

BIM y la mejora de la productividad sectorial

Informe BIM



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN



serie
I+D ▶

BIM y la mejora de la productividad sectorial



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

BIM y la mejora de la productividad sectorial **ESCUELA DE GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Coordinación de la colección “Serie I+D”

Sebastián Orrego

Edición y corrección de estilo

Emilia Pezzati

Ignacio Vilá

Julián Bergara

Santiago Lubian

Autora

Laura Lacaze

Diseño Gráfico

Martín Pazos

BIM y la mejora de la productividad sectorial

índice

- 7 BIM y su impacto sobre la productividad sectorial
 - Trabajo colaborativo, enfoque del ciclo de vida del proyecto y digitalización de la construcción
 - La dimensión Organizacional
- 9 El aspecto tecnológico
- 11 Usos de BIM y sus beneficios
- 14 Consideraciones finales
- 15 Referencias

BIM y su impacto sobre la productividad sectorial

La amplia mayoría de los trabajos que analizan el uso de Building Information Modelling (BIM) en la construcción destacan que su adopción masiva configurará un factor transformador de la productividad sectorial. Luego de una, prácticamente obligada, referencia a la denominada curva de MacLeamy se suelen destacar una serie de ventajas por sobre las prácticas actualmente vigentes (generalmente referidas como metodología tradicional) generando listados de beneficios con mayor o menor grado de exhaustividad y con diversos tipos de agrupamientos.

Cuando se revisan los diversos trabajos, presentaciones y seminarios emerge, de manera bastante clara, una primera conclusión: a nivel intuitivo y general existe un amplio consenso entre los especialistas acerca de que la implementación de BIM supone en el presente, y supondrá en el futuro, una mejora significativa sobre los estándares de productividad del sector. Sin embargo, el panorama comienza a ser menos claro cuando se trata de avanzar hacia un nivel más concreto y específico.

En el presente se intenta trabajar, con una mayor consistencia, en la vinculación entre las modificaciones que supone para el quehacer de la actividad sectorial y los resultados (esperados u observables) en términos de productividad. Para ello se analiza la cuestión en dos niveles, en un primer momento se discute desde una perspectiva más general las **características de BIM** y de las **transformaciones** que imprime en el desarrollo de la actividad de la construcción.

En un segundo momento, se analizará de manera más específica los **actuales usos de BIM y su relevancia para la mejora de la productividad sectorial**. Esto significa, como se abordará con mayor detalle a continuación, avanzar simultáneamente en los dos aspectos centrales de la productividad de un sector, la cantidad de recursos empleados en la producción y la calidad y variedad de los bienes y servicios ofrecidos.

Trabajo colaborativo, enfoque del ciclo de vida del proyecto y digitalización de la construcción

Tal como la conocemos hoy en día, BIM representa una transformación integral de la metodología de trabajo en el sector que es simultáneamente **organizacional y tecnológica**.

En cuanto al primer aspecto se trata de una reorientación de las metodologías de trabajo y de los vínculos entre los diversos actores del sector, con los objetivos fundamentales de reducir costos y de mejorar la calidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Como se detallará a continuación, se identifican tres aspectos centrales a ser mejorados:

1. **La coordinación entre los diversos involucrados**
2. **La calidad de la información con la cual se llega a la etapa de ejecución**
3. **Las prácticas de mantenimiento.**

Desde una perspectiva tecnológica, los actuales enfoques de BIM se articulan en torno a la promoción de una mayor digitalización de las tareas cotidianas. Reconociendo en las Tecnologías de Información y Comunicaciones (**TICs**) el conjunto de herramientas más eficientes para la gestión de informaciones, éstas configuran la columna vertebral de BIM. Desde este plano, BIM tiene el potencial para incrementar la productividad sectorial a partir de, fundamentalmente, una mayor automatización de tareas y el progresivo reemplazo del soporte físico por el digital.

La dimensión organizacional

La actividad sectorial abarca una pluralidad de actores cada vez más fragmentados (comitentes, desarrolladores, diseñadores generalistas, diseñadores especializados, con-

tratistas, subcontra-tistas, proveedores de materiales, entre otros), cuyos proyectos se extienden a lo largo de períodos significativos y que se traducen en edificaciones operadas y mantenidas durante una multiplicidad de años. Se trata así de un sector de gran complejidad en el que las decisiones adoptadas en cada una de las fases de vida del proyecto tienen un impacto decisivo en lo que sucederá a continuación.

Un ejemplo que suele ser mencionado frecuentemente, es el de la extensión de los tiempos de ejecución por sobre los plazos originales, lo que acostumbra a ser identificado como resultado de las deficiencias de programación por parte de las empresas constructoras.

Esto es una verdad a medias ya que, si bien mucho puede mejorarse aún en términos de la planificación de la etapa de ejecución, lo cierto es que los desvíos en relación con la programación inicial y los desperdicios de recursos y materiales son el resultado de problemáticas acumuladas a lo largo de todo el camino recorrido por el proyecto pero que sólo se manifiestan de manera aguda al llegar a la obra. Entre otros, insuficiencias de diseño se traducen en pedidos de alteraciones por parte del comitente final; las omisiones se transforman en necesidades de replanificar y los errores en interferencias (ya sea detectados tempranamente, ya sea con sus consecuentes retrabajos), todo lo cual resulta en mayores plazos de ejecución, mayores recursos aplicados (desperdicio de materiales e incremento en las horas de diseño, en el uso de equipos y en el empleo de mano de obra). A diferencia de otros sectores la etapa de ejecución configura así no sólo una fase de edificación y montaje sino también un momento de toma de decisiones.

Por sobre esto, a la hora de la entrega final se llega a un resultado que no siempre satisface los requerimientos del comitente y que, seguramente, tendrá diferencias en relación con el proyecto original motivo por el cual los planos entregados no reflejarán la situación real del edificio sirviendo de una base precaria para la operación y mantenimiento.

Situaciones así, configuran algunas de las problemáticas de productividad del sector que se apuntan a mejorar a partir de la adop-

ción de la metodología BIM. Haciendo un ejercicio de extrema simplificación desde una perspectiva organizacional, el enfoque de BIM puede resumirse en dos ideas bastante simples: 1) alcanzar una mayor eficiencia y mejor calidad en la totalidad del ciclo de vida del proyecto requiere de una **intensa coordinación entre todos los involucrados** en el mismo (toda vez que toman decisiones que impactan decisivamente en su evolución futura); 2) la **toma de decisiones** resulta sustancialmente **menos costosa** (en términos de esfuerzos), antes de llegar a la etapa de edificación. En otras palabras, BIM propone mejorar los estándares del sector a través de dedicar mayores esfuerzos a la planificación, algo que podríamos resumir como **planificar más para ejecutar mejor**.

Esto, precisamente, es lo que ilustra la denominada “curva de tiempo-esfuerzo” de MacLeamy¹, una de las referencias más reconocidas en el debate sobre los efectos esperados del uso de BIM en el sector de la construcción. Como su nombre lo indica este gráfico relaciona dos elementos centrales: el tiempo y los esfuerzos en lo que se incurre al ejecutar un proyecto. Así, la propuesta es simple: cuanto mayor sea el avance en el ciclo de vida del proyecto, más elevados serán los costos derivados de la introducción de modificaciones y menor la capacidad de inci-



¹ Cabe destacarse que no existe nada en este esquema que pueda ser pensado como específico de la construcción, de hecho, este enfoque ha servido de base en la transformación de los procesos en los más diversos sectores productivos, desde el manufacture-ro a la industria del software.

dir sobre el resultado final.

Esquemáticamente el gráfico contrasta la distribución de los esfuerzos según se sigan los parámetros de la metodología tradicional y de BIM. En el primer caso la mayor parte del trabajo se concentra en la fase final de la etapa de diseño vinculada a la producción de la documentación de obra. Así, se advierte, la aplicación más significativa de recursos se realiza en una etapa en la cual los costos de introducir modificaciones son elevados (y que continuarán elevándose al momento de iniciarse la ejecución).

En otras palabras, el enfoque BIM supone, en contraste con la metodología tradicional, una **redistribución de los esfuerzos** aumentando la carga de tareas en las fases tempranas con el objetivo de contar con una mayor y mejor calidad de información que permita tomar mejores decisiones. En específico se trata de minimizar que los pedidos de alteración por parte del cliente, los errores y omisiones y las inconsistencias del diseño se transformen en retrasos, en requerimientos mayores de mano de obra y desperdicio de materiales.

Para ello resulta esencial la **coordinación entre todos los involucrados en el proyecto**, incluyendo una participación mucho más activa del comitente la cual se articula en

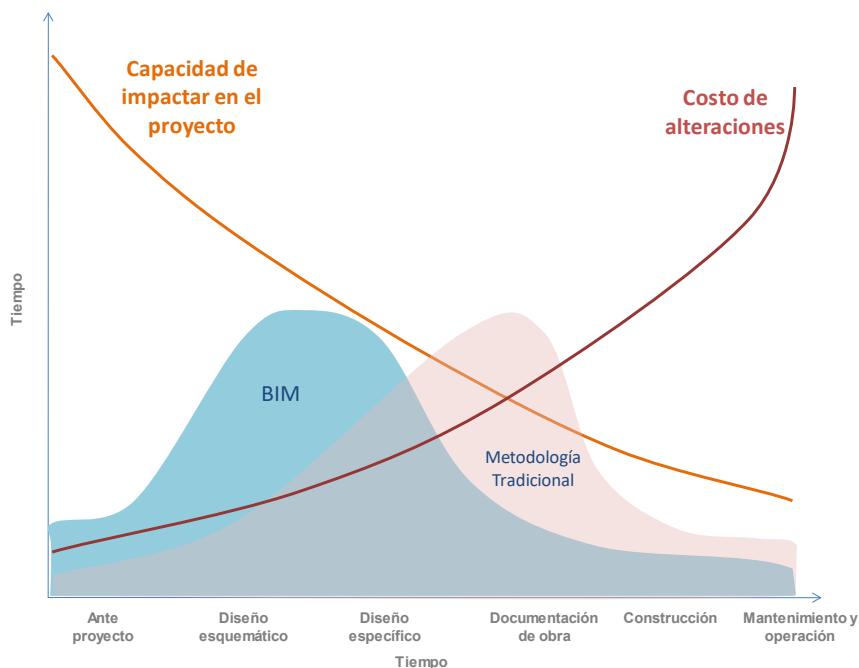
torno al enfoque colaborativo que es característico de la metodología BIM. En términos organizacionales esto se cristaliza en el **Plan de Ejecución BIM** (o BIM Execution Plan, BEP) documento que sirve como marco de referencia para los diversos involucrados en el proyecto detallando los alcances y responsabilidades de cada uno y estableciendo las características de los flujos de información, entre otras cuestiones.

Pero BIM, tal como lo conocemos en la actualidad, es mucho más que este principio de organización del trabajo. Se trata de la identificación de que tanto esa mayor y mejor planificación, como a la gestión integral del proyecto debe asentarse en un uso intensivo y específico de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) para lograr un significativo incremento de la productividad sectorial. Esto es, tiene que apoyarse sobre la profundización de la digitalización del sector.

El aspecto tecnológico

Las TICs han revolucionado la manera en que pensamos, creamos, procesamos, almacenamos y compartimos datos. Si bien no es correcto afirmar que estas tecnologías no han tenido ningún impacto sobre el quehacer

Ilustración 1 - Curva de tiempo-esfuerzo de MacLeamy



Fuente: Davis (2011)

sectorial, lo que sí es cierto es que, a diferencia de otros segmentos de la actividad económica, **el impacto de estas tecnologías se ha dado principalmente a través de la incorporación de variantes relativamente genéricas**, esto es, no diseñadas para suplir específicamente las necesidades del sector. Así, con la gran excepción del segmento de diseño, buena parte de los dispositivos y programas empleados en la ejecución de tareas son genéricos, con usos para una amplia variedad de actividades (tales como: procesadores de textos, hojas de cálculo, correo electrónico o aplicaciones de mensajería, entre otros).

De hecho, el diferencial existente en materia de adopción de tecnologías digitales en el sector de la construcción suele ser apuntado como uno de los principales factores que explica el contraste entre el rápido crecimiento de la productividad observado en los más variados sectores de la actividad económica y la evolución mucho menos favorable en el sector de la construcción.²

Hace algo más de medio siglo, el sector incorporó buena parte de los equipamientos que hoy forman parte de casi la totalidad de las obras. Excavadoras y palas mecánicas, por ejemplo, reemplazaron las tareas repetitivas y las limitaciones propias de la fuerza humana para acelerar los tiempos de ejecución y mejorar su calidad. Algo similar sucede en la actualidad con las TICs en el ámbito de las tareas cognitivas (como las vinculadas a la planificación, a la comunicación, al análisis y al cálculo, entre otras) que permiten, de manera creciente, automatizar buena parte de ellas disminuyendo el trabajo manual y también garantizando mayores niveles de precisión (al reducir el error humano).

² Entre otros, el Foro Económico Mundial (WEF 2016) destaca que las estimaciones para los últimos 50 años muestran que mientras que para el sector no primario la productividad laboral se incrementó a una tasa del 1,9% anual acumulativo, en el sector de la construcción se observó una dinámica entre estancada y negativa. Para mayores referencias sobre esta temática y referencias al sector en la Argentina consultar Coremberg et al. (2014), Braude y Barletta (2014) y Lacaze (2018).

Así, si uno de los puntos centrales de BIM tiene que ver con reorganizar los flujos de trabajo en la construcción con el objetivo de contar con un acervo de informaciones lo más completa y exacta posible al momento de iniciarse la etapa de ejecución, son las TICs las que vuelven este principio no sólo económicamente viable, sino la forma de organización más eficiente en la actualidad. Se trata de transformar la actividad sectorial en un sentido que permita explotar al máximo las ventajas abiertas por el cambio del patrón tecnológico.

Para ello, desde la perspectiva de la información, el cambio más radical es que el proyecto pasa a ser concebido como una gran base de datos que se cristaliza en el denominado modelo en BIM. En lugar de objetos con una geometría y propiedades determinadas, el modelo en BIM se conforma de objetos definidos por parámetros y reglas cuyas configuraciones posibilitarán, entre otras cosas, otorgarles una forma geométrica.

Un modelo BIM es, entonces, una gran base de datos estructurada de forma tal de posibilitar la automatización de procedimientos de consulta, de análisis, la actualización ante modificaciones, entre otros. En otras palabras, el modelo BIM reemplaza al modelo tradicional estructurado en torno a dibujos y especificaciones, por otro estructurado en torno a datos que permite aprovechar de manera mucho más intensiva los avances en materia de TICs redundando en una mejora de la performance en la ejecución de las diversas tareas.

Un punto central de su estructura es que independientemente de quien haya originado los datos, estos se encuentran asociados, de forma tal que lo que se preserva como principio es la integralidad de la información del proyecto. Sea a través de un modelo único o de varios modelos interconectados, los diversos datos nunca pierden vinculación entre sí garantizando que lo que es informado en una parte sea considerado en otra, al tiempo que su actualización sea automatizada. Lo cual es fundamental para garantizar la consistencia de la información con la que se cuenta a la hora de iniciar la ejecución de la obra.

Usos de BIM y sus beneficios

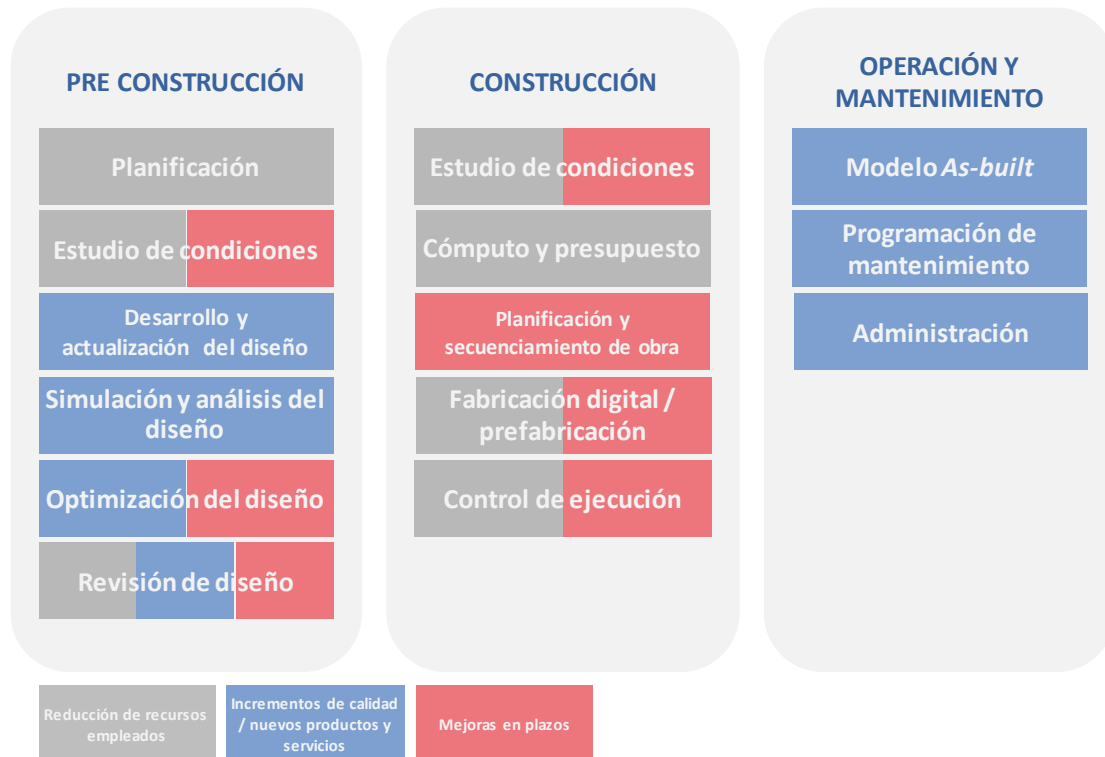
Para traducir en concreto el debate desarrollado hasta ahora se ensayó una clasificación que relaciona aquellas tareas o procesos a lo largo del ciclo de vida del proyecto en donde el uso de BIM representa en la actualidad una transformación significativa y sus principales impactos en términos de la productividad sectorial, sin perder de vista el hecho de que nuevos usos y beneficios aparecerán en el futuro.

Como toda **clasificación** se trata de un listado siempre incompleto, provisorio y no exento de arbitrariedades. Su principal objetivo, en tanto, es el de **clarificar los mecanismos de transmisión que relacionan el uso de BIM en tareas concretas con la dinámica de la productividad de la construcción.**

Para ello, se consideraron tres dimensiones de impacto:

- **Reducción de recursos empleados:** se trata fundamentalmente de la disminución de horas de trabajo y de insumos materiales, sea por la reducción de las tareas manuales (como en el caso del cómputo y presupuestos o en la incorporación de componentes prefabricados en obra), sea por la reducción de desperdicios (como los vinculados a los retrabajos).
- **Incrementos de calidad y nuevos productos y servicios:** Transformaciones que o bien generan un salto en la calidad de los resultados del proyecto (por ejemplo, la mejora en la captación de las necesidades del usuario final) o la oferta de componentes no habituales que significan una creación de valor adicional para el sector en su conjunto (como la entrega de la documentación asbuilt).

Ilustración II - Usos de BIM y sus impactos sobre los tiempos de ejecución, los recursos empleados y la calidad de los proyectos



Fuente: elaboración propia

- **Mejoras en plazos:** El tercer componente se utiliza para resaltar aquellas transformaciones que tienen un impacto significativo tanto en lo que hace a la reducción en los tiempos efectivos de ejecución (como por ejemplo los plazos de obra), así como también aquellos que aportan a una mayor certidumbre en relación con el cumplimiento de la programación inicial (como aquellos que reducen los imprevistos).

1. Pre – construcción

Desarrollo y actualización de diseño: Se trata de la actividad análoga a CAD, pero en un ambiente de datos estructurados. Las tareas concretas suponen un cambio significativo ya que se opera sobre objetos paramétricos y no sobre geometrías. En otras palabras, el dibujo emerge como un resultado del procesamiento de los datos en lugar de configurar el punto de partida.

Si bien el uso de BIM no supone una disminución en los tiempos de trabajo, efectiva la posibilidad de operar sobre los datos abre la posibilidad de ganar eficiencia al semiautomatizar tareas tales como las de replicación de informaciones en diversas vistas o la de actualización ante alteraciones del diseño.

La sustitución de tareas manuales por automatizadas es identificada como un elemento clave para la mejora en la productividad en lo que hace al diseño conceptual, principalmente por constituir una forma de distribución del trabajo que potencia los procesos creativos y permite un diseño más informado. Como fuera expresado por el propio MacLeamy (2015):

“Entonces, aunque me formé como diseñador, la mayor parte del esfuerzo que gasté y la mayor parte de los honorarios que gané no estaban en el diseño de nada. Estaba haciendo dibujos de trabajo o elevaciones y detalles de la sección del plan, y escribiendo especificaciones, en lugar de ser cuidadoso al diseñar (...) Necesitamos cambiar los roles para poner más esfuerzo en el diseño y tener los planos de trabajo o la fase de documentación mucho más automatizados”

Simulación y análisis del diseño: El pasaje de un modelo geométrico a uno paramétrico también tiene impactos significativos en lo que hace al tiempo de trabajo y a la calidad de los resultados finales. En particular, se traduce en la reducción de las necesidades de ingreso de datos a la hora de realizar los diversos tipos de análisis (sobre los sistemas mecánicos y estructurales, por ejemplo) toda vez que las características geométricas de los objetos y sus propiedades materiales se derivan del modelo y pueden ser aplicadas de manera automática en cada análisis.

Optimización del diseño: La mejora en las técnicas de visualización facilita la detección de espacios subutilizados y el involucramiento de los diversos interesados en el proyecto, que se traduce en una mejor captura de las necesidades del usuario final, en el incremento de calidad del diseño en general que, entre otras cuestiones, reduce la probabilidad de la solicitud de alteraciones en fases más avanzadas del proyecto.

Revisión del diseño: Se trata, probablemente, de uno de los aspectos más frecuentemente destacados a la hora de hablar de los usos de BIM y su impacto en la productividad sectorial. El trabajo a lo largo del ciclo de diseño involucra el aporte de una variedad de equipos y consultores especializados en cada uno de los aspectos de la edificación (tales como la estructura y el sistema eléctrico, entre otros). Una digitalización creciente ya ha mostrado avances en la progresiva sustitución de los soportes físicos y el trabajo presencial por vías de transmisión de información y de comunicación digitales. De todas maneras, una serie de problemáticas específicas afectan la consistencia y calidad del diseño lo que incide de manera determinante en la aplicación de recursos de obra, la aparición de desvíos en relación con los cronogramas y la calidad de la construcción en general.

Siguiendo la clasificación propuesta por Lee, Park, y Won (2012), la revisión del diseño contribuye a detectar tres tipos de errores:

- a) inconsistencia lógica: Comúnmente llamados “interferencias” emergen cuando elementos de diferentes modelos ocupan el mismo espacio, como por ejemplo el conflicto entre partes de la estructura y del sistema de instalaciones.

b) discrepancia entre los dibujos: Esta categoría agrupa los casos en los que el mismo objeto es representado con diferentes características en diversos dibujos.

c) elementos faltantes: Se trata de errores que se materializan en omisiones en los dibujos tales como números de identificación y otras especificaciones que imposibilitan o dificultan la ejecución de los trabajos.

Contrastada con la metodología tradicional basada en la comparación de dibujos, la semi-automatización de las prácticas de revisión del diseño posibilitan mejorar significativamente la cantidad de horas aplicadas y los resultados obtenidos haciendo más probable la detección de un número mayor y más variado de errores de diseño.

2. Construcción

Fabricación digital / prefabricación: La progresión en el detalle de la información contenida en los modelos facilita el desarrollo de estrategias de incorporación de componentes prefabricados, con importantes impactos en costos y en tiempos de ejecución.

Planificación y secuenciamiento de obra: El uso de simulaciones facilita la planificación y la definición de flujos de trabajo más detallados y eficientes al identificar los vínculos existentes entre las diversas actividades y los potenciales problemas para su desarrollo (tales como las limitaciones espaciales), así como evaluar dentro del mismo modelo los resultados obtenidos a partir de unas diversas alternativas. En la literatura tradicional de BIM, esta suele ser referida como la dimensión 4D, que incorpora la perspectiva temporal para una planificación de mayor exactitud.

Cómputo y presupuesto: Al igual que lo comentado para los casos de análisis y de revisión del diseño, el paso hacia un modelo paramétrico posibilita que diversas informaciones sean extraídas por medio de un procesamiento semiautomatizado de los datos contenidos en el mismo. En este caso, los datos referidos a la cantidad de componentes, al área y al volumen de los espacios forman parte de los parámetros de los diversos elementos que conforman el modelo. Denomi-

nada usualmente la 5D de BIM, esta dimensión hace que el procedimiento de cálculo de cantidades y el posterior presupuesto requiera una menor cantidad de tiempo de trabajo y sus resultados sean más confiables toda vez que se reducen las expectativas de error en las estimaciones.

Control de ejecución: La disponibilidad de los datos contenidos en el modelo BIM, hace posible la introducción de un variado conjunto de herramientas que potencian los recursos aplicados a la administración y control de ejecución de la obra. En comparativa con los procedimientos bajo los cuales actualmente se opera el modelo integrado BIM supone la eliminación de la carga redundante de informaciones.

Así, por ejemplo, se habilita la generación de reportes que de manera automatizada expresan los avances esperados en cada momento del tiempo y los desvíos en relación con las proyecciones de plazos y de costos. Así mismo posibilita la incorporación de modificaciones en obra, para la actualización en tiempo real del modelo y, consecuentemente, de las previsiones.

3. Operación y mantenimiento

Los usos de BIM para la fase posterior a la etapa de ejecución de obra son los que de manera más significativa abren nuevas oportunidades de creación de valor. Usualmente referidos como la 7D de BIM, impactan decididamente sobre la productividad sectorial ampliando la variedad y calidad de los productos y servicios ofrecidos.

Modelo as-built: La incorporación de modificaciones en tiempo real conforme avanza la ejecución de la obra, supone la optimización del trabajo toda vez que los datos relevados durante la etapa de control de obra sirven como base para la elaboración del modelo as-built el cual configura en esencia un servicio diferenciado en relación con la oferta tradicional del sector que sirve como una base cualitativamente superior sobre la cual planificar el mantenimiento y la operación de una edificación.

Administración: La variedad y calidad de datos contenidos en el modelo BIM al momento de finalizar la ejecución pueden proveer mejores bases para la comprensión que los futuros administradores tienen sobre las características de la edificación de manera tal de incrementar la capacidad de análisis y la calidad de la información con la que se cuenta a la hora de tomar decisiones.

Consideraciones finales

El objetivo central de este trabajo fue el de realizar un análisis del impacto de BIM en la productividad sectorial. Para ello se detallaron algunas de las características de la transformación que ello supone tanto en la dimensión organizacional como desde el aspecto tecnológico, impulsando una mayor y más específica digitalización de la construcción.

El enfoque de los usos concretos de BIM, permitió identificar tres puntos centrales en los que se expresa la potencialidad de mejora: **la reducción de los recursos utilizados** (por la progresiva sustitución de tareas manuales, la reducción de trabajos redundantes y la eliminación de desperdicios); **la disminución y mayor certidumbre de los plazos de ejecución** (vinculados a la menor cantidad de imprevistos y a una mejor calidad en la planificación de las tareas) y, finalmente, el **aumento en la calidad de los productos y servicios ofrecidos** lo que incluye la posibilidad de generar nuevos modelos de negocios principalmente los orientados a la fase de operación y mantenimiento.

A partir de este esquema, y de sus mejoras futuras, se puede avanzar en un debate más consistente sobre el impacto de BIM en la construcción a nivel cualitativo, así como también en la incorporación de datos cuantitativos que permitan una discusión más concreta y detallada sobre la cuestión.

BIM y la mejora de la productividad sectorial

Referencias

Braude, Hernán, y Florencia Barletta. 2014. Nuevo paradigma tecn-económico e innovación en la industria de la construcción. Buenos Aires: FODECO.

Coremberg, Ariel, Guillermo Anllo, Roberto Bisang, Mariana Fuchs, y Hernán Muñoz. 2014. Innovación y productividad de la cadena de valor de la construcción en Argenti-na. Buenos Aires: FODECO.

Davis, Daniel. 2011. «The MacLeamy Curve». Daniel Davis. 15 de octubre de 2011. <http://www.danieldavis.com/macleamy/>.

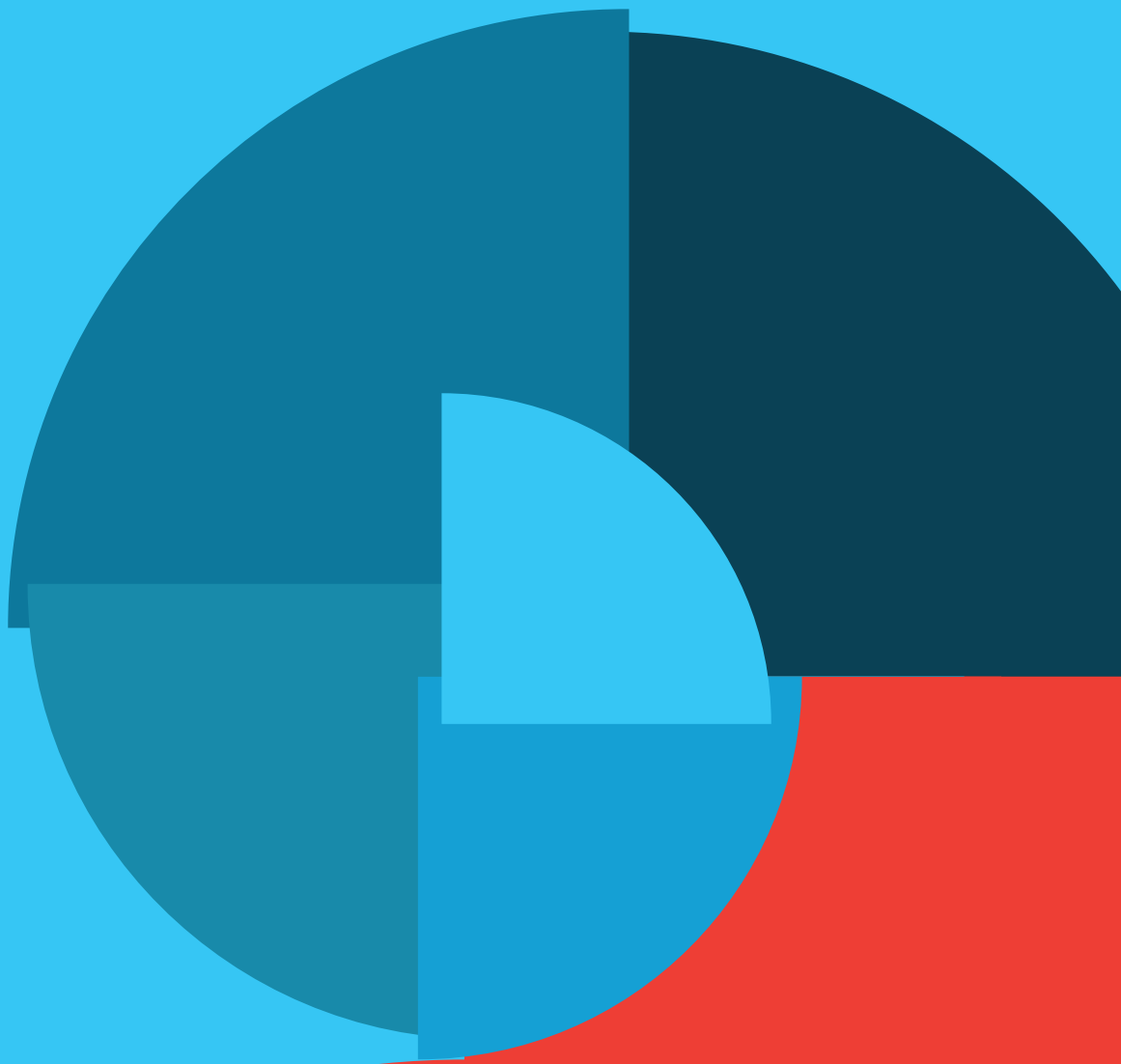
Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks, y Kathleen Liston. 2018. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.

Lacaze, Laura. 2018. BIM: de la competitividad a la innovación radical: la gestión de la información en las organizaciones. 1.ª ed. Buenos Aires: FODECO.

Lee, Ghang, Harrison Kwangho Park, y Jongsung Won. 2012. «D3 City Project — Economic Impact of BIM-Assisted Design Validation». *Automation in Construction* 22 (marzo): 577-86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.003>.

MacLeamy, Patrick. 2015. Change Leader Interview: BIM Aids Process, But Further Promise Lies in Interoperability Entrevistadopor Matt Ball. *Informed Infrastructure*. <https://informedinfrastructure.com/15197/change-leader-interview-bim-aids-process-but-further-promise-lies-in-interoperability/>.

World Economic Forum (WEF). 2016. «Shaping the Future of Construction»



FO
DE
CO
FONDO PARA EL DESARROLLO
DE LA CONSTRUCCIÓN



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN