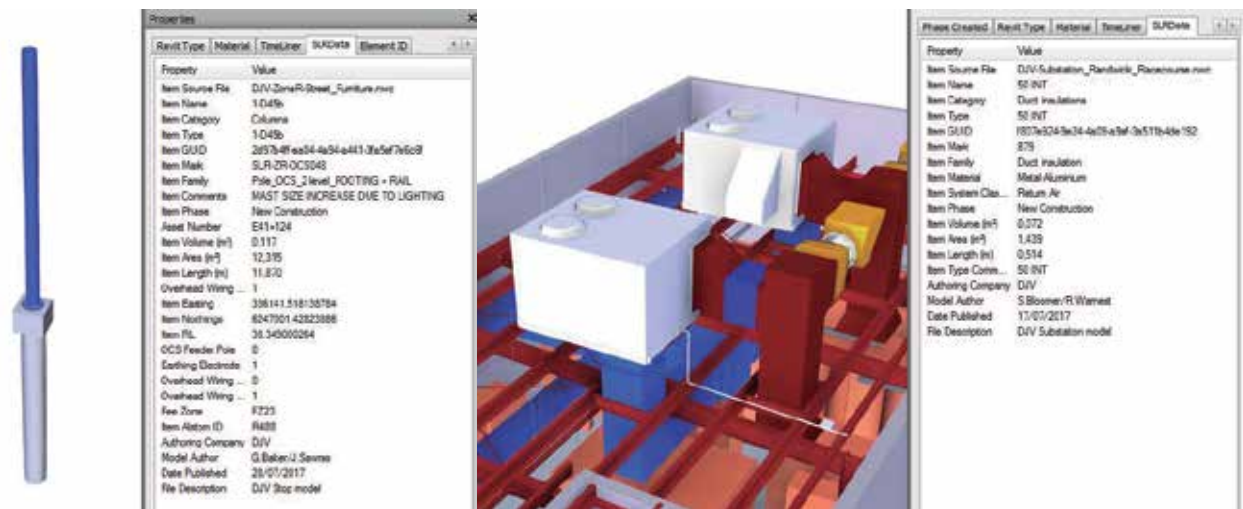
El diseño era producido por las ingenierías con 4 herramientas de diseño principales (Bentley Rail Track, 12D, Revit y SolidWorks). La inexistencia inicial del formato IFC<sup>2</sup> para software civiles dificultaba enormemente la coordinación e integración del diseño. En particular, hubo que realizar un gran esfuerzo junto con la casa del software civil australiano 12D para desarrollar su importación y exportación a formato IFC. Se definió un formato IFC específico para el proyecto

que aunque se separaba del estándar IFC, permitía el intercambio de modelos sin grandes pérdidas de información. El esfuerzo supuso poder intercambiar en vivo, revisar el diseño y coordinar todas las disciplinas del proyecto en un modelo federado en Autodesk Navisworks con más de 250 modelos de disciplina que se actualizaban semanalmente a través del entorno colaborativo (Common Data Environment – CDE<sup>3</sup>) definido para el proyecto.

El desarrollo de modelos BIM de disciplina y el nuevo entorno colaborativo se integran desde un principio en los equipos y procesos de diseño. Se implantan procesos más eficientes basados en la interoperabilidad de fuentes de información.

Fig. 5. Equipos de diseño y construcción en una reunión de coordinación para definir posibles reubicaciones de servicios afectados





En las fases iniciales, uno de los puntos habituales de discusión entre cliente, ingenierías y constructora, es el LOD. No como concepto genérico sino desde el punto de vista del desglose detallado de los activos de las disciplinas del proyecto que se convertirían en objetos del modelo. Esto sucede más si cabe en un proyecto de este tamaño y de infraestructuras, donde los estándares no acostumbran a definir la mayoría de los elementos civiles. De esta forma se define ad-hoc para el proyecto un nivel gráfico para los objetos que representan a los elementos de diseño, y un nivel de información que incluye la propia del objeto y otra de adicional añadida a posteriori en el modelo federado. Todo ello se integra en un modelo federado que permitía transferir fácilmente gran cantidad de información útil, seleccionada y bien organizada a todos los equipos del proyecto.

### 3.3. Gestión integral del diseño y la construcción a través de BIM

Una característica muy habitual de los proyectos internacionales es el marco contractual de diseño y construcción con modo "fast-track". En este formato, las fases de diseño y construcción se solapan coincidiendo en tiempo y lugar el desarrollo de una disciplina en diseño con la ejecución de otra en obra.

Al ser un proyecto "fastrack" una de las claves era poder retornar datos de campo al diseño. Con las condiciones existentes y un diseño desarrollándose en su totalidad con modelos BIM

que fluían hacia construcción, había que conseguir devolver datos reales de obra ejecutada en forma de modelo BIM. Por medio de una recogida de datos de campo estandarizada, se pudo generar modelos *as-built* de forma automática. Estas automatizaciones permitieron reducir en un 60% el tiempo de procesado de datos de campo. Los modelos *as-built* generados re-alimentaban a diario el diseño, agilizando la toma de decisiones y disminuyendo el riesgo de futuros rediseños, malas decisiones en campo, y no conformidades.

Todo el personal de producción de obra tenía acceso al modelo federado que contenía tanto los modelos de diseño como los de obra ejecutada. A pesar que los planos eran el documento contractual para construir, los equipos podían revisar junto con los subcontratistas, y a través del modelo, los trabajos a ejecutar antes de tener los planos.

Tanto producción como topografía podían medir y extraer información de los modelos heredados del diseño. El equipo de topografía experimentó, entre otros, la ventaja de recibir de diseño tanto los modelos de obra lineal como del resto del proyecto (túnel, puente, estructuras de contención, edificios de cocheras y subestaciones, paradas, etc.). Con ayuda de la Unidad BIM de ACCIONA se crearon herramientas y procesos que permitían optimizar flujos de trabajo propios de topografía para la generación, extracción e intercambio de datos entre oficina y campo.

Fig. 6. Información propia de cada disciplina y elemento organizada en una única pestaña definida para el proyecto

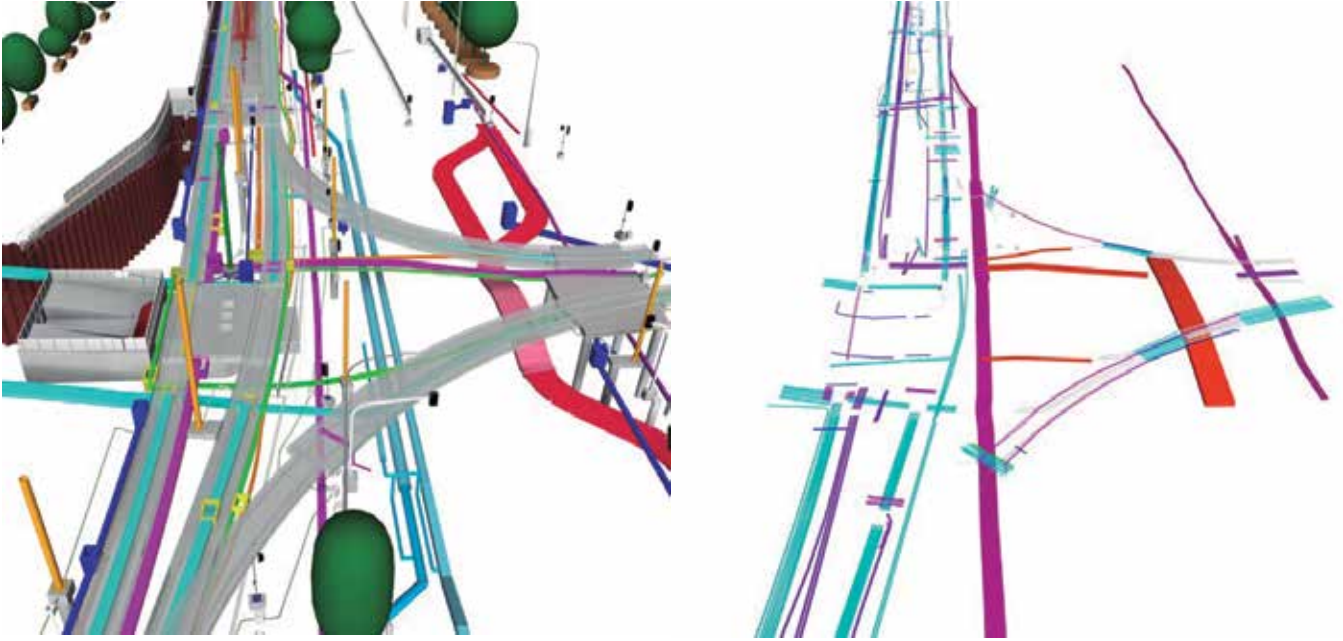


Fig. 7. Modelos de diseño vs Modelos as-built



Fig. 8. Acceso a los modelos a través de dispositivos móviles



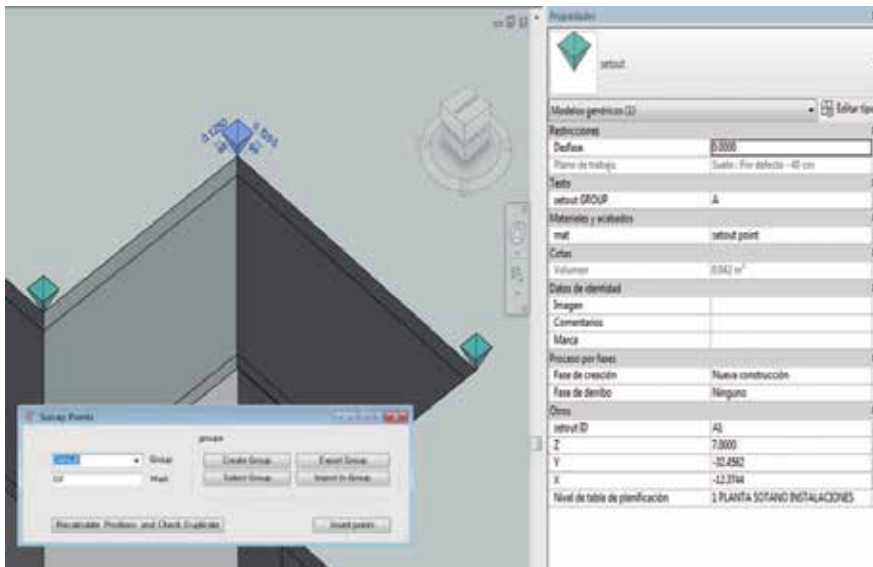


Fig. 9. Plugin de Revit para importar/exportar datos topográficos

Se confirmó como el acceso y re-utilización de la información es un aspecto fundamental para el desarrollo del proyecto y para el uso más eficiente de los recursos.

## 4 Conclusiones

El tren ligero de Sídney ejemplifica la ventaja competitiva que supone el control de la gestión BIM en las distintas fases del proyecto, y la definición temprana de una estrategia cimentada en el uso de tecnologías capaces de colaborar e intercambiar información.

BIM ha generado un cambio cultural en la forma de entender el desarrollo del proyecto gracias a la integración de la metodología BIM en los procesos y roles tradicionales. De este modo, ha sido posible implementar flujos de trabajo más eficientes, no solo en grandes usos BIM sino también en tareas sencillas del día a día de los equipos de obra. Por ejemplo, solo en la re-utilización de información entre departamentos y fases, ha supuesto un ahorro en tiempo de al menos un 7 %. Además,

entre otros, se ha reducido notablemente el uso de planos en actividades de coordinación de disciplinas, en las comunicaciones entre los equipos y en la toma de decisiones.

El proyecto y su personal han podido experimentar la evolución digital que vive el sector de la construcción, así como las ventajas que proporciona relativas fundamentalmente a una reducción de los errores humanos y ahorro de tiempo en los procesos, lo que tiene como consecuencia un aumento considerable en la eficiencia. ☺

### NOTAS

(1) Nivel de desarrollo (LOD por sus siglas en inglés) según BIMForum de EEUU; <http://bimforum.org/lo/>

(2) Industry Foundation Classes por sus siglas en inglés. Es un formato abierto de intercambio internacional creado Buildingsmart; <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>

(3) Entorno colaborativo para la gestión de la información (CDE por sus siglas en inglés); <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-the-common-data-environment-cde>

El cliente activo sueco

# La ampliación del metro de Estocolmo

FÉLIX  
**Tejada**  
Arquitecto.



Departamento de Edificación. TYP SA

## RESUMEN

La experiencia adquirida por TYP SA en proyectos de metro le ha permitido formar parte de la ampliación del metro de Estocolmo. Un proyecto muy complejo tanto desde el punto de vista técnico como organizativo que está haciendo posible testar las nuevas metodologías adaptándolas a las necesidades tan cambiantes que propicia el día a día y que exige el cliente. Las metodologías BIM no paran de retroalimentarse con las innovaciones que vienen de la mano de las nuevas tecnologías para conseguir un producto de más calidad totalmente controlado desde las etapas más tempranas, durante todo el proceso creativo, el proceso constructivo y en el posterior mantenimiento del activo.

## PALABRAS CLAVE

TYP SA, Estocolmo, Metodología BIM, BEP, Usos BIM, LOD, Colaboración, detección de colisiones, innovación, Realidad Virtual, AEC

## ABSTRACT

*TYP SA's strong experience in metro projects has been a key factor for the firm to be selected as part of the Design Team of the Stockholm Metro Expansion Project. This is a very complex project from both the technical and the organizational point of view. New methodologies are being implemented and adapted to the changing needs of the project and the client. Among them, we will focus on BIM methodologies and the continuous feedback provided by innovations in technologies in order to deliver a product of higher quality, which is fully controlled from the earliest stages, throughout the design process, the construction process and the subsequent stage of operation and asset's maintenance.*

## KEYWORDS

*TYP SA, Stockholm, BIM Methodology, BEP, BIM Uses, LOD, Teamwork, Clash detection, innovation, Virtual Reality, AEC*



Fig. 1. En azul el tramo de ampliación asignado a TYP SA/SWE CO

# 1 Proyecto

Un rápido crecimiento de la población en el área metropolitana de Estocolmo ha propiciado la necesidad de mejorar el servicio de transporte.

En enero de 2014 el gobierno sueco firmó un acuerdo con las municipalidades de Estocolmo, Solna, Nacka y Järfälla, para expandir la red de metro (fig. 1). En paralelo, las cuatro municipalidades se comprometieron a construir 78.000 nuevas viviendas en torno a la red de metro. La demanda de vivienda tanto en la ciudad de Estocolmo como en la región es mucho mayor comparada con la oferta existente.

Esta expansión de la red de metro generará nuevas oportunidades de vivienda y trabajo en la región, conectará la zona sur con la norte, reducirá la congestión de la red de metro en el centro de la ciudad y aumentará el uso del transporte público en decremento del transporte privado.

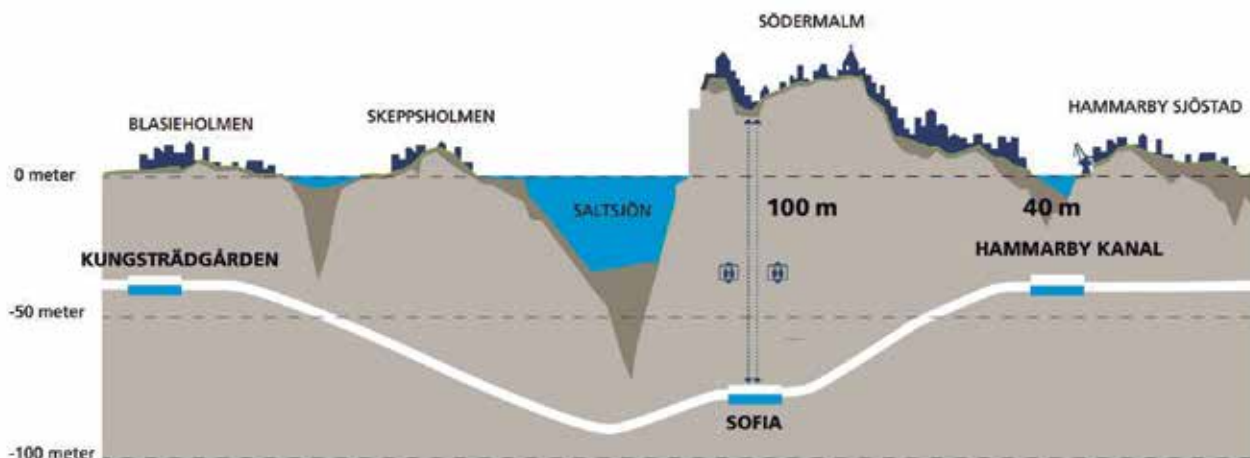


Fig. 2. Sección del proyecto a su paso por la estación de Sofia

La organización encargada de gestionar el transporte en la región de Estocolmo (SLL, Consorcio regional del transporte público en Estocolmo), constituyó el consorcio FUT (*Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana*) para la gestión integral de este proyecto, desde el diseño hasta la gestión de licitaciones o la realización del mismo. Este consorcio licitó y está gestionando 4 contratos para el diseño del programa de expansión.

El tercer lote, con un presupuesto de inversión de 1,350 millones de euros, es el tramo más largo en el plan de expansión y está siendo diseñado en consorcio por las firmas consultoras SWECO (Suecia) y TYPESA (España). El proyecto vinculado con este contrato incluye un tramo de aproximadamente 12 km, 6 nuevas estaciones y una nueva plataforma bajo un intercambiador intermodal existente.

La experiencia adquirida por TYPESA en el diseño y construcción de estaciones profundas, tanto en el metro de Madrid como en el de Barcelona, fue muy determinante para la consecución de este éxito. Esta ampliación va a contar con estaciones muy profundas llegando en el caso de la estación de Sofia a ubicarse hasta 100 metros bajo superficie (fig. 2).

## 2 Metodología BIM

La ampliación del metro de Estocolmo es un proyecto que se está desarrollando con metodología BIM para mejorar la gestión del proceso de diseño, mediante la integración de equipos multidisciplinares en un entorno colaborativo en el

que la información es compartida de manera eficiente a través de procesos controlados.

TYPESA comenzó en el año 2009 a desarrollar proyectos con metodologías BIM. Es casi ya una década en la que se ha ido acumulando experiencia tanto en proyectos de infraestructuras como de edificación. El metro de Riyadh, el metro de Doha, el programa de desarrollo urbano de Qatar Rail, un centro comercial de Unibail-Rodamco en Benidorm o un hotel Westin Marriott en Riyadh son solo algunos ejemplos en los que TYPESA ha desarrollado e implementado esta metodología.

Actualmente, el equipo TYPESA/SWECO está terminando de redactar el Plan de Ejecución BIM (BEP en sus siglas en inglés) para el desarrollo del proyecto constructivo que dará comienzo en las próximas semanas. En un proyecto como este, es importante establecer y mantener un método de trabajo colaborativo para garantizar que la calidad y los estándares de diseño se mantengan en todas las actividades. El propósito de este documento es explicar los puntos que necesitan ser cubiertos por todos los equipos para el correcto uso y producción de modelos de información orientada a objetos. Este documento es fundamental, ya que garantiza que el trabajo relacionado con el control de la información y la gestión de documentos se realice de manera eficiente, cumpliendo con los requisitos de FUT así como con los específicos de este proyecto de infraestructura.

El BEP es un documento muy extenso en el que se contemplan escenarios generales que quedan complementados con anexos que desarrollan los escenarios más específicos. Pasamos a realizar un breve repaso del documento, deteniéndonos en algunos capítulos:

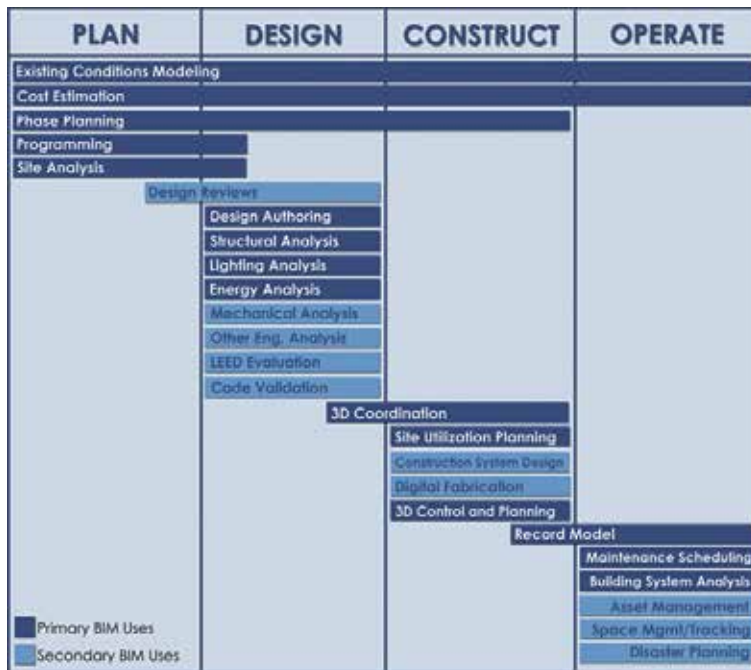


Fig. 3. Usos BIM en el ciclo de vida del activo (CICRP, 2011)<sup>1</sup>

### Roles

Se empieza enumerando y describiendo los roles que intervienen en el proyecto, desde el “BIM Strategist”, pasando por el “BIM Manager” o “BIM Coordinator”. Las tareas y las habilidades que se esperan de cada rol quedan perfectamente definidas en el documento así como las personas que los desempeñan para poder comunicarse con ellas.

### BIM Uses

El siguiente punto fundamental es el de los requisitos del cliente y su equivalencia con los usos BIM (BIM Use) definidos según estándares internacionales. Las fases del proyecto y su planificación temporal (4D) así como el control de costes y la estimación de gastos (5D) son algunos de los requisitos/BIM Uses. Con el objetivo de cumplir los requisitos de FUT, los BIM Uses se han catalogado en obligatorios y en recomendables. Todos ellos han sido descritos en detalle resalta-do su valor potencial y especificando los recursos humanos y las herramientas necesarias para cumplirlos. También se ha establecido el momento preciso en el que cada uno de ellos se desarrolla y que parte es responsable de que se cumpla (Fig. 3).

### LOD

Un capítulo se dedica al Nivel de Desarrollo (LOD en sus siglas en inglés), definiéndose éste como la unión entre Nivel de Detalle del elemento (eLOD) y Nivel de Detalle de información (iLOD).

$$LOD = eLOD + iLOD$$

eLOD (element Level of Detail) está relacionado con la precisión del modelo, ya que describe a qué nivel de detalle geométrico se modela un elemento. Se relaciona con el contenido gráfico.

iLOD (information Level of Detail) se define como la cantidad de información que un determinado elemento del modelo tiene en cada etapa. Está relacionado con el contenido no gráfico.

El capítulo comienza dejando claro que no existe un proyecto con un determinado LOD, sino que dentro de un proyecto, independientemente de la fase en la que se encuentre, existirán elementos pertenecientes a distintos LOD.

Existe un anexo en el que quedan recogidos los LOD de los distintos elementos que serán usados en los modelos 3D según los requerimientos en cada fase del proyecto.

### Colaboración

El proceso de coordinación BIM es colaborativo y se gestiona a través de reuniones de coordinación periódicas. Todo el proceso de integración, coordinación y resolución de las disciplinas se lleva a cabo en un entorno común de información (CDE, Common Data Environment), que permite que la información se comparta de manera eficiente y precisa entre todos los miembros del proyecto, permitiendo que equipos multidisciplinares colaboren en un entorno gestionado. TYP-SA/SWECO proporciona un sistema electrónico de gestión de datos (EDMS), basado en el programa ProjectWise © de Bentley, que permite los principios de intercambio de datos de un CDE. Toda la gestión de cualquier documento tiene lugar dentro de este EDMS.

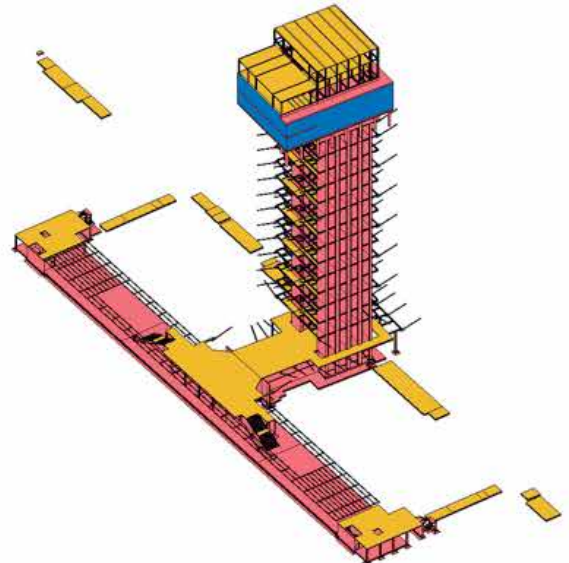
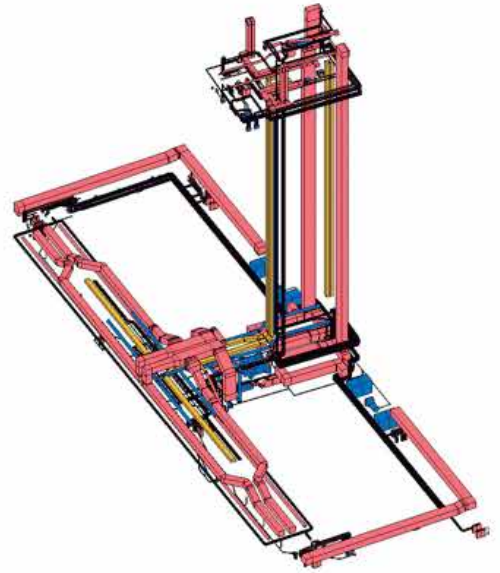
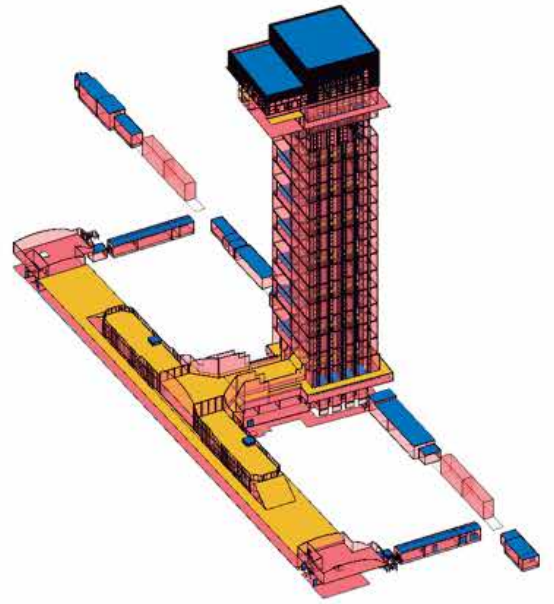


Fig. 4. Modelo de la estación de Sofia por disciplinas. (Arquitectura, Instalaciones y Estructura)

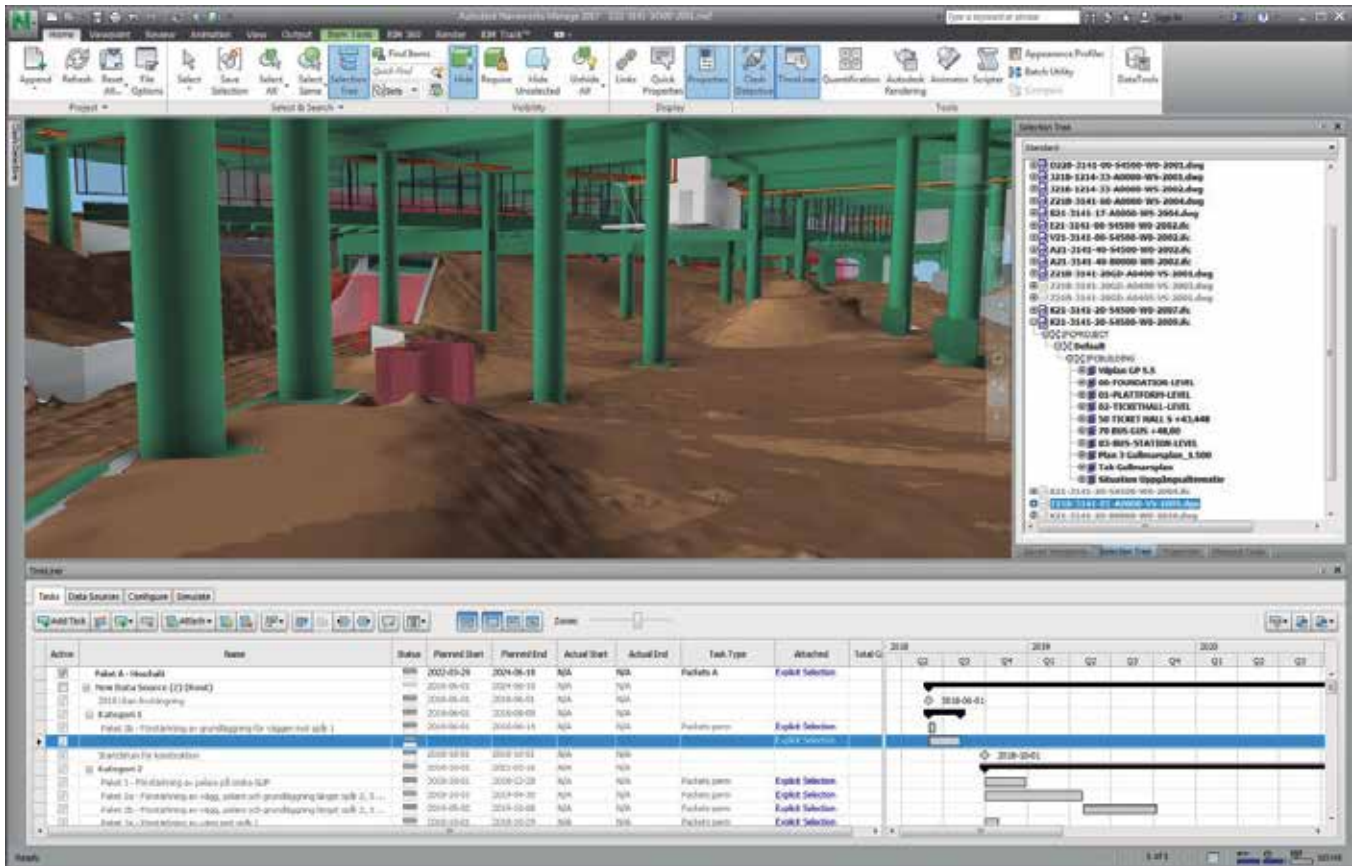


Fig. 5. Modelo de coordinación de la estación de Gullmarsplan

**Software**

No se ha impuesto ningún software, cada disciplina ha sido libre de utilizar el software BIM que mejor se ajustaba a su método de trabajo. Se ha querido hacer un esfuerzo en generar contenido común para que cualquier miembro del proyecto pueda trabajar en cualquier archivo de su disciplina sin apreciar diferencia alguna independientemente del país desde el que trabaje. Los centros de producción están localizados en 4 países diferentes (España, Suecia, Finlandia y Polonia). En España, hasta el momento, 192 arquitectos e ingenieros han trabajado en el proyecto desde las sedes de Barcelona, Madrid, Sevilla y Valencia.

**Detección de colisiones**

El proyecto ha sido subdividido de tal forma que cada disciplina cuente con su propio modelo 3D para cada porción del proyecto (fig. 4). Esos modelos son compartidos semanalmente con el resto de las disciplinas. Modelos de coordinación son creados a partir de estos modelos individuales y con ellos se procede a coordinar los avances y a revisar las colisiones entre disciplinas. Un anexo aclara cómo se lleva a cabo este proceso que ha sido dividido en varias fases que funcionan como tamices, filtrando las colisiones en función de su severidad.

Cada detección se comunica a las disciplinas a través de una plataforma online que gestiona la evolución de las mismas

hasta que son resueltas. Un detallado proceso de calidad registra todos los movimientos para futuras revisiones (fig. 5).

Como consecuencia de los procedimientos empleados en la fase previa, FUT, SWECO y TYPESA fueron uno de los tres finalistas en los “Be Inspired Awards” de 2016, promovidos por la empresa Bentley, bajo la categoría “Innovation in Rail and Transit”. La competición premia la innovación y la experiencia en proyectos de infraestructura utilizando metodologías BIM y modelos 3D. Los finalistas son seleccionados por un jurado formado por diez expertos independientes de la industria de entre más de 300 participantes de organizaciones de 80 países.

# 3 Innovación. Realidad virtual y aumentada

En 2017, TYPESA decidió comenzar un proyecto de I+D+i cuyo objetivo era investigar los posibles beneficios de las nuevas tecnologías (Realidad Virtual y Realidad Aumentada) en la optimización de los trabajos desarrollados por la empresa. Muchas aplicaciones de estas tecnologías estaban ya muy generalizadas, pero con el paso de las semanas se fueron descubriendo y testando nuevos usos para mejorar la toma de decisiones de forma anticipada, tanto de diseño



Fig. 6. Instante de la presentación entre socios (TYPESA/SWECO) en Estocolmo

como de coordinación, simulando de una forma realista las propuestas (fig. 6).

Tras meses de pruebas, cursos, conferencias y demostraciones se viajó a Estocolmo para realizar dos presentaciones, una para el socio (SWECO) y la otra para el cliente (FUT). El objetivo de las presentaciones era demostrar la viabilidad y los beneficios del uso de la Realidad Virtual como herramienta que facilita las decisiones de los participantes en el diseño y desarrollo de los proyectos así como de los promotores y destinatarios de los bienes construidos.

En una primera presentación dirigida al socio sueco se mostró cómo la realidad virtual podía ayudar a ser más eficientes en el desarrollo concreto de este proyecto de expansión de la red de metro.

La segunda tuvo el objeto de mostrar al cliente final, FUT, que puede estar involucrado en todo el proceso creativo permitiéndole anticiparse en la toma de decisiones como promotor de la ampliación de su red de metro (fig. 7).

Las conclusiones no pudieron ser más satisfactorias, tanto con el socio, que coincide con TYPESA sobre lo que aporta el uso de estas nuevas tecnologías, como con el cliente cuya presentación acabó derivando en una sesión de trabajo de coordinación. Recorrer los modelos en Realidad Virtual trasladó sus inquietudes a la escala humana y le permitió experimentar el proyecto desde el mismo punto de vista del usuario final.





La conclusión más directa de toda esta experiencia ha sido decidir junto con el cliente incluir en el BEP el uso de la realidad virtual como herramienta de dinamización de procesos a través de reuniones de diseño, coordinación y difusión. Éstas serán programadas periódicamente para inspeccionar los modelos, simulando lo real a través de lo virtual. El uso de la Realidad Virtual beneficiará sin duda la más eficiente consecución de los BIM Uses requeridos.

Fig. 7. Extracto de la presentación al cliente (FUT). Se realizaron varias demostraciones y simulaciones, finalizando con una invitación a acceder a un tour virtual escaneando un código QR, con un teléfono móvil o/y tableta. El tour pretendía mostrar alternativamente el estado actual y la propuesta, todavía en estudio, para el acceso a la estación de Sofía

## 4 Conclusión

La implicación activa del cliente ha sido un pilar fundamental en todas las fases del proyecto. La metodología BIM dejó de ser el futuro para convertirse en una realidad en el sector de la industria AEC. TYPESA y su socio SWECO, con su avalada experiencia, han sido capaces de enfrentarse a este nuevo desafío colocándose a la vanguardia desarrollando proyectos gestionados desde la innovación y las tecnologías colaborativas. @

### NOTAS

(1) Computer Integrated Construction Research Program. (2011). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1." May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

# Sener,

pionera en la implementación  
de metodología BIM aplicada a  
infraestructuras



## LINDA Bautista

Ingeniera de Proyecto en SENER  
Arquitecta por el Tecnológico de  
Monterrey  
PMP® por el Project Management  
Institute



## AINARA Duque

BIM Manager y colaboradora en la  
BIM Office de SENER. Arquitecta  
por la Universidad de Valladolid

### RESUMEN

Con una experiencia de más de 10 años en aplicación de metodología BIM, el grupo SENER nos muestra las ventajas de la aplicación de dicha metodología a proyectos de infraestructura civil, tomando como ejemplo la línea 3 del metro de Guadalajara (México). Entre otros, BIM les ha permitido mantener una mayor coherencia en el diseño; un ahorro en tiempo y coste; un mayor control de riesgos y acciones preventivas; una mejora del trabajo colaborativo y de la comunicación entre disciplinas y otros agentes; una total integración de todas las disciplinas bajo un mismo método de trabajo y de intercambio de información; y avances en la capacidad de análisis para la toma de decisiones, así como en el control sobre el proyecto, garantizando una mayor calidad del producto final.

### PALABRAS CLAVE

BIM, infraestructuras, metodología, innovación, tecnología

### ABSTRACT

*With more than 10 years' experience in BIM methodology, SENER Group talks about this methodology advantages when applied to civil infrastructure projects, showing Metro Line 3 in Guadalajara (Mexico) as an example. Among other benefits, BIM has allowed them to maintain a greater design coherence; savings in time and cost; higher control of risks and preventive actions; improvements in collaborative work and communications between disciplines and other agents; complete integration of all disciplines under a single working method and information exchange platform; and improvements in analysis and decision-making ability, as well as in the overall control of the project, thus guaranteeing the highest quality in their final product.*

### KEYWORDS

*BIM, infrastructures, methodology, innovation, technology*

Acometer una infraestructura civil implica gestionar un conjunto de áreas tecnológicas diferentes, una cualidad demandada por administradores y constructores globalmente.

En su propósito de ofrecer un producto con creciente valor añadido, el grupo de ingeniería y tecnología SENER ha apostado por la aplicación de metodología BIM (*Building Information Modelling*) en el desarrollo de estos proyectos de infraestructura civil.

Un ejemplo de éxito lo encontramos en la línea 3 del metro de Guadalajara, en México. A continuación analizamos el trabajo de SENER en este proyecto desarrollado con metodología BIM.

### Línea 3 del metro de Guadalajara (México)

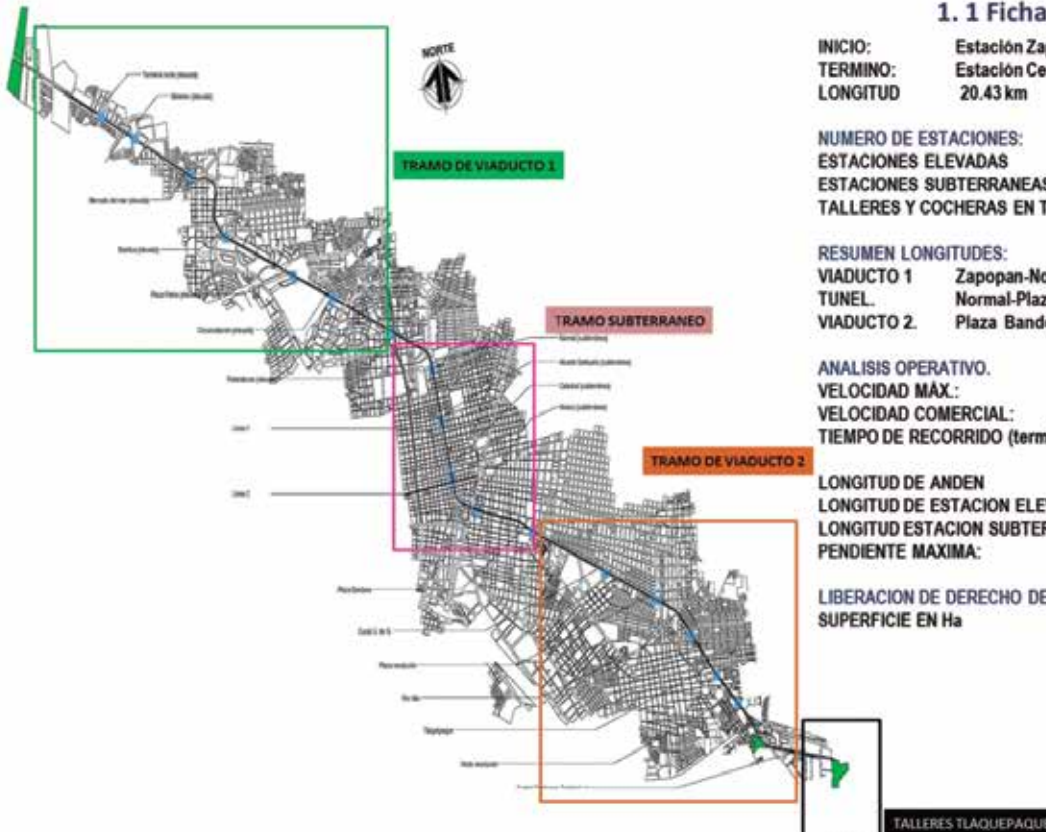
La nueva línea para el metro de Guadalajara, que conecta tres ciudades del Bajío Occidente y que cuenta con una longitud de 20,43 km, inicia su recorrido al norte, en la estación Zapopan/Periférico, y termina en la estación central Camionera Tlaquepaque, al sur.

Asimismo, el derecho de vía en superficie asciende a 22 ha, mientras que las estaciones elevadas mantienen una longitud de 95 m, y las estaciones subterráneas, de 110 m. La estructura del viaducto es isostática, con distancias máximas entre apoyos de 45 m.

### Las estaciones elevadas

Las estaciones se diseñaron en plataforma, como estaciones elevadas, para contribuir al respeto del espacio público y mantener la dinámica de la ciudad.

Bajo esta idea, el diseño busca el mínimo impacto en la ciudad en un nivel de calle. Con esta premisa, la estación se soluciona estructuralmente con solo dos apoyos en los extremos, dos pilas que tienen una altura (desde el nivel de calle) de 7,5 m y de 9, 15 m respectivamente, y una sección de 5,70 m por 7,45 m. Se eliminan, así, apoyos intermedios, lo que permite dejar el espacio inferior de la estación en voladizo para su uso como espacio público: jardines, pasos peatonales o, en su caso, cruces vehiculares sin interrupción.



### 1. 1 Ficha Técnica de Proyecto

<b>INICIO:</b>	Estación Zapopan / Periférico
<b>TERMINO:</b>	Estación Central Camionera Tlaquepaque
<b>LONGITUD</b>	20.43 km
<b>NUMERO DE ESTACIONES:</b>	18
<b>ESTACIONES ELEVADAS</b>	13
<b>ESTACIONES SUBTERRANEAS</b>	5
<b>TALLERES Y COCHERAS EN TLAQUEPAQUE</b>	1
<b>RESUMEN LONGITUDES:</b>	
<b>VIADUCTO 1</b>	Zapopan-Normal 8.35 Km
<b>TUNEL</b>	Normal-Plaza de la Bandera 5.33 Km
<b>VIADUCTO 2</b>	Plaza Bandera - C Camionera 6.75 Km
<b>ANALISIS OPERATIVO.</b>	
<b>VELOCIDAD MÁX.:</b>	90 km/h
<b>VELOCIDAD COMERCIAL:</b>	35 km/h
<b>TIEMPO DE RECORRIDO (terminal a terminal):</b>	33 min
<b>LONGITUD DE ANDEN</b>	75 m
<b>LONGITUD DE ESTACION ELEVADA:</b>	95 m
<b>LONGITUD ESTACION SUBTERRANEA</b>	110 m
<b>PENDIENTE MAXIMA:</b>	5%
<b>LIBERACION DE DERECHO DE VIA SUPERFICIE EN Ha</b>	22 Ha

Para lograr lo anterior, las áreas técnicas quedan enterradas; volumétricamente, la estación está conformada por un bloque principal, de 94,5 m de longitud, 15,7 m de anchura y 9 m de altura, formado por armaduras metálicas que contiene los andenes y los locales técnicos de cabecera de estación. Centradas sobre este bloque principal, se disponen las pasarelas laterales de distribución, que sirven de transición entre vestíbulos y cada uno de los andenes, así como la plataforma de cruce entre andenes, situada en el nivel superior, y que funciona como puente.

Finalmente, el cuerpo central de la estación agrega singularidad y dramatismo al diseño, ya que es un paralelepípedo de 32 m de longitud, 24 m de anchura y 14,7 m de altura, con forma de 'caja negra' y pesada, que flota sobre una ligera caja de cristal sin apoyos inferiores.

### **Las estaciones subterráneas**

La arquitectura de las estaciones subterráneas del metro de Guadalajara responde principalmente al concepto de una caja 'sólida y vacía' en su interior, con el menor número de elementos transversales posibles en su parte central. El objetivo que persigue es que el usuario experimente un espacio diáfano; si bien enterrado, también abierto en todos lados, desde el nivel vestíbulo hasta el nivel del paso del nuevo tren.

La intención de esta ligereza espacial en el interior es lograr la mayor entrada de luz en todos los niveles, así como visualizar todo el funcionamiento de la estación en sentido transversal y longitudinal, rompiendo el esquema estructural tradicional de losa sobre losa, que queda reducido a puntales estructurales que sujetan las pantallas longitudinales en todos los niveles. Este diseño permite una mayor permeabilidad y transparencia.

Funcionalmente, los locales técnicos se encuentran distribuidos en los ex-

tremos de las estaciones y el espacio central se compone de cuatro niveles: el superior, en el que está situado el vestíbulo; dos niveles intermedios, que son utilizados como descansos y pasos de transición para las escaleras que atienden a los recorridos de entrada y salida de los usuarios; y el inferior, en el que están situados los dos andenes laterales de los que dispone la estación.

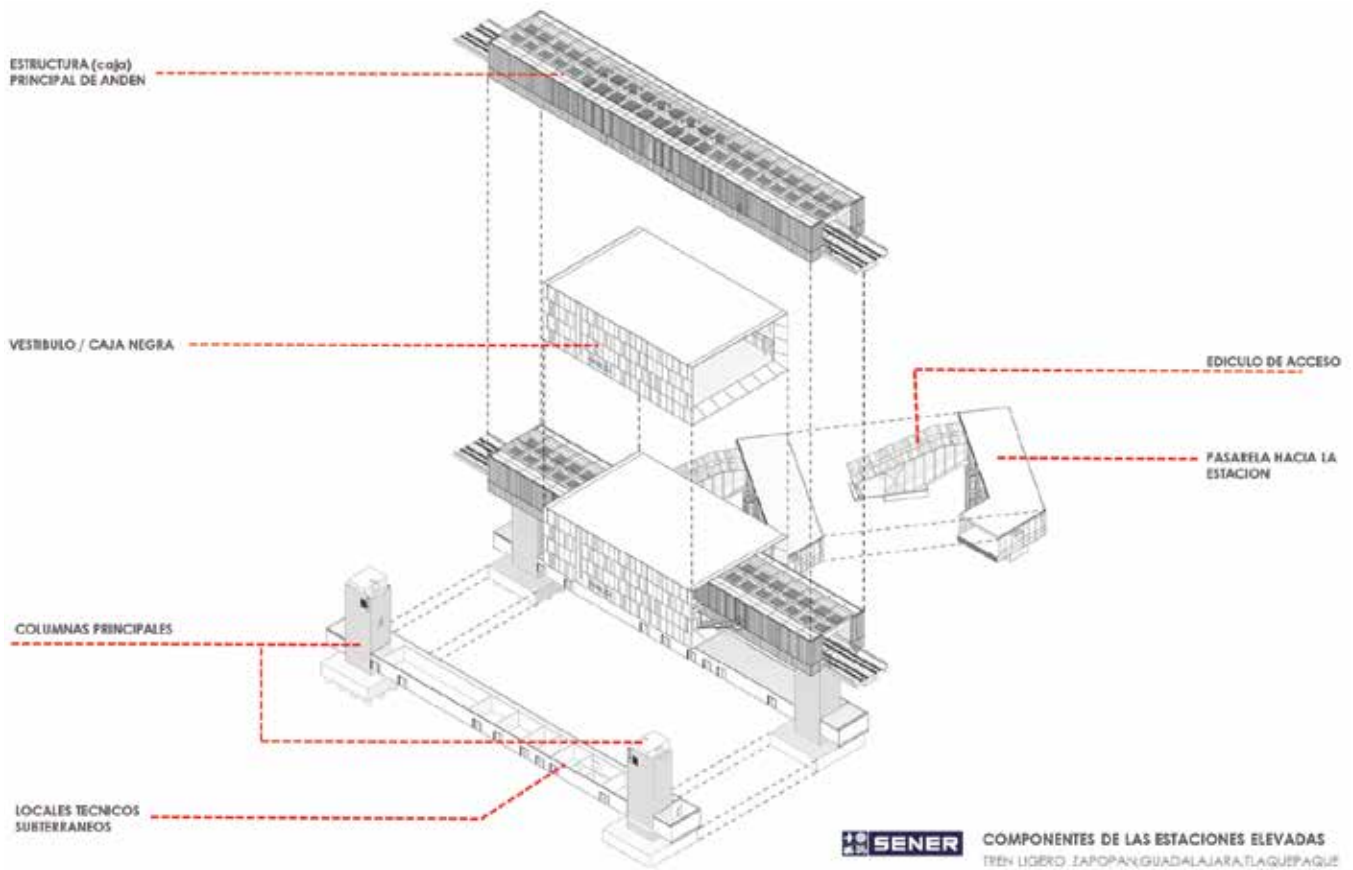
Las estaciones subterráneas se configuran como una gran caja con las siguientes dimensiones interiores: 106 m de longitud, 19 m de anchura y 20,6 m de altura (desde cota de vía a cara inferior de la losa de cubierta).

### **Talleres y cocheras**

El conjunto que permite la operación, logística y mantenimiento de la línea 3 ocupa en total 26.728 m<sup>2</sup> y se compone de diez edificios, que son: Talleres, Cocheras, Almacén, Vías y Dresinas, Seat, Servicios, Residuos, Señalización, Caseta de Vigilancia y Centro de Control.

El edificio de Talleres consta de dos zonas de manera general, el área de mantenimiento a los trenes y las oficinas administrativas, con un total de 11.188 m<sup>2</sup>. Está envuelto por fachadas de paneles cerámicos de color claro, cristales que permiten generar espacios amplios en las oficinas, parasoles metálicos para dividir la zona de trabajo en taller con la de administración, y un remate lateral de paneles metálicos perforados, que permite la interacción con el edificio cercano de Cocheras.

Este segundo edificio de Cocheras, de 7.647 m<sup>2</sup>, tiene capacidad para resguardar una flota de 20 trenes. Su diseño se resolvió con una estructura tridimensional y cubierta en forma de dientes de sierra, con una piel metálica perforada en sus laterales para delimitar el espacio.



Finalmente, otro de los edificios más importantes es el edificio Administrativo, el lugar de mando que operará la nueva línea 3, con alrededor de 1.750 m<sup>2</sup>. En su diseño, aprovechará la topografía natural del terreno para resguardar la estructura. Y, en su interior, se van a mantener espacios diáfanos, para aprovechar la luz natural.

### La clave de la metodología BIM

En general, el diseño arquitectónico del metro ligero de Guadalajara, ideado por los profesionales de SENER –liderados por los arquitectos Pelayo Suárez y Jorge Tejeda– modifica la tipología tradicional de estaciones en superficie, a través de la aplicación de un sistema constructivo que permite espacios urbanos más diáfanos. Transmitir esta innovadora idea al cliente con claridad y rapidez era clave, y las herramientas BIM lo hicieron posible. La coordinación del modelo para evolucionar la idea conceptual hacia un proyecto ejecutivo fue fluida, y el proyecto para licitación se completó en un tiempo récord de seis meses.

Aunque al principio el cliente gubernamental no estaba muy convencido de la utilidad de la plataforma BIM, el equipo de SENER insistió y, gracias a la facilidad en el seguimiento del proyecto y a la sencillez en el proceso de auditorías, se generó la confianza para extender su implementación en futuras obras.

Una vez arrancados los trabajos para la línea, la investigación en un sistema de información geográfica (GIS en sus siglas inglesas) generó una base de datos relacionados para evaluar el proyecto: información económica (tiempos de viaje y costes), social (accesibilidad, marginación), urbana (crecimiento y densidad) ambiental (emisiones) y de sistema (capacidad, redes, derechos de vía).

Asimismo, durante el proyecto se desarrollaron instalaciones y sistemas entre estaciones, así como la ordenación de ciertos edificios y dependencias para talleres de mantenimiento y cocheras. La organización pragmática de archivos para módulos comunes de estructura e

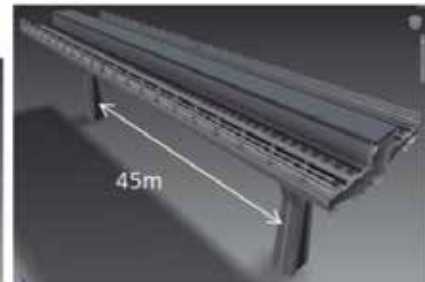
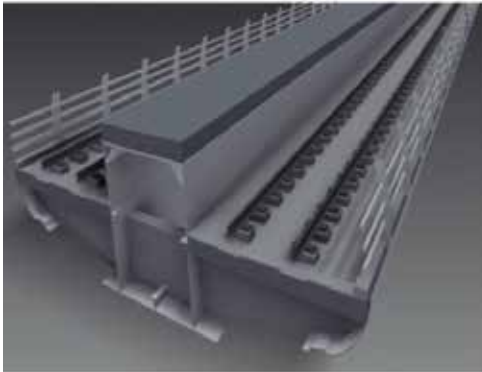
## 2.1. Viaducto Elevado



TRAMO 1: NORTE 8.35 Km  
TRAMO 2: SUR 6.75 Km

LONGITUD TOTAL 15.10 Km  
ANCHURA DE TABLERO 10.7 m  
GALIBO INFERIOR 6 m

Viaducto tipo: Isostático  
Distancia máxima entre apoyos 45m  
Viaducto transición: Hiperestático 3 o 4 vanos  
Distancia máxima entre apoyos 33m



## 2.2 Estaciones Elevadas

NUMERO DE ESTACIONES ELEVADAS 13  
LONGITUD DE ESTACION 95 m  
LONGITUD DE ANDEN 75 m

### ALCANCE PROYECTO:

- Cimentaciones y obra subterránea.
- Columnas principales de concreto
- Estructura de acero
- Cerramientos y acabados
- Instalaciones estación:
  - Alimentación eléctrica e iluminación
  - Protección contra incendios
  - Instalación hidráulica y sanitaria
  - Ventilación locales técnicos

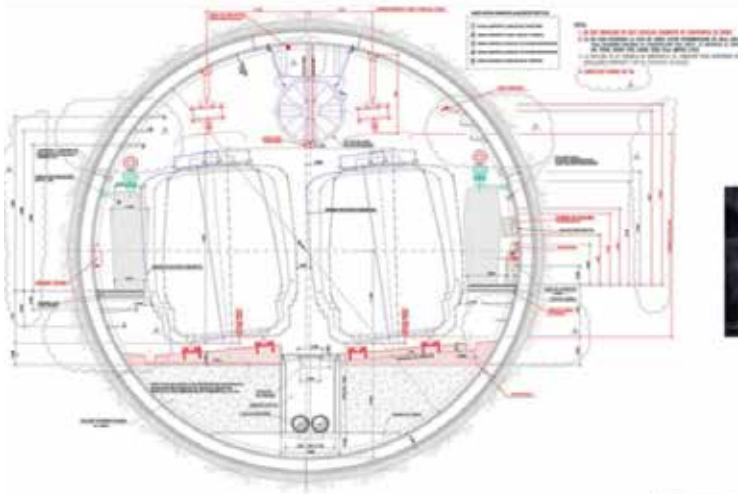


### 2.3 Tramo Subterráneo

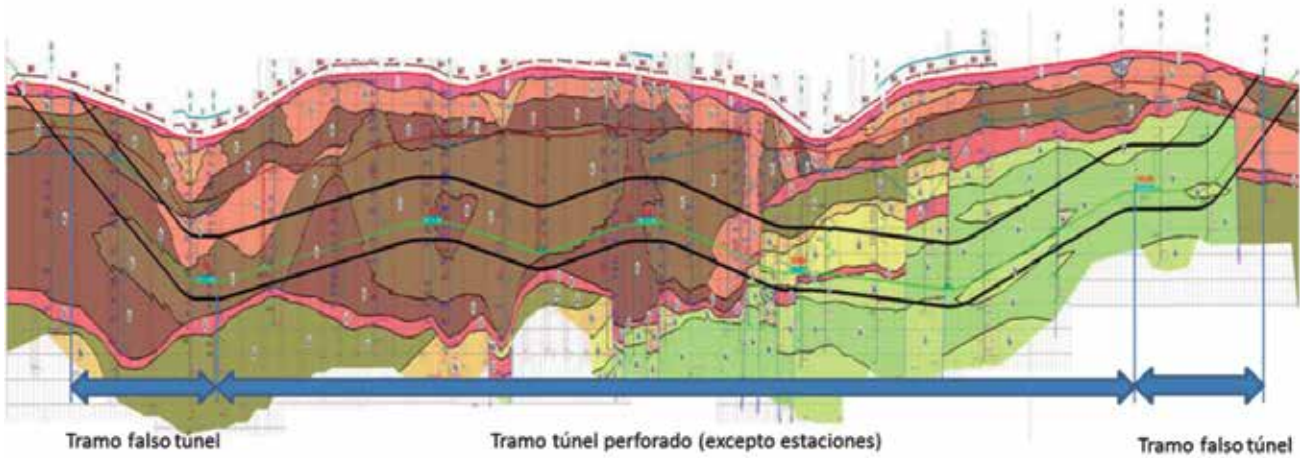
**INICIO:** Estación Normal  
**TERMINO:** Estación Plaza de la Bandera  
**LONGITUD TUNEL PERFORADO:** 3.9 km  
**LONGITUD TUNEL:** 5.35 km

**ESTACIONES SUBTERRANEAS 5**

**TIPO TUNELADORA:** EPB  
**DIAMETRO INTERIOR:** 9.50 m  
**DIAMETRO EXTERIOR:** 10.60 m



**PERFIL GEOTÉCNICO DEL TRAMO SUBTERRÁNEO**



instalaciones permitió el desarrollo de planos con cambios que se actualizaban simultáneamente con mediciones, lo que repercutió en un mejor entregable, en un presupuesto más fiable y en una reducción de incidencias durante la obra.

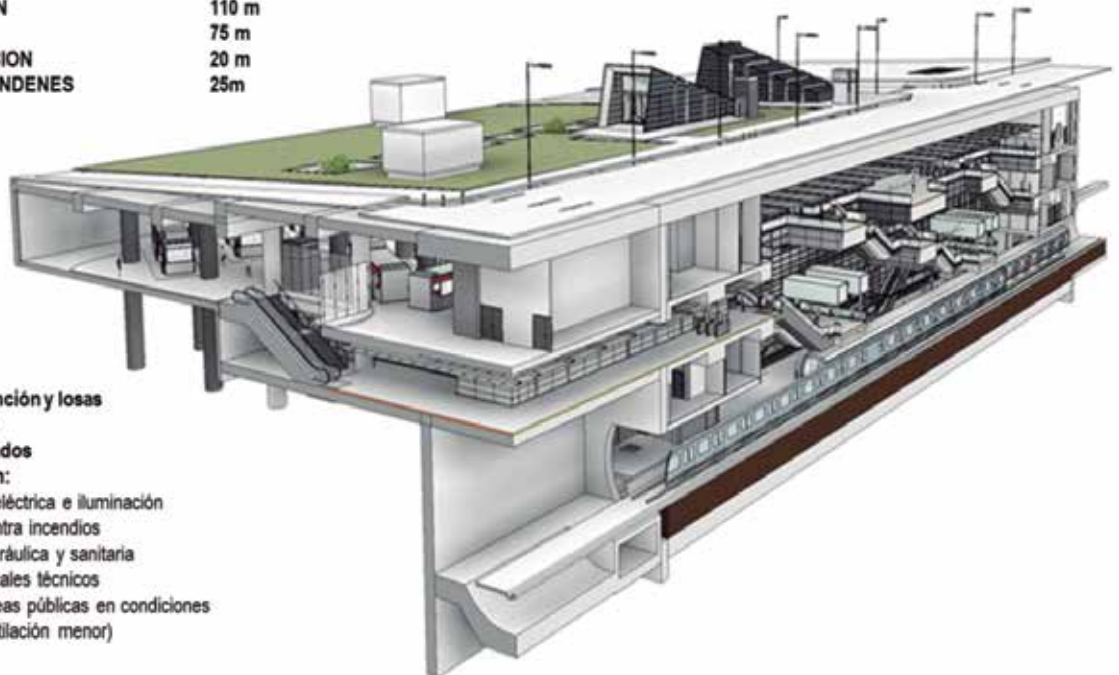
También fue muy importante la alimentación del modelo mediante una correcta estandarización de códigos y materiales que facilitó la obtención de

información. Un ejemplo básico es la unidad de los elementos. Al modelar se define la unidad y un código de medición del objeto (m<sup>2</sup>), que determinarán el presupuesto (se cuantifica por área y partida) y el cobro en la obra (por m<sup>2</sup> ejecutados). Si algo se modela de forma que sólo se cuantifica un volumen, retrasará o inutilizará el modelo para el flujo de vida del proyecto, incluso para la posterior gestión de las instalaciones del inmueble.

## 2.4 Estaciones Subterráneas

NUMERO DE ESTACIONES SUBTERRANEAS 5  
CETRAM NORMAL

LONGITUD DE ESTACION 110 m  
LONGITUD DE ANDEN 75 m  
ANCHURA DE LA ESTACION 20 m  
PROFUNDIDAD MEDIA ANDENES 25m



### ALCANCE PROYECTO:

- Estructuras de contención y losas
- Movimiento de tierras
- Cerramientos y acabados
- Instalaciones estación:
  - Alimentación eléctrica e iluminación
  - Protección contra incendios
  - Instalación hidráulica y sanitaria
  - Ventilación locales técnicos
  - Ventilación áreas públicas en condiciones normales (ventilación menor)

De este modo, el modelo permitió la detección de interferencias entre estructura y el diseño arquitectónico de las estaciones, a la vez que el trazado permitió sobreponer información de geotecnia para su análisis estructural. Como se puede observar, este trabajo multidisciplinario requiere la búsqueda, con paciencia, de coherencia entre los formatos de trabajo.

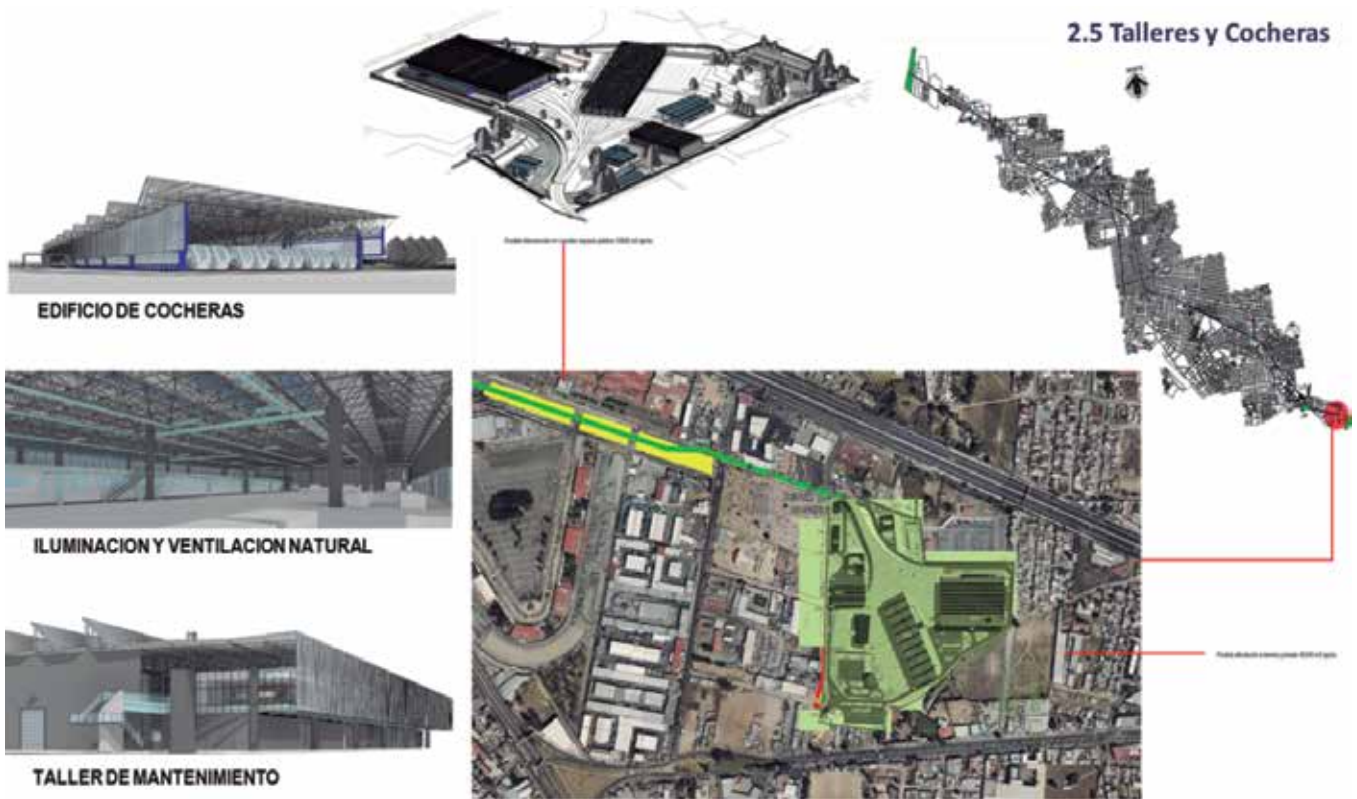
Además de esta búsqueda de compatibilidad de formatos, la homogeneización en un proyecto internacional es de vital importancia, pues la cultura y los husos horarios implican transformar los proyectos las 24 horas del día. Así, BIM plantea retos para buscar la

compatibilidad, comprensión y cooperación del equipo de trabajo y, también, para vencer la complicación que representa la transmisión de archivos de gran tamaño que requieren el uso de servidores de mayor capacidad y velocidad.

Un proyecto tan ambicioso y de tales exigencias tecnológicas y humanas sólo es abordable por una organización multidisciplinaria, de alcance internacional y con profesionales de consolidada experiencia en el sector.

Dentro de este contexto, SENER lleva trabajando con herramientas BIM en proyectos de infraestructuras desde





2.5 Talleres y Cocheras

hace más de 10 años y ha acumulado una valiosa experiencia en la aplicación de BIM, con proyectos como éste de la línea 3 del metro de Guadalajara, en México; la obra de la sede central del banco BBVA, en Madrid; o el tren Interurbano Ciudad de México - Toluca. De hecho, en 2008 la compañía obtuvo el premio Revit BIM Experience, concedido por la empresa del sector Autodesk, en reconocimiento al buen uso de su solución Revit Architecture para BIM.

Para SENER, el empleo de la metodología BIM en los proyectos de infraestructura civil, así como en otros sectores, permite ofrecer un producto

de mayor calidad y versatilidad, y de enorme valor añadido gracias a la integración de todo el ciclo de vida de la infraestructura de transporte o edificio y a la posibilidad que otorga la herramienta para una correcta interacción entre empresa y cliente. Desde este punto de vista, BIM no sólo hace referencia al modelado tridimensional ("Modelling"), sino que ha de entenderse en su sentido más amplio como Building Information Management. Esto es, una disciplina de trabajo colaborativo que busca aportar valor al proyecto mediante la gestión de la información a lo largo de su ciclo de vida completo. @

# ROADBIM



JOANA  
**Menéres**

Ingeniera Civil  
Sacyr Construcción

BIM para proyectos de  
carreteras



DAVID  
**Del Villar**

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
Sacyr Construcción

FRANCISCO  
**Navarrete**

Ingeniero Informático.  
APLITOP



JOSÉ RAFAEL  
**Álvaro**

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
TYPESA

ANTONIO  
**Márquez**

Ingeniero de Caminos,  
Canales y Puertos  
APOGEA



## RESUMEN

El proyecto ROADBIM tiene como objeto la aplicación de metodología BIM para la validación y gestión de proyectos constructivos de carreteras. Para ello se desarrollan diversas aplicaciones informáticas específicas para su uso en las distintas etapas del ciclo de vida de las carreteras (diseño, construcción y explotación) con especial atención a la Seguridad Vial, Análisis de Ciclo de Vida y las disposiciones recogidas en las diferentes normativas y estándares internacionales de carreteras existentes o de futura aprobación. Todo ello bajo un estándar abierto de intercambio de información OpenBIM (IFCRoad), de diseño y desarrollo propio.

## PALABRAS CLAVE

Carreteras, BIM, OpenBIM, IFC, Diseño Geométrico. Diseño de firmes, Seguridad Vial, Análisis del Ciclo de Vida y Coste del Ciclo de Vida

## ABSTRACT

*The purpose of the ROADBIM project is to apply BIM methodology for the validation and management of road construction projects. To this end, various specific computer applications are developed for its use in the different stages of the life cycle of the roads (design, construction and operation), with special attention to Road Safety, Life Cycle Analysis and the provisions included in the different regulations, and present and future international standards. All this through the development of an information exchange open standard, OpenBIM (IFCRoad).*

## KEYWORDS

*Roads, BIM, OpenBIM, IFC, Geometric Design, Road surface design, Road Safety, Life-Cycle and Life-Cycle Cost Analysis*

# 1

## Introducción

ROADBIM es un proyecto innovador de investigación que se plantea dentro del marco del Reto Social de Transporte Sostenible, Inteligente e Integrado recogido en el Programa Estatal de I+D+i del Gobierno de España, dentro del programa FEDER ININTERCONECTA 2016. El proyecto lo lidera SACYR Construcción y como socios cuenta con la ingeniería TYPESA, la empresa de software APLITOP, la consultoría de BIM APOGEA, y el apoyo del Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), de la Universitat Politècnica de València (UPV).

El proyecto “Diseño y desarrollo de tecnologías BIM para validación y gestión de proyectos constructivos de carreteras, su explotación y la gestión de la seguridad de dichas infraestructuras viarias (ROAD-BIM)” tiene por objetivo lograr un desarrollo más eficiente de los proyectos constructivos y la gestión de las carreteras durante toda su vida útil mediante la aplicación de la metodología BIM en los procesos de gestión de la información requerida para su implementación. De hecho, el abordar el ciclo completo de este tipo de proyectos, fue una de las razones que nos llevó al empleo de la metodología BIM.

Este objetivo se alcanzará a través del diseño, desarrollo y validación de diversas aplicaciones informáticas específicas para su uso en las diferentes etapas del ciclo de vida de las carreteras (diseño, construcción y explotación), aprovechando para ello el potencial y las posibilidades que ofrece el uso de la metodología BIM, logrando así una gestión más eficiente de la información necesaria para el desarrollo integral de esta tipología de proyectos. El proyecto se ha estructurado en los siguientes apartados:

- Diseño y desarrollo de un formato BIM de intercambio de información para proyectos de carreteras.
- Implementación de normativas de carreteras en el modelo BIM.
- Incorporación del análisis de variables de seguridad viaria en el modelo BIM.
- Desarrollo de aplicaciones BIM para la gestión integral de proyectos de carreteras, incluyendo el análisis del ciclo de vida.
- Validación de las aplicaciones BIM desarrolladas en proyectos específicos de carreteras.

# 2

## Formato de intercambio BIM de carreteras

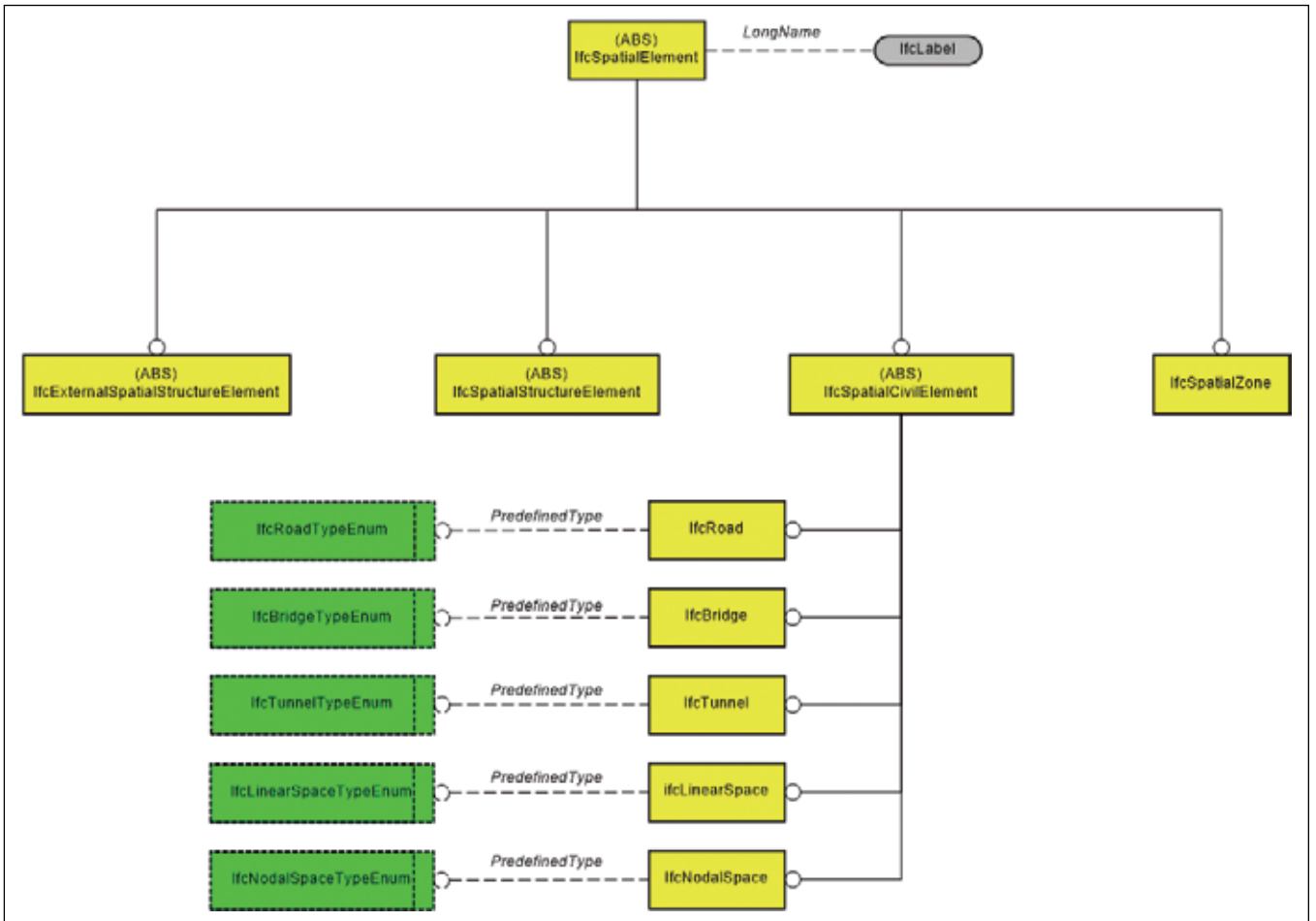
Entre los objetivos ROADBIM se persigue la creación de un modelo que a diferencia del tradicional sistema de representación basado en CAD 3D o programas similares de modelado, incluya información relevante que permita desarrollar nuevos usos en todas las fases: diseño, construcción y gestión de la carretera. Como punto de partida se ha considerado el formato IFC (Industrial Foundation Classes), si bien existían otras posibilidades como LandXML. La elección de IFC se debe a que se trata de un formato abierto con amplio soporte por parte de la industria AEC (Architecture, Engineering and Construction), e incluso, hay grandes desarrolladores de software (Bentley, Autodesk, etc.) que ya lo incorporan como formato de intercambio en sus aplicaciones.

IFC es un lenguaje de modelado desarrollado por la International Alliance for Interoperability (IAI) que en 2008 se transformó en BuildingSMART Internacional, organismo encargado en la actualidad de desarrollar el estándar OpenBIM (formato abierto para el intercambio de información entre software). Es de gran importancia el desarrollo de dicho estándar de intercambio basado en IFC, ya que no existe a nivel mundial uno que permita realizar esta función. Dicho estándar también ha sido adaptado como estándar abierto y universal por ISO (International Organization for Standardization) y CEN (European Committee for Standardization).

A lo largo del tiempo, han existido distintas versiones del mismo y en la actualidad se ha alcanzado la versión IFC4 (ISO-16739). Esta versión está orientada a la edificación y presenta dificultades para su empleo en infraestructura, si bien permite el modelado de carreteras, aunque lo hace de forma forzada y artificiosa a través de entidades que no son propias de dichas infraestructuras. Por ejemplo, a través de la entidad IfcBuilding representativa de un edificio o IfcBuildingStorey representativa de una planta de un edificio.

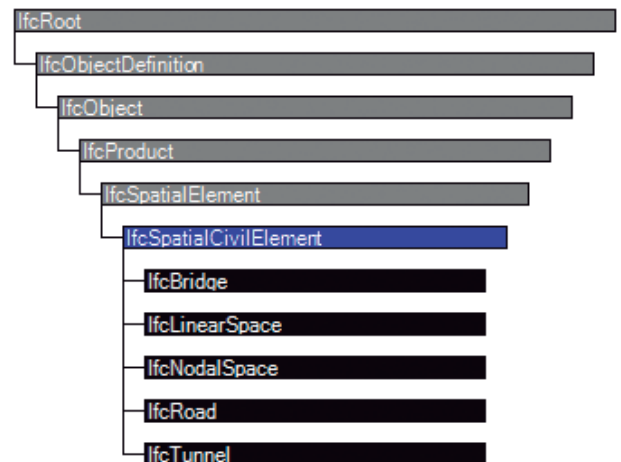
Es por ello que se hace necesario ampliar el estándar a las necesidades actuales que incluyen el modelado de obras lineales (carreteras, ferrocarriles, canales, tuberías, etc.). Un primer paso se da con la extensión IFC 4x1 que incorpora entre otras la entidad IfcAlignment, elemento representativo de la geometría de un eje de carretera, ferrocarril, etc.

En el actual desarrollo del estándar, cuatro han sido los aspectos más importantes que se han tenido en cuenta en su desarrollo en el proyecto ROADBIM:



- La estructura espacial.
- Los componentes propios de la carretera.
- La representación geométrica.
- Las propiedades de los elementos.

El primer aspecto que se ha considerado ha sido dotar al modelo de una estructura organizativa, creando una jerarquía de niveles en los que se va pasando de los más generales, como la totalidad del proyecto, el tronco principal, etc., a los más específicos, como el arcén exterior derecho de la calzada; esto se conoce como estructura espacial. Un primer modelo propuesto puede verse en las dos figuras siguientes. La primera figura muestra de forma simplificada la relación entre tales.



En la segunda figura se muestra la jerarquía de los objetos propuestos de forma más profunda en relación a objetos ya existentes en IFC.

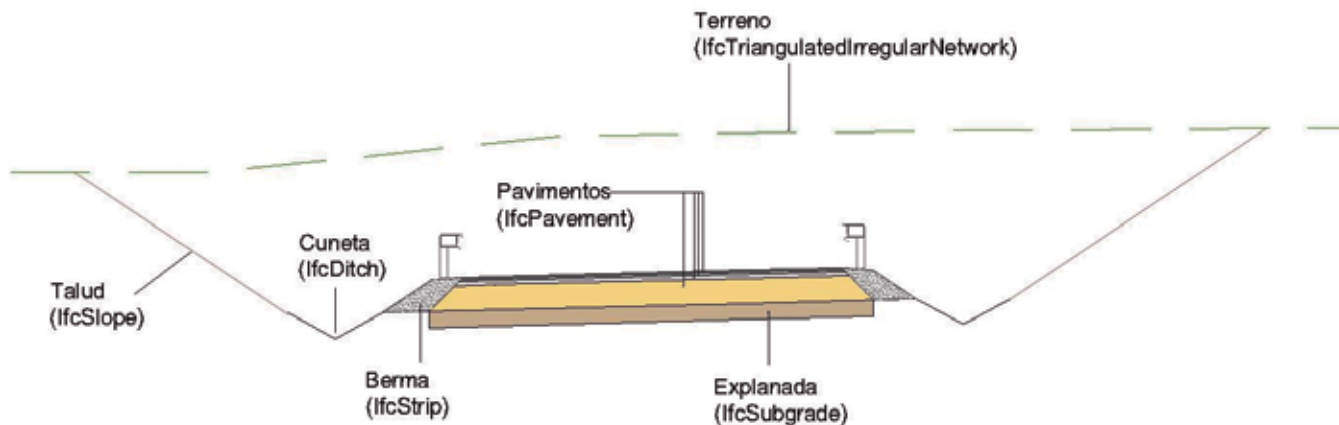


Fig. 3

En segundo lugar, ha sido necesario dotar al estándar de aquellas entidades u objetos propios de la carretera que permitan modelarla. Al igual que en un edificio aparecen entidades que permiten modelar una ventana (IfcWindow), una puerta (IfcDoor) o un cerramiento (IfcWall), en el caso de una carretera serán necesarias entidades que modelen elementos tales como un paquete de firme (IfcPavement), una cuneta (IfcDitch) o un talud (IfcSlope). En la siguiente imagen podemos ver algunos de los elementos propuestos (Fig. 3).

Estos elementos se incorporarán al estándar actual mediante el mecanismo de herencia entre clases. Este mecanismo implica la posibilidad de crear nuevas clases (denominadas 'hijas') a partir de objetos (denominados 'padre') ya existentes reutilizando sus atributos y añadiendo otros nuevos. Para ello, se crean una serie de clases abstractas derivadas del IfcElement ya existente en el estándar actual. Las nuevas clases abstractas creadas son las siguientes:

- IfcRoadElement: de ella derivan todos los objetos funcionales físicos de la carretera.
- IfcEarthworksElement: de esta clase derivan todos los elementos vinculados al movimiento de tierra. Por ejemplo, un desmonte, un terraplén, etc.
- IfcDrainageElement: en este caso, los elementos que derivan de esta clase serán los propios del sistema de drenaje.
- IfcFacilityElement: de esta clase se derivarán todos los elementos representativos de instalaciones.

*Nota: Estas clases (hijas) incorporan todas las propiedades del objeto padre, en este caso IfcElement, y además añade otros atributos que son propios a cada una de ellas.*

Un aspecto muy importante del modelo de una carretera es la representación geométrica de la misma. En este caso se

han propuesto cuatro sistemas de representación geométrica, a través de los correspondientes subcontextos que son los siguientes:

- Representación de la carretera como una curva 2D ó 3D que nos permitirá su visualización en software de información geográfica.
- Representación de la carretera como una superficie espacial TIN (Triangulated Irregular Network) para su uso principalmente en programas de renderización y modelado 3D (Fig. 4).

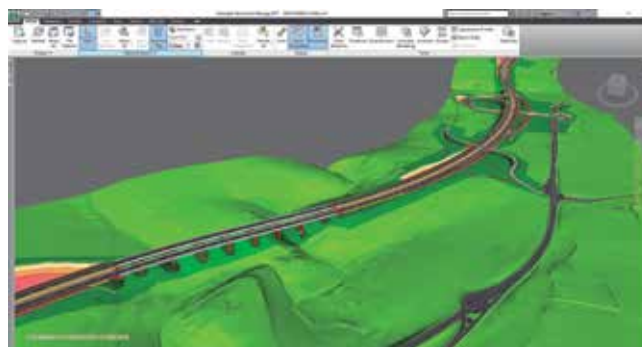


Fig. 4

- Representación de la carretera mediante elementos sólidos cuyo uso va destinado principalmente a programas donde la visualización sea un requerimiento, aunque también a aquellos programas en los que el cálculo de volúmenes o superficies sea una necesidad. Por ejemplo, un programa de mediciones. En la figura siguiente se puede ver una representación de esto donde el pavimento queda representado como un elemento sólido del cual se puede extraer tanto superficies como volúmenes (Fig. 5).

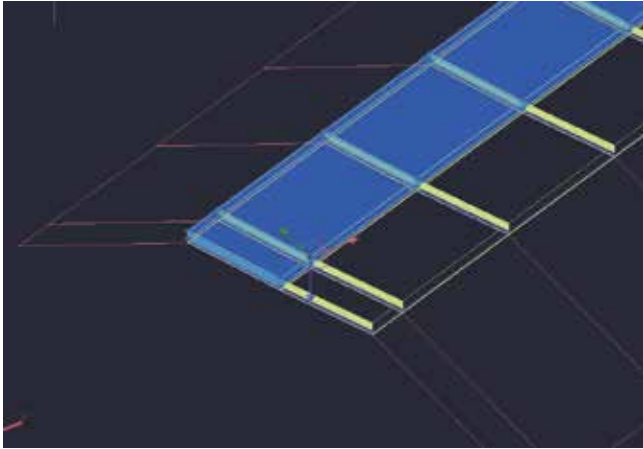


Fig. 5

• Finalmente, se ha considerado el sistema tradicional de representación constituido por un eje y un conjunto de secciones transversales vinculadas a dicho eje.

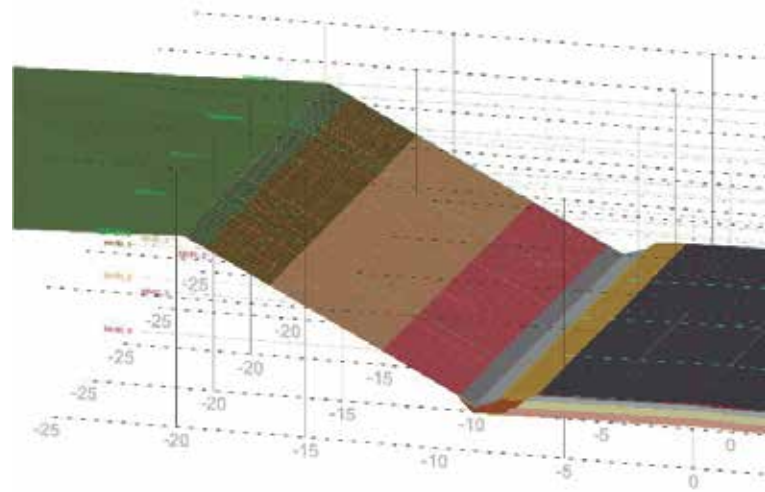
El último aspecto considerado es el de las propiedades. Las distintas entidades creadas deben poseer un conjunto de propiedades que permitan dotar al modelo de significado; es lo que se conoce como “property sets”.

En este caso y tras un análisis previo realizado por el GIIC-UPV, se han recogido y agrupado todas las propiedades, tanto desde un punto de vista general como particular a los usos más relevantes del modelo. Esto es, propiedades relativas a la seguridad vial, a la consistencia, al análisis del ciclo de vida (ACV/ACCV), etc.

### 3 Aplicaciones basadas en el modelo BIM para proyectos de carreteras

La creación de este formato estándar BIM de carreteras es el paso que permitirá el desarrollo de nuevas aplicaciones, las cuales serán capaces de aprovechar todas las ventajas que ofrece la metodología BIM en cuanto a gestión de la información digital.

Para el desarrollo de las aplicaciones BIM se han analizado y desarrollado los conceptos normativos de una forma genérica y adaptable a la mayoría de las normativas empleadas en los distintos países, tanto en lo referente al diseño geométrico como al de dimensionamiento de los firmes, basándose en las siguientes normativas de referencia:



• Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).

• Instrucción de Carreteras, Norma 6.1-IC Secciones de Firmes (Ministerio de Fomento, 2003).

• A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2011).

• Guide for Design of Pavement Structures (AASHTO, 1993).

A continuación, se describen los campos y aplicaciones basadas en el modelo IFC de carreteras propuesto, actualmente en desarrollo a través del proyecto ROADBIM.

#### 3.1 Diseño geométrico de carreteras

Los distintos softwares de trazado de carreteras existentes en el mercado han desarrollado aplicaciones particulares que permiten la comprobación parcial de las distintas y complejas normas de trazado de carreteras que existen en los diferentes países, basándose principalmente en la geometría en planta y alzado, y sin llegar a tener en cuenta todos los elementos que definen el modelo 3D de la carretera (Fig. 6).

El desarrollo del modelo ICFRoad propuesto en el proyecto ROADBIM va a facilitar dar el salto tecnológico que permita interpretar mediante algoritmos casi todos los aspectos recogidos en las normas en un formato estándar y con información consistente. Por ejemplo, las comprobaciones de visibilidades mediante simulaciones, las cuales ya son de obligado cumplimiento en normativas como la Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC (2016), tal como se recoge en su artículo 3.2.9.

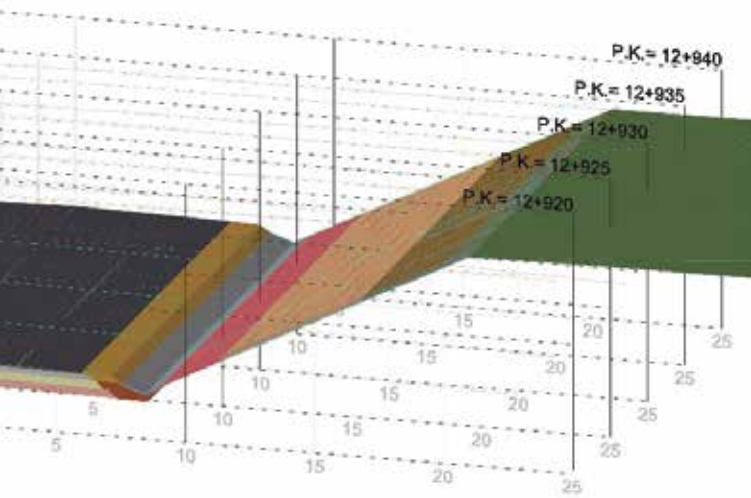


Fig. 6

Para lograr estos objetivos, se están desarrollando diferentes aplicaciones específicas, como:

- Los visores de proyectos BIM de carreteras en sus versiones de escritorio, web y realidad virtual, que permiten visualizar la geometría y datos asociados, realizar mediciones, obtener cortes y simular el recorrido, entre otras funciones (Fig. 7).
- El editor de normativa de diseño geométrico que permite definir las comprobaciones que exige la Instrucción de carreteras, con un sistema basado en reglas que reduce significativamente la necesidad de programación, y que además puede ser personalizado para la verificación de cualquier otra norma.
- El validador genera un informe con incumplimientos y advertencias en planta, alzado, sección transversal y visibilidad, con diferentes niveles de gravedad (Fig. 8).

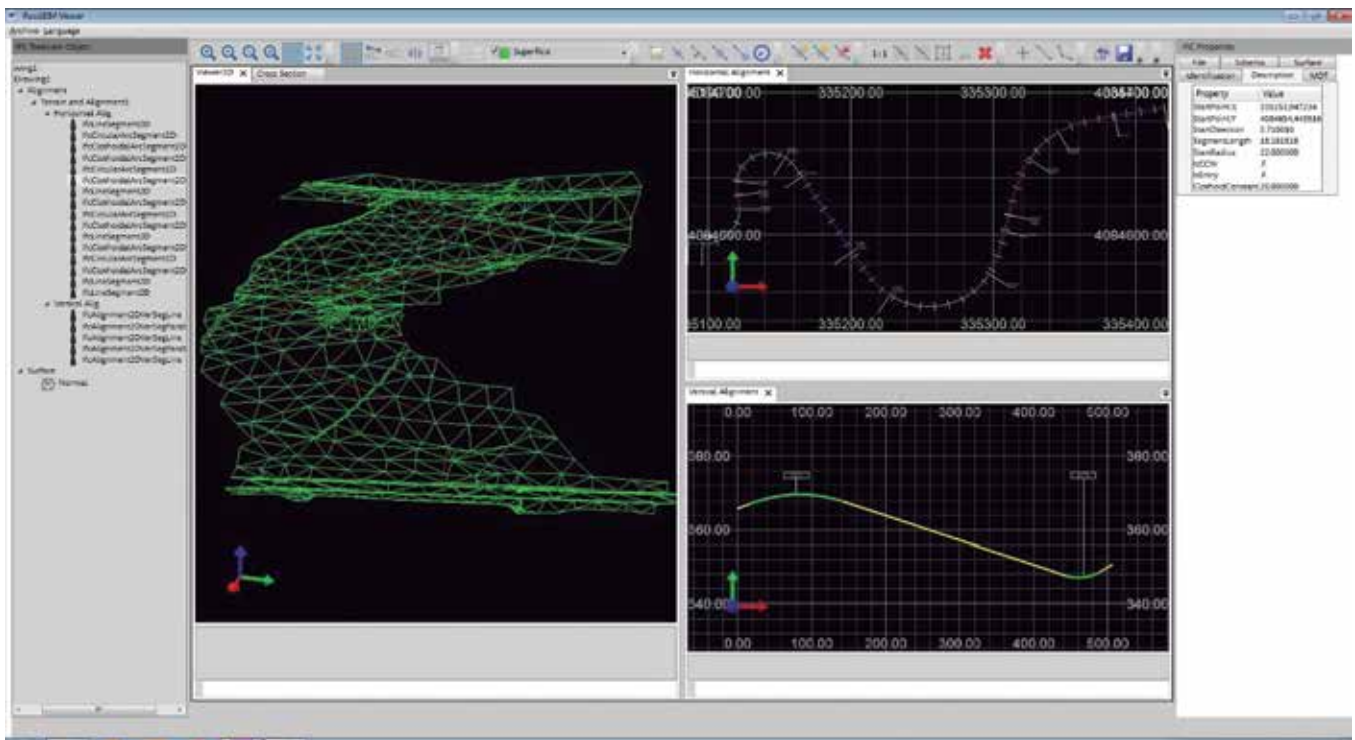


Fig. 7

ROAD-BIM Validador Normativa

Categoría: **Todas** Sentido: **Todos** Tipo de aviso: **Todos**

Categoría	PK	Sentido	Nivel Incumplimiento	Descripción	Apartado	Valor	Valor Ref	Observaciones
Planta	5+293.212		Válido	Criterio III.1 para parámetro mínimo de clotoide	4.4.3.3 (CIII.1)			
Planta	5+293.212		Válido	Criterio III.2 para parámetro mínimo de clotoide	4.4.3.3 (CIII.2)			
Planta	5+293.212		Válido	Criterio III.3 para parámetro mínimo de clotoide	4.4.3.3 (CIII.3)			
Planta	5+521.295		Válido	Radio mínimo en función de la velocidad de proyecto	4.3.2			
Planta	5+521.295		Válido	Desarrollo mínimo de curva	4.4.5 y 4.4.8			
Planta	5+521.295		Válido	Evitación de clotoides de vértice	4.4.7			
Planta	5+521.295		Advertencia	La curva no tiene clotoide de salida.	4.4.6			
Planta	5+521.295		Error	No hay clotoide de salida a la curva.	4.4.1			
Alzado	0+985.856	Directo	Válido	Longitud máxima de rasantes	5.2.1			
Alzado	0+985.856	Directo	Válido	Comprobación de rasantes para carreteras convencionales y carreteras multicarril	5.2.1			
Alzado	0+985.856	Directo	Válido	Acuerdo mínimo por condición de visibilidad de parada.	5.3.2.1			
Alzado	0+985.856	Directo	Error	Los vértices de la rasante estan demasiado próximos.	5.2.1	13.2690	333.3333	
Alzado	0+985.856	Directo	Error	La pendiente es insuficiente.	5.2.1	-0.0003	0.2000	
Alzado	1+085.856	Directo	Válido	Longitud máxima de rasantes	5.2.1			
Alzado	1+085.856	Directo	Válido	Comprobación de rasantes para carreteras convencionales y carreteras multicarril	5.2.1			
Alzado	1+085.856	Directo	Válido	Distancia entre vértices.	5.2.1			
Alzado	1+085.856	Directo	Válido	Acuerdo mínimo por condición de visibilidad de parada.	5.3.2.1			
Alzado	1+085.856	Directo	Válido	Comprobación de drenaje.	5.3.2.1			
Alzado	1+085.856	Directo	Error	La pendiente es insuficiente.	5.2.1	-0.0004	0.2000	
Alzado	2+860.831	Directo	Válido	Comprobación de rasantes para carreteras convencionales y carreteras multicarril	5.2.1			
Alzado	2+860.831	Directo	Válido	Longitud máxima de rasantes	5.2.1			

Fig. 8

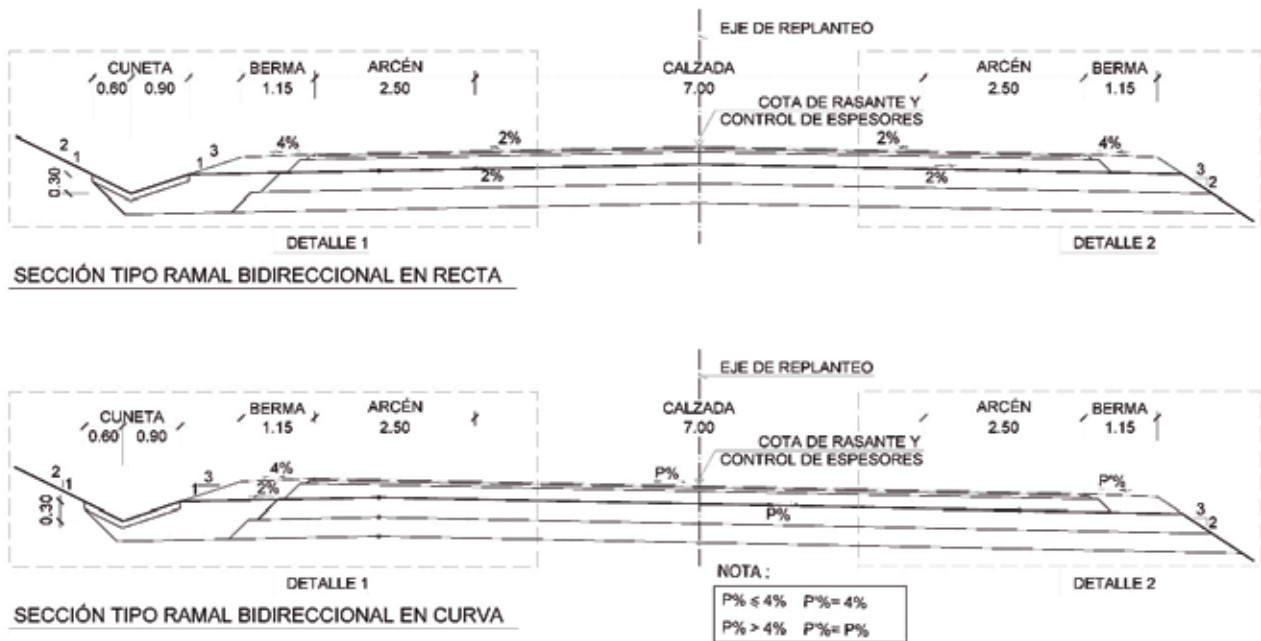


Fig. 9



### 3.2. Diseño de firmes

Otro de los aspectos normativos que se ha tenido en cuenta para el desarrollo de aplicaciones han sido aquellos que definen el diseño de los firmes de carreteras.

El software va a permitir definir catálogos de firmes con diferentes materiales y espesores, adaptados a las normativas de cada país, los cuales serán comprobados de forma automática, a partir de los parámetros introducidos al definir el eje del corredor (Fig. 9).

Frente al software tradicional, éste nos permitirá comprobar si para unas condiciones establecidas al definir el segmento, el paquete de firme cumple la normativa del país concreto o no.

Las capas de firme serán exportadas como sólidos 3D a formato estándar IFC, de forma que podrán ser visualizados en todo tipo de aplicaciones BIM y ejecutar detección de interferencia con otros elementos y otros modelos para coordinación. Las propiedades físicas de los materiales empleados, los datos para calcular costes, plazos y consumos así como los parámetros para conservación del firme son también gestionados por la aplicación (Fig. 10).

### 3.3. Seguridad Viaria

El análisis del diseño geométrico de las carreteras no se podrá considerar completo si no se lleva a cabo conjuntamente con un desarrollo de aplicaciones de la seguridad viaria. Para ello será fundamental el análisis de la consistencia del trazado y las visibilidades existentes y necesarias de acuerdo con la instrucción.

La consistencia del diseño tiene una especial relevancia en la seguridad, y una de las técnicas más difundidas para su evaluación es el análisis de las variaciones de las velocidades de operación entre elementos geométricos consecutivos y a lo largo de cada segmento.

De los modelos existentes para la obtención de los perfiles de velocidad, se han seleccionado aquellos que conllevan un mayor grado de ajuste y simplicidad en el número de variables, pudiendo incorporarse al proyecto RoadBIM modelos diferentes según el país.

$$V_{85} = 152.676 - \frac{384.896}{\ln(R + 7.739)}$$

Modelo de velocidad de operación para vehículos ligeros en curvas en España (García-Jiménez, 2017).

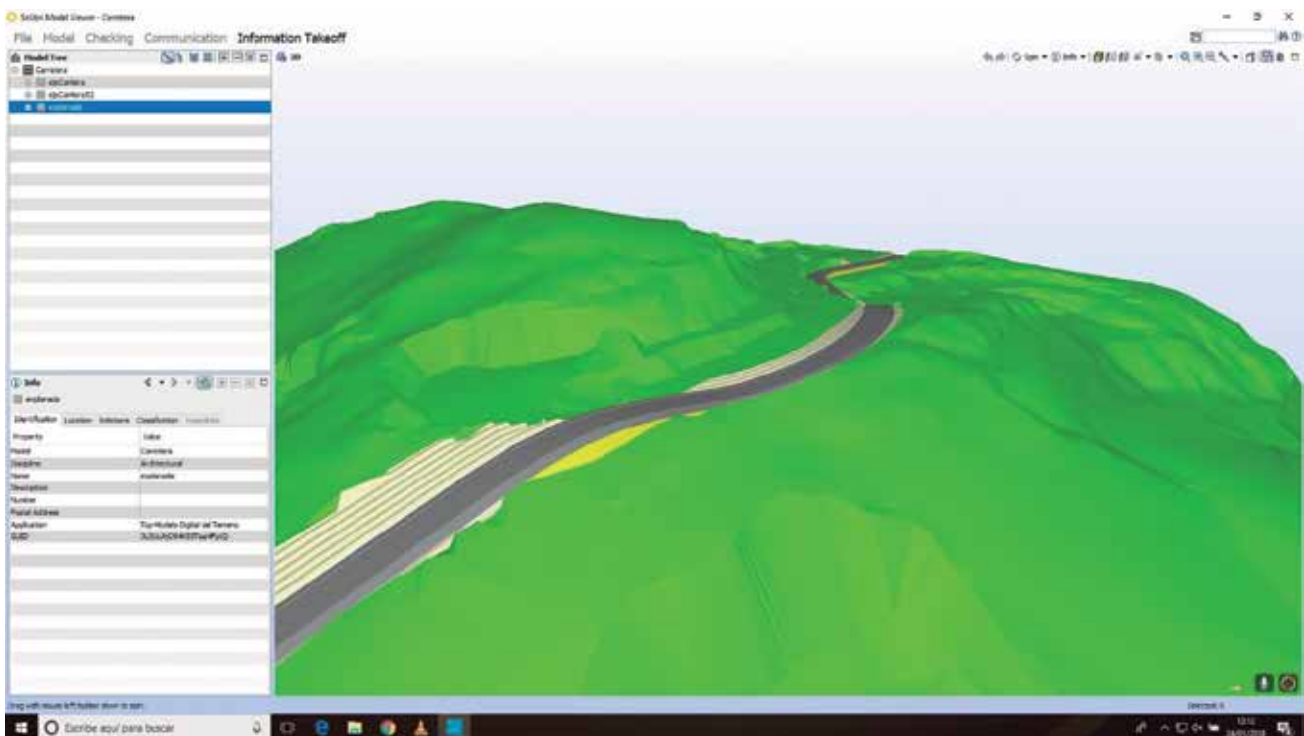


Fig. 10

La consistencia puede ser evaluada en un punto concreto (modelos locales) o en un segmento completo de la carretera (modelos globales). En el proyecto RoadBIM se incorporan el criterio I y II de Lamm et al. (1988) como modelo local, y el desarrollado por Camacho-Torregrosa (2015) para el global. Las aplicaciones de seguridad viaria generarán informes y gráficos con las velocidades de operación estimadas por tramos para diferentes tipos de vehículos. De forma similar, se representarán gráficamente las zonas con una visibilidad disponible inferior a la necesaria, advirtiendo en tiempo real de esta circunstancia.

En cuanto a la aplicación que estime la consistencia del diseño geométrico, además de las comprobaciones del trazado en planta exigidos por la nueva 3.1-IC, la aplicación generará segmentos de geometría homogénea y determinará la consistencia global del trazado, mostrando claramente dónde se producen los cambios bruscos en la velocidad de operación. También se desarrollarán los conversores que permitan incorporar el modelo BIM para la recreación del escenario virtual en simuladores de conducción, de forma que puedan utilizarse para auditar y mejorar la seguridad viaria.

### 3.4 Análisis del Ciclo de Vida y Coste del Ciclo de Vida

En términos del análisis de la sostenibilidad en proyectos de carreteras, se ha tenido en cuenta la integración en el modelo de los principales aspectos ambientales que deben ser considerados desde la perspectiva del Análisis de Ciclo de Vida y Análisis de Coste del Ciclo de Vida.

Se busca tener un modelo analítico mediante la aplicación de bases de datos genéricas asignadas a los distintos elementos que constituyen el modelo geométrico, de modo que aporte información de carácter ambiental de cada uno de los elementos modelados y del conjunto de la obra. Los principales aspectos ambientales considerados son:

- Consumo energético.
- Emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Consumo de agua.
- Residuos generados.

Como innovación importante, el software permitirá además vincular datos sobre los aspectos ambientales mencionados anteriormente, que harán posible la obtención de informes detallados de consumo energético, emisiones, residuos, etc.

## 4 Conclusiones

El objetivo final del proyecto ROADBIM es establecer los cimientos BIM en proyectos de carreteras, abriendo el camino a nuevos desarrollos tecnológicos que completen e impulsen los ya desarrollados en este proyecto, y faciliten tanto a proyectistas, constructores, gestores, como administradores públicos, herramientas que les permitan beneficiarse de todas las ventajas que la aplicación de la metodología, basada en procesos colaborativos, estándares y formatos abiertos, puede aportar. ☺

Criterio I de consistencia de Lamm et al. (1988)		
Buena	Aceptable	Pobre
$V_{85} - V_d \leq 10 \text{ km/h}$	$10 < V_{85} - V_d \leq 20 \text{ km/h}$	$V_{85} - V_d > 20 \text{ km/h}$

*Modelo de consistencia local*

Modelo de consistencia global de Camacho-Torregrosa (2015)		
Tipo de tramo	SPF	
Todos	$y_{i,10} = e^{-4,26225} \cdot L^{1,13196} \cdot IMD^{0,85298} \cdot e^{-0,6574 \cdot C}$	
Libres	$y_{i,10} = e^{-5,5819} \cdot L^{0,9265} \cdot IMD^{0,9924} \cdot e^{-0,5216 \cdot C}$	
Coartados	$y_{i,10} = e^{-3,91602} \cdot L^{1,16103} \cdot IMD^{0,8015} \cdot e^{-0,6430 \cdot C}$	
Buena	Aceptable	Pobre
$C \geq 3,25 \text{ s}^{1/3}$	$2,55 \text{ s}^{1/3} < C \leq 3,25 \text{ s}^{1/3}$	$C < 2,55 \text{ s}^{1/3}$

*Modelo de consistencia global*

Nota: SPF= Safety Performance Functions: expresión que estima el nº de accidentes en x años (en este caso 10 años)

Más de 100 años  
comprometidos  
con el crecimiento  
y el progreso



Estación de metro de la Calle 72 de NYC, EE.UU.\*

Museo Nacional de Arqueología, Perú.\*



EPC Ski, Proyecto Folle Lino, Noruega.\*



\*Ejemplos de metodología BIM.



Grupo global  
de infraestructuras

[www.ohl.es](http://www.ohl.es)

# FONDOS DE INVERSIÓN PREMIER

Decida el rumbo de sus inversiones.

## Gestifonsa Cartera Premier 10, F.I. (Nº REG. CNMV: 5157)

**Categoría CNMV:** Renta Fija Mixta Internacional.

**Política de inversión:** Fondo de fondos con inversión máxima del 10% en activos de renta variable.

**Comisiones:**

Gestión: 0,40% (\*)

Depositaria: 0,10%

**Perfil de riesgo CNMV**

< Potencialmente menor rendimiento < Menor riesgo < 1 2 3 4 5 6 7 Potencialmente mayor rendimiento > Mayor riesgo >

1 2 3 4 5 6 7

(\*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 0,60% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 0,80%.

## Gestifonsa Cartera Premier 25, F.I. (Nº REG. CNMV: 5155)

**Categoría CNMV:** Renta Fija Mixta Internacional.

**Política de inversión:** Fondo de fondos con inversión máxima del 25% en activos de renta variable.

**Comisiones:**

Gestión: 0,75% (\*)

Depositaria: 0,10%

**Perfil de riesgo CNMV**

< Potencialmente menor rendimiento < Menor riesgo < 1 2 3 4 5 6 7 Potencialmente mayor rendimiento > Mayor riesgo >

1 2 3 4 5 6 7

(\*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 0,90% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 1,10%.

## Gestifonsa Cartera Premier 50, F.I. (Nº REG. CNMV: 5156)

**Categoría CNMV:** Renta Variable Mixta Internacional.

**Política de inversión:** Fondo de fondos con inversión máxima del 50% en activos de renta variable.

**Comisiones:**

Gestión: 1,15% (\*)

Depositaria: 0,10%

**Perfil de riesgo CNMV**

< Potencialmente menor rendimiento < Menor riesgo < 1 2 3 4 5 6 7 Potencialmente mayor rendimiento > Mayor riesgo >

1 2 3 4 5 6 7

(\*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 1,30% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 1,40%.

IMPORTANTE: Rentabilidades pasadas no garantizan rentabilidades futuras. Para invertir en estos productos es necesario tener conocimientos y experiencia en los Mercados conforme a la Normativa MiFID. Existe riesgo de pérdida de capital invertido. Las cifras y datos contenidos en este anuncio no constituyen recomendación de compra o venta de una inversión y tienen estricto contenido publicitario. Los Fondos de Inversión disponen de un folleto informativo y documento con los datos fundamentales para el inversor (DFI) que pueden consultarse en las oficinas de Gestifonsa SGIC SAU, Nº Registro Administrativo CNMV-123, C/ Almagro, 8-5ª planta, 28010 Madrid, en la página web del Grupo Banco Caminos-Bancofear [www.banccaminos.es](http://www.banccaminos.es), en el apartado Gestifonsa y en la página web de la Comisión Nacional del Mercado de Valores ([www.cnmv.es](http://www.cnmv.es)). La Entidad Depositaria de los Fondos de Inversión es Banco Caminos SA, Entidad de Crédito registrada en el Banco de España con el código de entidad 0234. Estos fondos pueden no ser adecuados para inversores que prevean retirar su dinero en un plazo inferior a 2 años.

### Banco Caminos Madrid

Calle Almagro, 8 y 42 • 28010 Madrid • Tel. 91 310 95 50  
[info@banccaminos.es](mailto:info@banccaminos.es)

### Banco Caminos Barcelona

Vía Augusta, 153 • 08021 Barcelona • Tel. 93 277 06 00  
[barcelona@banccamins.cat](mailto:barcelona@banccamins.cat)