



# Comisión Nacional de **Productividad**

## **PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

### **SECCIÓN II Análisis de la Productividad en el Sector de la Construcción**

### **CAPÍTULO 5 Adopción Tecnológica Agosto 2020**

## 1. Abstract

A raíz de la importancia de la innovación en los procesos constructivos, especialmente en vista del bajo nivel relativo de productividad del sector construcción en Chile en comparación a otros sectores económicos,<sup>1</sup> y los mencionados problemas en el diseño y ejecución de las obras a lo largo de otros apartados, se revisarán en el presente capítulo las tecnologías de Building information modeling (BIM) y construcción industrializada (CI), elementos que han surgido como respuestas a problemas de calidad, sobrecostos, y excesos de tiempos en otros países, cuya implementación está siendo incipiente en Chile. Respecto de CI, se hará principalmente énfasis en el uso de elementos prefabricados y construcción modular.

## 2. Introducción y definiciones

**Building information modeling (BIM)** es una metodología de gestión de la información para el desarrollo de proyectos –usualmente de edificación e infraestructura-, que nació el año 1984, creada por una empresa húngara que la implementó en proyectos de edificación (Virtual Building) y fue reconocido como el primer software de CAD para computadora capaz de crear dibujos en 3D.<sup>2</sup>

En concreto, consiste en la sistematización y estandarización de los antecedentes clave del diseño, construcción, y operación de una obra, los que se proyectan en modelos tridimensionales digitales. En estos, convergen todos los aspectos que dan vida a un proyecto: desde las especificaciones estructurales, hasta los detalles de cada instalación eléctrica. En esta metodología interactúan todos los actores involucrados en el desarrollo de una obra (incluyendo también los proveedores de materiales, por ejemplo), y se enmarca en un contexto de trazabilidad de la información.<sup>3</sup> En definitiva, existen más de 20 usos -métodos de aplicación de BIM- para alcanzar los objetivos del proyecto, distribuidos en las etapas de planificación (ej. levantamiento de condiciones existentes), diseño (ej. análisis estructural), construcción (ej. control de obra) y operación (ej. mantenimiento preventivo) de la obra.<sup>4</sup>

Los elementos esenciales que permiten el uso de BIM son la tecnología, los procesos, y las personas. Respecto de la (i) tecnología, destaca la adopción de hardware y software para proyectar los modelos tridimensionales de los proyectos, además de la existencia de numerosos elementos digitales de apoyo, tales como la nomenclatura para ordenar la presentación de la información, matrices de objetos (puertas, ventanas, etc., insumos para la estandarización de obras),<sup>5</sup> etc. Sobre (ii) procesos, es clave el mapeo de procedimientos que regulan la generación

<sup>1</sup> Ver apartado cuantitativo.

<sup>2</sup> Ver <http://www.bimforum.cl/2015/04/28/noticias-2/#:~:text=La%20empresa%20pionera%20en%20la, en%20D%20como%20D%3B%204>

<sup>3</sup> Ver [http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen\\_Ejecutivo\\_Seminario\\_BIM.pdf](http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen_Ejecutivo_Seminario_BIM.pdf); <https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf>

<sup>4</sup> Estándar BIM para proyectos públicos (2019).

<sup>5</sup> Para la realización de los modelos tridimensionales, un insumo relevante son las matrices de objetos y elementos, o matrices de entidades, que proporcionan los datos estándar para que se realice un modelo, que incluyen puertas, Documento en revisión, no citar

y manejo de información del proyecto a nivel de una organización, para que ésta identifique la mejor forma de implementar BIM de acuerdo con su realidad y los objetivos a alcanzar. Respecto de (iii) personas, destaca la necesidad de capacitación en el uso de los softwares, y la difusión de una cultura de adaptación hacia el cumplimiento de nuevos estándares y modos de trabajo colaborativos. Para este último caso, la metodología asigna una serie de roles para quienes trabajan en torno a ella.<sup>6,7</sup>

La **construcción industrializada** (*off-site construction*) hace referencia a una metodología de construcción con componentes fabricados fuera de las obras y ensamblados en sitio que comenzó en el Reino Unido frente a la escasez de vivienda y colegios en los años 50s y 60s posterior a la segunda guerra mundial.<sup>8,9</sup> En este sentido, las estructuras modulares corresponden a secciones interiores o exteriores de una obra que se fabrican y ensamblan remotamente, por ejemplo, muro cortina, paneles con aislamiento estructural y módulos de construcción completos. Los elementos prefabricados corresponden a materiales o conjuntos de estos que requieren una instalación especializada en la obra (ensamblaje *in situ*), abarcando desde la incorporación de componentes secundarios (por ejemplo, puertas, ventanas y revestimientos) hasta sistemas estructurales como pilares o vigas de hormigón.

Las soluciones prefabricadas se diseñan a medida para cada proyecto según los requerimientos del mandante y proyectista, y se elaboran en un ambiente industrial controlado, permitiendo mayor eficiencia en el uso de materiales con menores pérdidas de recursos y minimizando la cantidad de residuos. Adicionalmente, los montajes en terreno, permiten disminuir el impacto en la vegetación, emisión de ruido y levantamiento de material particulado.

La **relación entre BIM y CI** se manifiesta al notar que la planificación de todo el ciclo de vida del proyecto, desde etapas tempranas, permite optimizar la implementación de elementos prefabricados y modulares, por cuanto el uso de BIM permitirá, por ejemplo, incorporar estos elementos en todas las etapas de diseño, identificar la disponibilidad de proveedores, y apoyarse en la estandarización de objetos que proporciona BIM a modo de insumo. En efecto,

---

ventanas, muros, techumbres, etc., que son descritos con base en estándares internacionales (ej. ISO). La información de cada objeto se presenta en términos de su relación con otros objetos, sus características geométricas y generales, y características funcionales, que facilitan el realismo en el desarrollo de proyectos. En el caso chileno, tales matrices se basan en estándares internacionales (ver <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim#:~:text=Creating%20a%20digital%20Building%20Information,is%20a%20way%20of%20working.>)

<sup>6</sup> (1) Revisión (verificación de información), (2) modelación (desarrollar los modelos), (3) coordinación (integrar información entre actores en distintas etapas de un proyecto, coordinando disciplinas), (4) gestión (planificación para implementar y actualizar BIM en organizaciones o proyectos; definición de cronogramas y estándares, etc.), y (5) dirección (implementación a nivel de toda una organización).

<sup>7</sup> Ver <https://planbim.cl/download/estudio-de-costos-relacionados-con-la-implementacion-de-metodologias-bim/?wpdmdl=2899>. Plan BIM últimamente ha incorporado el pilar “Estrategia”, asociado a cómo la organización se planifica y difunde la metodología BIM. Para efectos de este apartado, no se considerará este pilar, por cuanto información complementaria y de apoyo (encuestas, evidencia internacional), no necesariamente lo incluye. Adicionalmente, no se identifica a nivel público una definición específica para este pilar (solo se menciona a propósito de un instrumento denominado “matriz de implementación BIM”).

<sup>8</sup> Ver: <https://www.bcg.com/publications/2019/offsite-revolution-construction>

<sup>9</sup> Ver: [https://www.buildoffsite.com/content/uploads/2015/04/HSE-off-site\\_production\\_june09.pdf](https://www.buildoffsite.com/content/uploads/2015/04/HSE-off-site_production_june09.pdf)

Documento en revisión, no citar

el uso de BIM puede mejorar el rendimiento en prefabricación y construcción modular al permitir que los diseñadores y constructores, gracias a la existencia de las matrices de objetos, en el tiempo puedan sistematizar de mejor manera sus diseños, propendiendo a la estandarización. Asimismo, dado que BIM permite analizar en línea y de manera digital la información de la obra, pueden proyectarse y analizarse los mecanismos de ejecución de, por ejemplo, el ensamblaje de los módulos. De acuerdo con la evidencia internacional, gran parte de los usuarios de BIM (77%, caso EE.UU) creen que esta metodología les permitiría impulsar el uso de prefabricados en futuros proyectos.<sup>10, 11</sup>

### 3. Evidencia: casos de implementación y de éxito

Si bien la implementación más masiva de estas adopciones tecnológicas es relativamente reciente, existe evidencia relevante -particularmente a nivel internacional- sobre iniciativas de promoción de estas iniciativas y datos de éxito, presentados a continuación.

#### 3.1. Internacional

A continuación, se presentan algunos casos internacionales (benchmarks) que ilustran la implementación de las tecnologías en países destacados por buenas prácticas, así como evidencia internacional de los beneficios de BIM y CI.

##### 3.1.1. BIM

###### 3.1.1.1. Implementación<sup>12</sup>

###### *Reino Unido*

La implementación de la metodología data del año 2011 cuando se estipuló, como parte de la estrategia de construcción del gobierno (proyección para años 2011-2015), la incorporación del uso de BIM. Respecto del ámbito de aplicación, se comenzó solicitando su implementación en obras desarrolladas por el gobierno a nivel central.<sup>13, 14</sup> La hoja de ruta de la implementación de BIM se basó en la creación de un plan de implementación, desarrollo de proyectos piloto, el establecimiento de protocolos legales y comerciales para una mejor incorporación y coherencia de la metodología, y el establecimiento de programas de colaboración.<sup>15</sup>

<sup>10</sup> Ver [http://images.autodesk.com/adsk/files/final\\_2009\\_bim\\_smartmarket\\_report.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/final_2009_bim_smartmarket_report.pdf)

<sup>11</sup> Ver <https://www.modular.org/documents/public/PrefabModularSmartMarketReport2020.pdf>. Modular Building Institute reporta que 64% de aquellos que usan BIM regularmente ven beneficios adicionales en el uso de prefabricados.

<sup>12</sup> Para mayor información sobre implementación en otros países, ver Anexo 1: Iniciativas públicas para fomentar la implementación de BIM en la construcción.

<sup>13</sup> Ver <https://www.ukconstructionmedia.co.uk/features/bim-progress-adoption-uk/>

<sup>14</sup> Ver <https://archpaper.com/2019/05/global-bim-standards-building-information-modeling/>

<sup>15</sup> Ver

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61152/Government-Construction-Strategy\\_0.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf)

A 2016, el gobierno reportó, en su nueva estrategia para 2016-2020, que la mayoría de sus departamentos (ministerios) habían implementado BIM a un nivel colaborativo (aunque se señala que aún se está trabajando en profundizar el nivel de madurez de BIM que se utiliza).<sup>16</sup> Un aspecto destacado en este país es la importancia que se le ha otorgado al seguimiento de la implementación de sus iniciativas, por cuanto se aprecia la actualización de la estrategia de construcción de manera inmediata luego del término de la primera -situación que no necesariamente ocurre en Chile-,<sup>17</sup> y por la existencia de seguimiento durante la implementación de las estrategias (por ejemplo, un año después<sup>18</sup>).

A nivel institucional, destacan numerosas iniciativas que congregan a entes privados, públicos y la academia. Una de estas es Innovate UK, agencia pública de innovación que coordina una serie de iniciativas, como la plataforma NBS BIM Toolkit, que apoya a los desarrolladores de proyectos en la exitosa completitud de la iniciativa BIM, facilitando su organización y planificación.<sup>19</sup> Asimismo, se asocia a la Biblioteca Nacional de BIM,<sup>20</sup> que provee antecedentes y estándares para apoyar en el proceso constructivo (incluyendo objetos utilizados en construcción para uso abierto). Otra entidad destacada es el “Centre for Digital Build Britain” (ex BIM Task Group), que combina los esfuerzos del gobierno y la Universidad de Cambridge para realizar investigación y elaborar propuestas sobre la incorporación de BIM vía digitalización, además de generar evidencia para la toma de decisiones.<sup>21</sup>

### **Singapur**

En Singapur, la implementación de BIM comenzó formalmente el 2010 con el lanzamiento de una hoja de ruta que tenía como meta el uso de BIM en el 80% de la industria a 2015.<sup>22</sup> La implementación de BIM en este país surgió con base en los obstáculos de implementación que la autoridad identificó en las empresas: falta de demanda de BIM (en donde el Estado tiene un rol clave como mandante), costumbre en usar modelos 2D, falta de personas capacitadas -relacionado con una curva de aprendizaje empinada para la metodología-, entre otros.<sup>23</sup>

En específico, de parte de la Building Construction Authority (BCA) se identificaron las adquisiciones del sector público como una estrategia importante en la Hoja de Ruta de BIM. Por ello, la BCA adoptó tres enfoques clave para esta estrategia: (i) asociación con entidades gubernamentales, que incluye esfuerzos de capacitación e implementación de proyectos piloto,

---

<sup>16</sup> Ver [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/510354/Government\\_Construction\\_Strategy\\_2016-20.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/510354/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf)

<sup>17</sup> Remitirse a apartado de planificación e institucionalidad.

<sup>18</sup> Ver [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/61151/GCS-One-Year-On-Report-and-Action-Plan-Update-FINAL\\_0.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61151/GCS-One-Year-On-Report-and-Action-Plan-Update-FINAL_0.pdf)

<sup>19</sup> Ver <https://toolkit.thenbs.com/>

<sup>20</sup> Ver <https://www.nationalbimlibrary.com/en/>

<sup>21</sup> Ver <https://www.cdbb.cam.ac.uk/AboutDBB>

<sup>22</sup> Ver <https://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/588809f90b1b8.pdf>; [https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart_11issue9.pdf). En específico, el road map surgió a partir de la iniciativa del Estado de incrementar un 25% la productividad, y se enfocó principalmente en facilitar la transición de los profesionales atingentes, desde mecanismos tradicionales a BIM.

<sup>23</sup> Ver [https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart_11issue9.pdf)

además de la promoción de casos de éxito. En efecto, para promover casos de éxito, la BCA estableció el Centro de TI de Construcción (CCIT) para promover BIM y guiar a las empresas y profesionales de la industria. También comenzó a realizar seminarios, talleres y conferencias sobre el uso de BIM para la industria, y así promover los beneficios de la tecnología; (ii) capacitación de consultores del sector público (incluyendo también a contratistas); y (iii) el establecimiento de esfuerzos conjuntos de la industria para (a) el desarrollo de pautas de requisitos BIM, (b) el desarrollo de pautas y plantillas de presentación electrónica de aprobación regulatoria, y (c) el desarrollo de estándares de colaboraciones de proyectos y biblioteca de objetos.<sup>24, 25</sup>

Adicionalmente, en 2012 se publica la “Singapore BIM Guide”,<sup>26</sup> que entrega especificaciones de BIM (por ejemplo, respecto de objetivos, roles y entregables), y procedimientos de modelación y colaboración. Esta guía ha sido actualizada (año 2013),<sup>27</sup> para continuar aclarando los beneficios de BIM, y entregar más directrices respecto de roles en la metodología. Asimismo, a partir de 2012 (y luego actualizado en 2013 y 2015),<sup>28</sup> destaca en el país el BIM Fund, de apoyo para las empresas, al cual se debe postular, y que se enfoca en el desarrollo de habilidades y adopción de los correspondientes hardwares y softwares. En general, se asocia a un subsidio de alrededor del 50% de los costos de implementación del privado.<sup>29</sup> Finalmente, destaca la existencia de la BCA Academy respecto de capacitaciones en BIM.<sup>30</sup>

### 3.1.1.2. Datos

A nivel internacional, los datos disponibles reflejan importantes beneficios. Por ejemplo, en Australia, el año 2010, se proyectó que la adopción acelerada de BIM en ese país aumentaría el PIB en 0,2 puntos base en un año, y 5 puntos base en 15 años.<sup>31</sup> En 2016, se mencionó que para este país se esperaba un aumento de la productividad en el sector construcción entre 6% y 9% dada la implementación de BIM.<sup>32</sup>

Por otra parte, en EE.UU.,<sup>33</sup> con base en un estudio de 32 empresas, se reportó que BIM redujo tiempos de proyectos en 7%, significó ahorros de 10% de costos de contrato por detección de interferencias, 40% de eliminación de cambios no presupuestados, y 80% de reducción de tiempo para estimar costos.

Adicionalmente, en 2018 se analizaron casos de éxito en el Reino Unido (un proyecto de infraestructura y uno inmobiliario), en donde se identifican ahorros equivalentes al 2-3% del

<sup>24</sup>

Ver

<https://www.bimaarhus-con.dk/upl/website/bw2015lecture/Part1VivienLeongSingaporeBIMRoadmap1.compressedcopy.pdf>

<sup>25</sup> Ver [https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart_11issue9.pdf)

<sup>26</sup> Ver [https://www.corenet.gov.sg/media/586135/Singapore\\_BIM\\_Guide\\_Version\\_1.pdf](https://www.corenet.gov.sg/media/586135/Singapore_BIM_Guide_Version_1.pdf)

<sup>27</sup> Ver [https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide\\_V2.pdf](https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf)

<sup>28</sup> Iniciativa cesó en 2018 (ver <https://www.bca.gov.sg/BIM/bimfund.html>).

<sup>29</sup> Ver [https://www.bca.gov.sg/BIM/others/BIM\\_fund.pdf](https://www.bca.gov.sg/BIM/others/BIM_fund.pdf)

<sup>30</sup> Ver <https://www.bca.gov.sg/bim/bimlinks.html>. Se destacan capacitaciones en modelamiento, coordinación, entre otros.

<sup>31</sup> Ver [https://www.pc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf](https://www.pc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf), pág. 360.

<sup>32</sup> Australian Construction Industry Forum (2016). Boosting Construction Productivity. Policy Paper.

<sup>33</sup> Ver [https://www.pc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf](https://www.pc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf), pág. 361.



costo total de una obra (incluyendo operación). Tomando en cuenta que en el margen el promedio de los contratistas es de 1-2%, este ahorro es significativo. Asimismo, se destacó que en la etapa de operación (la etapa más larga del desarrollo de un proyecto), es en donde se materializan los mayores beneficios: además de ahorros de tiempo, se destacan ahorros de costos en mantenimiento, reducción en varianza de costos de operación, entre otros.<sup>34</sup>

Por otro lado, en el caso de Singapur, la Housing and Development Board (HDB) ha reportado hasta un 45% de ahorro en mano de obra en la preparación de planes de construcción. Asimismo, para proyectos de alta complejidad -por ejemplo, el caso del “ArtScience Museum”- se ha apreciado una disminución relevante en el tiempo de ejecución, en donde se tiene que para este museo en particular el tiempo proyectado de construcción fue de entre 6-12 meses, y el tiempo efectivo fue de 3 meses<sup>35</sup>.

Finalmente, respecto de productividad laboral, se reporta en Estados Unidos, con base en una encuesta realizada a más de 350 incumbentes (contratistas, profesionales, entre otros), que en promedio el aumento en productividad laboral es de 12%,<sup>36</sup> y que más del 70% de los entrevistados reportó un beneficio positivo en la materia.<sup>37</sup>

### 3.1.2. CI

#### 3.1.2.1. Implementación<sup>38</sup>

##### *Singapur*

La Housing & Development Board (HDB)<sup>39</sup> comenzó en la década de 1980 a utilizar componentes prefabricados para la construcción de pisos en viviendas públicas. Esto no solo aumentó la calidad y la seguridad de las viviendas, sino también redujo el desperdicio de construcción, el ruido y los niveles de polvo, al tiempo que minimizó los inconvenientes para los residentes que viven cerca.

<sup>34</sup> Ver <https://www.pwc.co.uk/industries/capital-projects-infrastructure/insights/quantifying-benefits-of-bim.html>

<sup>35</sup> Ver [https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart_11issue9.pdf)

<sup>36</sup> Cálculo realizado con base en el 94% de las respuestas, en donde un 27% de los entrevistados señalaron que existía un bajo o impacto (o que se desconocía); un 51% presentó un impacto entre 0% y 25% de productividad; y un 16%, entre 25% y 50% (6% restante de los entrevistados reportó un impacto positivo de BIM, pero no cuantificable). Se consideró un promedio ponderado, tomando como supuesto que el 27% de entrevistados que reportaron bajo impacto -o desconocido-, se asocia un 0% de aumento en productividad.

<sup>37</sup> Ver <https://www.usa.skanska.com/siteassets/what-we-deliver/services/bim--vdc/value-to-clients/measuring-the-impact-of-bim-on-complex-buildings-2015f.pdf>

<sup>38</sup> Si bien EEUU no se considera necesariamente como país referente de este tipo de construcción, este país cuenta con variados trabajos de investigación disponibles para el análisis, algunos de estos citados posteriormente.

<sup>39</sup> Pertenece al Ministerio de Desarrollo Nacional responsable de la vivienda pública en Singapur, y fue creada el año 1960 (ver <https://www.hdb.gov.sg/cs/infoweb/about-us/research-and-innovation/construction-productivity/prefabrication-technology>).

En el año 2014, la BCA<sup>40</sup> fijó los lineamientos en la industria de construcción, exigiendo la adopción de enfoque de “Design for Manufacturing and Assembly”<sup>41</sup> (enfoque en diseño para fabricación y ensamblaje), trasladando la mayor cantidad de trabajo fuera del sitio a un ambiente de fabricación controlado y automatizado.

Para cuantificar su productividad, la BCA empezó a rastrear y monitorear la productividad de varios oficios de la construcción y a exigir la aprobación de una prueba de certificación de habilidades para que los trabajadores no calificados ingresaran a Singapur como trabajadores calificados básicos. Por ejemplo, la instalación de paredes prefabricadas y secas son oficios que se reconocen a través de estas pruebas de certificación de habilidades.

La BCA también ha estado trabajando con varias agencias y la industria para desarrollar centros integrados de construcción y prefabricados<sup>42</sup> de mayor densidad y de varias plantas que optimizarán el uso del suelo para la prefabricación. Los centros están altamente automatizados, tienen el doble de capacidad de producción en comparación con las plantas de prefabricados abiertos con los mismos tamaños de terreno, y pueden ser eficientes energéticamente.

Finalmente, la BCA Academy ha realizado cursos de capacitación sobre diseño y gestión de prefabricados con el fin de que los constructores y fabricantes planifiquen, coordinen y gestionen la entrega e instalación justo a tiempo de componentes prefabricados para reducir el espacio de almacenamiento.

### **Malasia**

En Malasia los sistemas de construcción industrializada son promovidos al alero de mejorar la productividad en la construcción, reducir riesgos en seguridad y salud ocupacional, disminuyendo los problemas que puede conllevar el uso de una mano de obra no calificada.<sup>43</sup> El uso de estas tecnologías se remonta a la década de 1960 cuando se adoptaron algunos sistemas prefabricados para abordar la escasez de viviendas, sin embargo, no fue hasta 1999 que se tomaron las acciones de una estrategia sostenida en el tiempo.

El año 1999 se lanzó un plan estratégico que buscaba promover la construcción industrializada. Esto fue implementado a través de hojas de rutas desarrolladas por los gobiernos (2003-2010 y 2011-2015). Se incluyeron programas de fomento, incentivos, capacitaciones, investigación, entre otros. Por último, el año 2008, el gobierno impuso que los proyectos públicos debían construirse con al menos un 70% de componentes industrializados. La razón detrás de esta

---

<sup>40</sup> Pertenece al Ministerio de Desarrollo Nacional del Gobierno de Singapur. (Ver [https://www1.bca.gov.sg/about-us/news-and-publications/replies-to-forum-letters/2014/11/20/benefits-of-adopting-prefabrication-\(the-straits-times-forum\)](https://www1.bca.gov.sg/about-us/news-and-publications/replies-to-forum-letters/2014/11/20/benefits-of-adopting-prefabrication-(the-straits-times-forum))).

<sup>41</sup> Design for Manufacturing and Assembly (DfMA): “Filosofía de diseño que enfatiza una visión holística del proceso de diseño. En esta vista general, el diseñador considerará no solo el diseño de los elementos individuales y la estructura completa compuesta de los mismos, sino también el diseño del proceso de ensamblaje” (Monash University (2017): HANDBOOK FOR THE DESIGN OF MODULAR STRUCTURES).

<sup>42</sup> Integrated Construction and Precast Hubs (ICPH).

<sup>43</sup>

Ver

[https://www.iaarc.org/publications/fulltext/The\\_adoption\\_of\\_Industrialised\\_Building\\_System\\_\(IBS\)\\_construction\\_in\\_Malaysia\\_The\\_history,\\_policies,\\_experiences\\_and\\_lesson\\_learned.pdf](https://www.iaarc.org/publications/fulltext/The_adoption_of_Industrialised_Building_System_(IBS)_construction_in_Malaysia_The_history,_policies,_experiences_and_lesson_learned.pdf)

Documento en revisión, no citar



política fue generar un aumento de demanda por los elementos asociados a la construcción industrializada.

### 3.1.2.2. Datos

Al igual que en BIM, la evidencia documentada muestra variados beneficios de adoptar procesos de CI. Por ejemplo en España, la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón de España (ANDECE) destaca que el uso de prefabricado puede aumentar la seguridad de los muros de hormigón en un 50%.<sup>44</sup>

En Singapur, la HDB se propuso como objetivo lograr un aumento del 25% en la productividad total de la construcción para el año 2020. A finales de 2018, se logró una mejora acumulativa del 17,8% en la productividad de los sitios de construcción debido en gran parte por las acciones de la HDB en promover la tecnología de prefabricación.<sup>45</sup> Primero, utilizó componentes prefabricados para la construcción de pisos en la década de 1980. Hoy, para cada proyecto residencial de HDB, los componentes prefabricados constituyen aproximadamente el 70% del volumen de todo el hormigón estructural utilizado durante la etapa de construcción.

Adicionalmente, en Estados Unidos la prefabricación y la modularización son procesos que la industria ha utilizado durante siglos. Hoy, su uso como "nueva" tendencia está vinculado al aumento de BIM y la construcción ecológica (McGraw-Hill Construction, 2011).<sup>46</sup> A través de una encuesta a cientos de profesionales de Architecture, Engineering and Construction (AEC), se reunieron datos del impacto de la CI (prefabricación y modularización) en las métricas clave de productividad de la industria.

Algunos de los hallazgos de productividad más significativos de los usuarios de CI incluyen los siguientes. A nivel de plazos, el 66% de los usuarios encuestados indicó que los procesos de CI tienen un impacto positivo en los cronogramas del proyecto y el 35% indicó que puede reducir el cronograma en cuatro semanas o más. Respecto de los costos de proyectos, el 65% indicó que el uso de CI tuvo un impacto positivo en los presupuestos y el 41% indicó que redujo los presupuestos de los proyectos en un 6% o más. Por el lado de la seguridad, el 34% de los encuestados manifestó que los métodos de CI pueden mejorar la seguridad del sitio. También se reporta que la sustentabilidad no fue uno de los principales impulsores de la adopción de CI, sin embargo, el 76% de los encuestados registra que CI reduce el desperdicio del sitio (el 44% indica que redujo el desperdicio en un 5% o más).

De manera particular, respecto de la generación de residuos, la evidencia internacional señala el potencial de reducir hasta en un 90% la generación de residuos de la construcción.<sup>47</sup> En

---

<sup>44</sup> Ver <https://construye2025.cl/2019/10/16/la-construccion-industrializada-reduce-los-consumos-de-agua-y-energia/>

<sup>45</sup> Ver <https://www.hdb.gov.sg/cs/infoweb/about-us/research-and-innovation/construction-productivity/prefabrication-technology>

<sup>46</sup> Ver <https://www.nist.gov/system/files/documents/el/economics/Prefabrication-Modularization-in-the-Construction-Industry-SMR-2011R.pdf>

<sup>47</sup> Waste and Resources Action Programme (WRAP), Waste reduction potential of offsite volumetric construction. Documento en revisión, no citar

elementos prefabricados, se encuentra que en relación al concreto, la tasa de residuos es hasta 3.5%; en construcción convencional es 7%.<sup>48</sup> Otros estudios que comparan obras de construcción tradicional con obras industrializadas muestran que las industrializadas generarían tan sólo el 27% de los residuos generados en la construcción tradicional.<sup>49</sup>

Finalmente es relevante mencionar que, a nivel global y dada la contingencia sanitaria, no cabe duda que la transformación de los procesos constructivos se adelantará y permitirá que el trabajo en la construcción evolucione. McKinsey & Company (2020) explica que “en vista del escenario mundial de covid-19, la industrialización (modularización en particular) destaca como positivo el que la construcción y ensamblaje fuera de sitio permitirá un ambiente más controlado -y consecuentemente seguro- de trabajo”<sup>50</sup>.

### **3.2. Nacional**

El caso nacional también presenta algunas iniciativas en el uso de BIM y de Industrialización de la Construcción. En Chile la primera iniciativa formal a nivel de Estado al respecto es la creación de Plan BIM el año 2016, entidad asociada a Corfo.<sup>51</sup> Por otra parte, el trabajo de industrializar la construcción viene de la mano del Consejo de Construcción Industrializada. Adicionalmente, respecto de evidencia de éxito en el país, destaca que esta es escasa, aun cuando se reportan beneficios relevantes.

#### **3.2.1. BIM**

##### **3.2.1.1. Contexto**

La misión de Plan BIM en Chile es promover la instauración de BIM tanto en el sector público como privado,<sup>52</sup> por medio de la definición de estándares específicos a implementar en las obras, los que son traspasados al sector privado por medio de los contratos de obras públicas.<sup>53</sup>

En definitiva, se constituye como una instancia asesora del Estado en la materia, y pretende, para cada tipo de proyecto de obra pública, la creación de términos de referencia (TDR) - también denominados solicitudes de información (SDI)-<sup>54</sup> que incluyan BIM para licitaciones

---

<sup>48</sup> Hong, J., Shen, G. Q., Li, Z., Zhang, B., & Zhang, W. (2018). Barriers to promoting prefabricated construction in China: A cost-benefit analysis. *Journal of Cleaner Production*, 172, 649–660.

<sup>49</sup> Estudios de Baumax reportados a Fundación Chile.

<sup>50</sup> McKinsey & Company (2019). *The next normal in construction*.

<sup>51</sup> Anunciado por la presidenta Bachelet en diciembre de 2015 (ver <http://www.bimforum.cl/2015/12/17/presidenta-anuncia-uso-de-bim-para-mejorar-productividad/>).

<sup>52</sup> Las entidades, tanto públicas como privadas, adscritas a la iniciativa son el Ministerio de Obras Públicas, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Hacienda, la CChC, y el Instituto de la Construcción, la Corporación Administrativa del Poder Judicial, Codelco, Carabineros, la PDI, el Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Ministerio del Interior, Registro Civil y de Identificación, Ministerio de Desarrollo Social, y la Dirección General de Aeronáutica Civil (ver <http://construye2025.cl/plan-bim-6/>; <https://planbim.cl/convenios/>).

<sup>53</sup> Ver <https://planbim.cl/mission/?lang=en>

<sup>54</sup> Por ejemplo, en el caso de Minvu y del Ministerio de Salud.

públicas, que faciliten y guíen la participación de las empresas postulantes. Para tal implementación, se desarrolla un trabajo previo de mapeo de procesos del desarrollo de distintas tipologías de obra en las organizaciones, para identificar qué problemas se presentan usualmente (a través de la identificación de contingencias), y cómo BIM puede solucionarlos y aportar en el desarrollo de la obra en general.<sup>55</sup>

El mismo año del surgimiento de Plan BIM, se mencionaba que los principales obstáculos en el uso de BIM eran el desconocimiento de la metodología, la falta de capacitación, y la carencia de especialistas y profesionales. Adicionalmente, el año 2013 se reportaba que los principales factores influyentes para la masificación de BIM era el uso de la metodología por más profesionales, mayor accesibilidad a software, mayor capacitación, y mayor interés de los mandantes (en donde el Estado juega un rol crucial).<sup>56</sup> De esta forma, lo anterior estaría cubierto por esta iniciativa (respecto de capacitación, destaca la promoción de una malla de enseñanza de BIM, y el constante seguimiento de la evolución de la academia al respecto).<sup>57</sup>

Con los años (alrededor de 2018), se desarrollaron TDR con base en el trabajo con Plan BIM (por ejemplo, DARQ generó 4 TDR, dependiendo del tipo de contrato;<sup>58</sup> así como también la Dirección de Aeropuertos (3 TDR), Minvu, y la Dirección General de Concesiones).<sup>59</sup> En junio de 2019, Plan BIM publicó el “estándar BIM para proyectos públicos”, que consolida de manera transversal todo el trabajo realizado anteriormente, basado de manera importante en estándares internacionales (normas ISO, buildingSMART<sup>60</sup>), y que en definitiva, es el que debiese considerarse por parte de los servicios públicos para la generación –y actualización– de sus TDR, y por parte de los privados que quieran, por ejemplo, uniformar sus estándares.<sup>61</sup>

---

<sup>55</sup> A modo de ejemplo, MINVU pudo identificar, en el levantamiento de procesos de las obras realizadas vía DS19, que un 25% de los antecedentes que demandan más horas de revisión son potencialmente revisables por BIM. Es decir, pueden ser automatizables –revisados en segundos–, y potencialmente reducir en un 25% el tiempo de procesamiento del proyecto (información proporcionada por MINVU, 14/01/2020). Por otro lado, respecto del análisis realizado en el levantamiento de procesos para las obras de espacios públicos, se identificó que alrededor de la mitad de las contingencias identificadas en las etapas de planificación, diseño y ejecución de la obra, eran posibles de cubrir con BIM (información reportada el 03/08/2020).

<sup>56</sup> Ver [https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta\\_Nacional\\_BIM\\_2013.pdf](https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta_Nacional_BIM_2013.pdf)

<sup>57</sup> Ver [https://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan\\_BIM.pdf](https://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan_BIM.pdf)

<sup>58</sup> Ver <http://arquitectura.mop.cl/bim/Paginas/default.aspx>

<sup>59</sup> Respecto de tipologías específicas, se levantaron procesos respecto de: centros de educación, edificios institucionales, aeropuerto sin concesiones, aeropuerto con concesiones, centro de salud, hospitales concesionados, obras conexas de vialidad (túneles, puentes, entre otros), y edificios patrimoniales.

<sup>60</sup> Ver <https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion3Bim.pdf>

<sup>61</sup> En concreto, el Estándar determina la solicitud de información que se realiza al privado (es decir, al proveedor de información), que se resume en un Plan de Ejecución de BIM (PEB). El PEB es un documento que detalla cómo se modelará y administrará la información de un proyecto, especificando desde los objetivos del uso de la metodología, hasta el detalle de los formatos de software que se utilizarán en la modelación de la obra. Pretende consolidar todas las partes del desarrollo de una obra, de modo que todos los interesados conozcan su rol en el contexto del proyecto. En el Estándar se solicitan 2 PEB: uno de oferta, y uno definitivo. El primero es aquel que presentan todos los postulantes a una licitación pública, y el segundo es el que presenta quien se adjudica el proyecto. Un PEB se compone, en general, por 5 componentes: (i) Detalle de empresas (en donde se designa a todos quienes participarán en la obra); (ii) Objetivos y usos de BIM (detallando a los responsables y recursos disponibles para los usos de BIM solicitados); (iii) Modelos de BIM (representación digital de partes de la obra, existen 9 tipos, incluyendo modelos de sitio y coordinación); (iv) Estrategia de Colaboración (reporte de plataformas a utilizar, y cómo se relacionarán); (v) Organización de modelos BIM, en donde se solicitan antecedentes de nomenclaturas y sistemas de clasificación a utilizar. Respecto a este último, es importante notar Documento en revisión, no citar

Finalmente, destaca que también en Chile existen iniciativas privadas de apoyo a la implementación de BIM. En efecto, existen 3 bibliotecas digitales de objetos (“Librería Nacional BIM”,<sup>62</sup> “BIM tool”,<sup>63</sup> y “Catálogo Arquitectura”<sup>64</sup>), y destaca la existencia del “BIM Forum Chile”,<sup>65</sup> instancia técnica y permanente en donde tanto entes privados (oficinas de arquitectura, coordinadoras de proyectos, oficinas de ingeniería, etc.) como públicos (mandantes y Plan BIM), y la academia, intercambian experiencias sobre la metodología.<sup>66</sup>

### 3.2.1.2. Datos

En Chile, no existe numerosa evidencia a nivel público sobre los efectos de BIM. Solo se ha señalado que se espera que BIM, en conjunto con otros instrumentos (ej. DOM en línea), supondría “un 5% de aumento de la productividad en la construcción nacional”.<sup>67</sup> Asimismo, a nivel de obras públicas se ha identificado que, por ejemplo, en la construcción del Hospital de Curicó se generó un ahorro de tiempos entre un 5% y 7%.<sup>68</sup> Este ahorro de tiempo puede ser relevante al considerar que los proyectos tienden a retrasarse respecto de su fecha de término programada. En el caso de hospitales concesionados, a modo de referencia, estos tardan un 20% más en finalizar su construcción.<sup>69</sup> Asimismo, considerando el mencionado caso del Hospital de Curicó, licitado por DARQ vía DS 108, se tiene que, dado que su plazo contractual ascendió a 1.460 días, el ahorro en tiempo aproximado fue de 3 meses. Tomando en cuenta la cantidad de egresos recientes del Hospital,<sup>70</sup> y el precio basal GRD asociado al egreso de una persona de un hospital general,<sup>71</sup> el ahorro en tiempo de BIM se traduce, en la práctica, en adelantar atención de salud evaluada en más de USD 10,5 millones.<sup>72</sup> Ahora bien, considerando la estimación de ahorros de tiempo de este caso, y tomando como supuesto la extrapolación de lo anterior en hospitales futuros, se tiene que dada la licitación proyectada de al menos 17 hospitales desde la actualidad hasta 2021,<sup>73</sup> la atención posible de adelantar gracias al uso de BIM sería la equivalente a cerca de USD 180 millones.<sup>74</sup>

---

que el estándar permite la adscripción a al menos 6 sistemas, pero que esto potencialmente puede ser perjudicial para la iniciativa de BIM en Chile, porque dificultará la posterior coordinación y colaboración entre modelos, a partir de la información generada (punto 5.9.3 Estándar BIM, aspecto destacado por Minvu, 07/01/2020).

<sup>62</sup> Ver <http://www.librerianacionalbim.cl/>

<sup>63</sup> Ver <https://www.bimtool.com/>

<sup>64</sup> Ver <https://www.catalogoarquitectura.cl/cl/categorias/bim>

<sup>65</sup> Ver <http://www.bimforum.cl/que-es-bim-forum-chile/>

<sup>66</sup> Esta instancia es administrada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.

<sup>67</sup> Ver <http://www.fie.cl/2018/02/22/sistema-bim-y-dom-encaminan-la-construccion-a-una-cuarta-revolucion-industrial/>

<sup>68</sup> Ver <https://negocioyconstruccion.cl/wp-content/uploads/REVISTA-COMPLETA-MARZO.pdf> (pág 13).

<sup>69</sup> Datos obtenidos a partir de bases de licitación e informes mensuales de proyectos concesionados.

<sup>70</sup> Alrededor de 15.000 anuales, de acuerdo a reportes del propio hospital del año 2018 (ver <http://www.hospitalcurico.cl/web/index.php/index/cifras>).

<sup>71</sup> Que corresponde aproximadamente a \$2.000.000, según Res. 23/2020 del Fondo Nacional de Salud.

<sup>72</sup> Considerando tipo de cambio anual de 2019, 702,63 (Banco Central).

<sup>73</sup> 16 hospitales vía concesiones, uno actualmente en licitación en DARQ.

<sup>74</sup> Adicionalmente, se reportan de manera preliminar, beneficios de BIM en términos de modificaciones de proyectos de la Dirección de Arquitectura del MOP (DARQ), en donde se señaló que disminuyeron los tiempos Documento en revisión, no citar

Por otra parte, en el caso particular del desarrollo de ingeniería de una obra vial,<sup>75</sup> se reportan beneficios de BIM a través de la mitigación del 40% de los riesgos sobre las áreas de contingencia identificadas, con particular enfoque en riesgos técnicos y ambientales. Además, se identifica un ahorro de alrededor de 20% para la aprobación de proyectos de ingeniería.<sup>76</sup>

Finalmente, otros estudios,<sup>77, 78</sup> dando cuenta de la dificultad de medición de efectos, al menos reportan de manera cualitativa que las mayores ganancias de BIM se materializan en la etapa de diseño del proyecto en contraposición a la de construcción, dada la posibilidad de corregir inconsistencias de manera previa. Asimismo, a nivel de encuestas realizadas a nivel nacional<sup>79</sup> reflejaron que un 64% de los usuarios considera que BIM aportó positivamente en la disminución de interferencias en usos de diseño de BIM, y se reporta un aumento en la productividad laboral de alrededor de un 2%.

### 3.2.2. CI

#### 3.2.2.1. Contexto<sup>80</sup>

En Chile, el trabajo de industrializar la construcción viene de la mano del Consejo de Construcción Industrializada, el que tiene como objetivo: (i) articular actores para generar oportunidades de negocio y potenciar la demanda; (ii) fortalecer la oferta y propuesta de valor, (iii) difundir mejores prácticas y casos de éxito, y (iv) generar y disponibilizar información: estudios, guías y manuales.

Una de sus labores prioritarias es reducir brechas y eliminar ciertas problemáticas que son atinentes al momento de establecer la CI. En particular, el Consejo busca solucionar: (i) la falta de integración de CI desde etapas tempranas de los proyectos, vinculando la cadena de valor completa; (ii) la falta de estudios e información respecto de los beneficios de CI, orientado a mandantes y tomadores de decisión; (iii) la falta de difusión y promoción de los beneficios, casos de éxito nacionales y aprendizajes; (iv) la falta de articulación entre actores públicos y privados; (v) la falta de estandarización y de coordinación entre componentes y (vi) la falta de identificación y generación de nuevas oportunidades de mercado.

Debido a las faltas mencionadas previamente, el CCI puso en marcha el Plan de Acción Consejo Construcción Industrializada (Plan CCI), que considera el desarrollo de una estrategia de implementación con base en 6 ejes fundamentales: “(i) desarrollar pilotos y asegurar la creación de un ambiente colaborativo; (ii) fortalecer la gobernanza del consejo, la ampliación

---

para concretar la modificación, desde 3-6 meses, a 1-2 meses (Comunicación Dirección de Arquitectura, 03/01/2020).

<sup>75</sup> Cuyo diseño se completó en BIM, pero fue iniciado en 2D.

<sup>76</sup> Información aportada por empresa vial el 30/03/2020.

<sup>77</sup> Ver <https://planbim.cl/download/estudio-de-costos-relacionados-con-la-implementacion-de-metodologias-bim/?wpdmdl=2899>

<sup>78</sup> Ver <https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta-Nacional-BIM-2019-Informe-de-Resultados.pdf>

<sup>79</sup> Realizada por Matrix Consulting a empresas seleccionadas, para obras realizadas entre 2017 y 2019.

<sup>80</sup> Ver: <http://construccionindustrializada.cl/wp-content/uploads/2019/11/Plan-de-Acci%C3%B3n-CCI-1.pdf>



e incorporación de actores que requieren mayor articulación con los estamentos presentes; (iii) conformar comités gestores para iniciar el trabajo de diseño e implementación de iniciativas que constituyen el Plan; (iv) asegurar el financiamiento y los recursos necesarios para la implementación del plan; (v) difundir los avances para sumar a los actores relevantes y además de trabajar con transparencia en el uso de recursos públicos; y (vi) actualizar el plan y direccionar la iniciativa para que el desarrollo de las actividades permita la sinergia con otras desarrolladas por otras iniciativas”.

### 3.2.2.2. Datos

La evidencia en Chile es escasa. El año 2018 el CCI desarrolló un estudio que analizó tres obras.<sup>81</sup> Dos de ellas eran prefabricadas (una en madera y otra en hormigón) versus una hecha con albañilería tradicional. Del estudio se reportó que hay beneficios importantes en relación con el cumplimiento de plazos, de calidad y mayor eficiencia en la mano de obra. En las obras que utilizaron la construcción industrializada hubo un 92% de reducción de horas hombre de ajustes de calidad, entre un 31% y 76% menos en tiempo efectivo para la construcción,<sup>82</sup> y 13% menos en costos directos de fabricación de obra gruesa y también tres veces menos de generación de residuos.

Aparte de lo anterior, existen algunos casos de empresas que están envueltas en el contexto de construcción y provisión de elementos prefabricados y modulares. De ello, se puede concluir que de cumplir la normativa correspondiente, se puede llegar a aportar parte de la construcción de forma industrializada en proyectos de salud (hospitales), educacionales (colegios), en viviendas (casas, departamentos y condominios), en proyectos de transporte (estaciones de metro), etc. y aprovechar sus beneficios.<sup>83</sup> Dentro de estos casos, se destaca que las principales ventajas de los procesos industrializados son la reducción en los tiempos requeridos para terminar las obras, sin sacrificar la calidad de los resultados obtenidos y las mejoras de productividad de las obras.

Por otro lado, la evidencia reciente señala que la CI reduce significativamente la cantidad de residuos generados en la construcción. Las obras industrializadas generarían tan sólo el 27% de los residuos generados en la construcción tradicional. De esta manera, Chile podría reducir la cantidad de residuos de la construcción en un 18% si tuviera el nivel de industrialización que los países nórdicos.<sup>84</sup> Asimismo, de acuerdo a una empresa chilena, se reporta que para una

---

<sup>81</sup> Ver <https://construye2025.cl/2019/07/11/chile-necesita-reforzar-sus-lazos-con-la-construccion-industrializada-3/>

<sup>82</sup> Se debe mencionar que los indicadores se derivan del análisis de un proyecto piloto privado donde se fabricaron 3 casas, uno con construcción tradicional, uno con madera (que tomó 31% del tiempo tradicional) y uno con hormigón armado (76% del tiempo tradicional). Este ahorro de tiempo es respecto de menores tiempos en la instalación y terminaciones. Cabe señalar que no se posee mayor información respecto de ahorros de tiempos o comparaciones directas respecto de otras fases de la obra (por ejemplo, al considerar el tiempo en fábrica del material), por lo que en particular estos ahorros se dan al comparar una porción del desarrollo de la obra. Esto, sin perjuicio de que, en teoría, la ventaja de CI al respecto de las fases anteriores se da al notar que el trabajo en terreno (por ejemplo, la habilitación de este), se puede realizar de manera paralela al trabajo de fábrica.

<sup>83</sup> Caso TecnoFast, Hormipret VMB Ingeniería Industrial.

<sup>84</sup> Fundación Chile, 2020.



obra que usa CI se generaron 5,38 m<sup>3</sup> en obra, mientras que los casos industrializados generaron sólo 1,47 m<sup>3</sup> de residuos. Esto es equivalente a una reducción del 265%.<sup>85</sup>

En algunos casos nacionales particulares,<sup>86</sup> se analiza que existen ahorros al aplicar industrialización en varias partidas en una misma obra, llegando a ahorrar hasta 5 meses en el plazo total de su implementación. Por ejemplo, para el caso de partidas asociadas a estructuras o baños se puede hablar de ahorros de 3 semanas a 1,5 meses aproximadamente e incluso hasta 1,5UF/M<sup>2</sup> más económico que al realizar la partida *in situ* en obra.

#### 4. Problema: Baja implementación en Chile

Independientemente de la existencia de iniciativas institucionales en torno a BIM (Plan BIM) y CI (CCI), y de la evidencia -escasa a nivel nacional- existente respecto del éxito de estas, es posible apreciar que la implementación de BIM y CI en Chile, respecto de países referentes, aún se encuentra en un nivel bajo.

En el caso de BIM, en concreto, a nivel de empresas y/o usuarios personales de la metodología en edificios en altura, se identifica una brecha en la implementación en relación a países referentes.<sup>87, 88</sup> Con base en encuestas a privados (aunque asociadas tanto a proyectos públicos como privados), se aprecia una brecha de 30 puntos porcentuales (pp) en la proporción de obras que utilizan BIM en el diseño de la obra (“gruesa”) de arquitectura, y una de 12 pp en diseño de especialidades (la menor brecha). Como contrapartida, se aprecian brechas de alrededor de 50pp en planificación de fases, de obra, y estimación de cantidades y costos.<sup>89</sup>

Adicionalmente, al comparar el nivel de adopción con la experiencia internacional se puede apreciar, en términos relativos, una desventaja para el país. Por ejemplo, al comparar la cantidad de usuarios (profesionales y técnicos) de Chile con el Reino Unido,<sup>90</sup> se tiene que entre los años 2013 y 2019, el crecimiento en los usuarios de BIM en el Reino Unido fue de 5pp anuales, en comparación a 2pp anuales de usuarios regulares en Chile.<sup>91, 92, 93</sup>

Por otro lado, a nivel público, también se aprecia una implementación baja en comparación al Reino Unido respecto de la solicitud de BIM en las licitaciones. Esto, sin perjuicio de que, tal

---

<sup>85</sup> Reportado por Baumax.

<sup>86</sup> Reportado por Cintac, 27/07/2020.

<sup>87</sup> Esto, sin perjuicio de que en los países señalados la implementación de BIM ha sido anterior (por ejemplo, Estados Unidos en 2003, Alemania en 2015).

<sup>88</sup> Alemania, Estados Unidos, Canadá.

<sup>89</sup> Encuesta realizada por Matrix Consulting.

<sup>90</sup> En ambos países tales profesionales se asocian a personas representativas de gremios relevantes de la construcción, así como asociaciones técnicas (por ejemplo, colegios de arquitectos).

<sup>91</sup> La encuesta chilena en donde se identifica el nivel de adopción distingue a usuarios regulares de aquellos ocasionales. Como supuesto metodológico, se especificó que el tipo de usuario más comparable con aquel del Reino Unido es el regular, considerando que la metodología lleva más años de implementación oficial en el Reino Unido (desde 2011), y que consecuentemente el nivel de madurez de los usuarios en ese país es mayor.

<sup>92</sup> Ver Encuesta Nacional BIM <https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta-Nacional-BIM-2019-Informe-de-Resultados.pdf>.

<sup>93</sup> NBS: National BIM Report 2019.

como se detalla posteriormente, existen organismos, tales como Codelco y DGC, que han avanzado de manera importante en donde, por ejemplo, en el último caso, todos los proyectos que actualmente están siendo llamados a licitación solicitan BIM;<sup>94</sup> y de que se reporta un conocimiento relevante de las iniciativas de Estado (por ejemplo, según la Encuesta Nacional BIM 2019 un 62% de los usuarios de BIM conoce plan BIM; y un 68% lo considera útil),<sup>95</sup> existen casos en donde la implementación es acotada. Por ejemplo, en el caso de DARQ, se tiene que desde mediados de 2018 a la actualidad,<sup>96</sup> se han licitado 18 proyectos que solicitan BIM a través de TDR, de un total de 446 proyectos licitados<sup>97</sup> (alrededor del 4%). A modo de comparación, se tiene que el Reino Unido, entre 2012<sup>98</sup> y 2016, pudo cumplir la meta, prácticamente a cabalidad, de solicitud de BIM en los proyectos licitados a nivel central.<sup>99, 100</sup> Si se considera como supuesto que a 2012 el Reino Unido tenía un 31% de implementación de BIM (con base en encuesta general de la época<sup>101</sup>), en donde se podría suponer este nivel de avance a nivel de gobierno, se tendría entonces que el crecimiento anual de solicitud de BIM de DARQ sería de 5pp,<sup>102</sup> versus 17pp del Reino Unido.

Independiente de lo anterior, es posible aseverar que, en general, la implementación a nivel público suele ser inferior, considerando por ejemplo que, a 2017, en Chile se reportaba que el 27,8% empresas usaban BIM (pero mayoritariamente empresas de servicios), pero a nivel de la Administración Pública (organizaciones gobierno central y municipalidades) el nivel de uso correspondía a 1,05%.<sup>103</sup>

Otro aspecto a destacar es el nivel de madurez de BIM, el que es reportado como bajo, por cuanto la mayoría de los usuarios aún no utilizan la herramienta en su máxima capacidad. Por ejemplo, se aprecia que BIM se utiliza principalmente para visualizar proyectos y elaborar

---

<sup>94</sup> Con base en proyectos publicados en sitio web de concesiones.

<sup>95</sup> Adicionalmente, el Estándar BIM de 2019 cuenta con una valoración del 52%.

<sup>96</sup> Momento en que DARQ generó TDR para BIM, con base en el trabajo de apoyo con Plan BIM de levantamiento de procesos, mencionado anteriormente. Se consideró este hito como de inicio, sin perjuicio de que en 2016 y 2017 se licitaron 6 obras con solicitudes de información propias de la Dirección. Esto, para considerar el crecimiento de solicitud de BIM sobre los TDR en los que se estableció una relación directa con Plan BIM y el inicio del mandato de implementación de BIM, de manera análoga al caso del Reino Unido.

<sup>97</sup> Estos proyectos no incluyen las asesorías a la inspección fiscal (información obtenida a partir de licitaciones en Mercado Público). Adicionalmente, sin perjuicio de que los actuales TDR de BIM de Arquitectura que se están implementando son aquellos de diseño, de todas formas, se contabilizó el total de proyectos de la DARQ, sin perjuicio de que incluyan actividades de construcción. Es un dato aproximado para dar cuenta del nivel de implementación en las obras a nivel general.

<sup>98</sup> Si bien la estrategia de BIM del Reino Unido comenzó el año 2011, solo a partir del año siguiente comenzó la implementación en las entidades públicas.

<sup>99</sup> Ver

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/510354/Government\\_Construction\\_Strategy\\_2016-20.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/510354/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf)

<sup>100</sup> La magnitud de las obras licitadas en el Reino Unido a través del nivel central es relevante: para el periodo 2017/2018, se licitó a nivel central el equivalente a 40.000 millones de dólares (respecto de licitaciones que incluyen construcción, compra y mantenimiento de activos tales como escuelas y equipamiento militar) (ver [https://www.instituteforgovernment.org.uk/sites/default/files/publications/IfG\\_procurement\\_WEB\\_4.pdf](https://www.instituteforgovernment.org.uk/sites/default/files/publications/IfG_procurement_WEB_4.pdf)).

<sup>101</sup> NBS National BIM report, 2019.

<sup>102</sup> De modo conservador, se asumió un nivel de implementación de DARQ de alrededor de 10%.

<sup>103</sup> Estudio de Identificación de Demanda de Capital Humano con Capacidades BIM en la Industria de la Construcción. Documento preparado para Plan BIM.

planos generales (más del 50% de los usuarios ocasionales, y 90% usuarios regulares), y en menor medida para la coordinación de disciplinas o especialidades -una de las funcionalidades clave- (26% y 64% para usuarios ocasionales y regulares, respectivamente).<sup>104, 105</sup>

Respecto de CI, para encuestas de la misma naturaleza que en el caso BIM (empresas asociadas a proyectos de edificación en altura), se identifican brechas de alrededor de 20pp respecto de (i) escaleras, (ii) baños, (iii) losas hormigón, (iv) muros hormigón.<sup>106</sup> Esto, sin perjuicio de que se ha señalado que “en el área industrial desde hace unos 20 años se ha desarrollado fuertemente la construcción de bodegas, supermercados y centros de distribución con elementos prefabricados de hormigón, especialmente por resistencia al fuego, elevada durabilidad y velocidad de montaje, además de lograrse luces libres importantes que permiten que permitan un mejor uso del espacio”, y que se han destacado los casos de empresas particulares que han implementado las iniciativas.<sup>107</sup>

Asimismo, de acuerdo al CCI, se reporta que alrededor del 1% de las obras en el país utilizan CI. Esto, en contraste a alrededor de un 25% de países nórdicos<sup>108</sup>. No se posee evidencia adicional respecto del nivel de implementación de CI en el país.

A continuación se especificarán las posibles barreras, tanto a nivel público como privado, que podrían incidir en el mencionado bajo nivel de implementación, o en otras palabras, en la promoción de tales iniciativas.

## **5. Causas del problema**

### **5.1. Causa 1: Poca convicción por parte del Estado, que deriva en iniciativas con discreta fuerza y continuidad**

En este apartado, se discutirán las iniciativas operativas y esfuerzos de implementación directos a nivel público respecto de BIM y CI. Debido a la diferencia de madurez y tiempo de operatividad (en donde BIM tiene un nivel más avanzado), y la naturaleza misma de las adopciones (en donde el Estado puede tener un rol relevante en la prohibición de CI, mas no de BIM<sup>109</sup>), el enfoque del análisis será distinto. En BIM, el detalle de análisis se basará en los esfuerzos particulares de las entidades, y por el lado de CI, respecto de la promoción a nivel normativo como en bases de licitación y sus requerimientos.

---

<sup>104</sup> Encuesta Nacional de BIM.

<sup>105</sup> Estudio de costos relacionado con la implementación de metodologías BIM (2019).

<sup>106</sup> Se aprecia una brecha menor, de alrededor de 7pp, respecto de tabiques.

<sup>107</sup> Ver <https://ich.cl/prefabricados/noticias-prefabricado/sistema-de-prefabricacion-seguiran-creciendo-en-chile-2/>. Ejemplos de empresas destacadas: BauMax e Inmobiliaria Manquehue.

<sup>108</sup> De acuerdo a informe “Sostenibilidad y Productividad en el Sector Construcción”, Fundación Chile (2020).

<sup>109</sup> BIM, al ser una metodología de trabajo y coordinación, no enfrenta grandes problemas si, por ejemplo, un contratista por iniciativa propia quisiera utilizarla en el desarrollo de una obra. Por el contrario, si un contratista quisiese utilizar elementos de CI, que de cierta manera son adopciones concretas respecto del uso de materiales y modos constructivos, el Estado como mandante sí podría tener una influencia mayor al respecto.

## 5.1.1. BIM

### 5.1.1.1. Esfuerzos heterogéneos en entidades públicas

Sin perjuicio de la existencia de Plan BIM como iniciativa de fuerte impulso que dio cuenta de un mandato explícito de gobierno en torno al impulso de la metodología, actualmente se aprecian esfuerzos heterogéneos en la implementación de la iniciativa por parte de las entidades públicas.<sup>110</sup>

Destaca positivamente el caso de Minvu, observándose que esta entidad ha mantenido un trabajo directo con Plan BIM gracias a la asignación de presupuesto que el propio ministerio le ha brindado desde 2017 a la fecha -por medio de un convenio formal con Plan BIM-,<sup>111</sup> a partir de lo que se han establecido planificaciones internas sobre implementación de la metodología.<sup>112</sup> Sin perjuicio de que en este caso por el momento sólo se ha implementado un proyecto piloto (llamado a licitación de proyecto Ciudad Parque Bicentenario, con solicitud voluntaria de BIM<sup>113</sup>), y que la unidad de BIM sea pequeña (un funcionario, más delegados regionales), se aprecian elementos altamente positivos. En primer lugar, un trabajo acabado respecto del levantamiento de línea de base de proyectos para poder evaluar el impacto de BIM en las obras piloto.<sup>114</sup> En segundo lugar, la existencia de mecanismos explícitos para controlar las barreras de entrada respecto de la implementación de la metodología, en donde se realizó una encuesta para empresas seleccionadas a nivel nacional sobre su uso de BIM, para identificar dónde se ubicaban aquellas que se encontraban implementando la metodología, respecto de qué tipo de proyectos, y de qué etapas de desarrollo de una obra pública. Esto, con el objetivo de direccionar la localización de pilotos en la zona con mayor afluencia de empresas con BIM.<sup>115</sup> En tercer lugar, un constante levantamiento de procesos respecto de nuevos tipos de obras: además de aquellas asociadas al DS 19 -en el marco del piloto mencionado-, en años posteriores constantemente se han añadido obras realizadas por otros mecanismos (por ej.

---

<sup>110</sup> Esto, sin perjuicio de que también se observa que, en términos relativos, el presupuesto anual asociado a Plan BIM es 1,8 veces menor que el de BIM Task group, iniciativa análoga a Plan BIM (esta entidad ya no existe, pero a partir de las funciones de la autoridad de reemplazo, Centre for Digital Built Britain se puede establecer que son entidades relativamente similares, aunque esta última también otorga financiamiento). No se tiene claridad de si el presupuesto asociado a BIM Task group se relaciona a todo su ciclo de vida (2011-2017). Como supuesto conservador, se estableció que sí (ver <https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do> y [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf)).

<sup>111</sup> Por ejemplo, en el presupuesto del año 2020 se asignaron más de 90 millones de pesos para el convenio con Plan BIM.

<sup>112</sup> Carta Gantt basada en: (i) implementación pilotos en diversos tipos de proyectos, (ii) implementación de capacitaciones, (iii) factibilidad TI de implementación de BIM, (iv) consolidar mandato de BIM a nivel Minvu, (iv) gestión de convenios y matriz de implementación (información proporcionada por Minvu el 09/01/2020).

<sup>113</sup> Si bien la solicitud es voluntaria, se establece un premio en la evaluación de la oferta para aquellos que incorporen BIM.

<sup>114</sup> Información proporcionada por Minvu el 15/06/2020. Los indicadores hacen referencia particularmente a nivel de revisión y presentación de la información, y se asocian a una línea de base de alrededor de 50 proyectos (asociadas a viviendas en el marco del DS 19).

<sup>115</sup> Se encontró que, de una muestra de 32 empresas, en donde prácticamente todas son familiares con el concepto BIM (30), 12 lo usan, es decir, un 40%, principalmente en la etapa de diseño de la obra (no de construcción).

espacios públicos, proyectos realizados vía DS 49, y DS 27).<sup>116</sup> Todo lo anterior enmarcado en un enfoque de gradualidad de implementación de la metodología.

Asimismo, se identifica un avance relevante en capacitación. Por ejemplo, desde 2018 existe capacitación en rol de dirección y revisor BIM dentro de la organización, en 2019 continuaron los esfuerzos, y en 2020, adicionalmente se implementaron cursos en formato e-learning, en base a insumos digitales entregados por Plan BIM, capacitando a alrededor de 50 personas.<sup>117</sup>,<sup>118</sup> A futuro, se pretende que todos los funcionarios asociados a proyectos en MINVU estén capacitados, alrededor de 2000 de un total de 6000.<sup>119</sup>

No obstante, a nivel del MOP el escenario es diferente. Si bien en 2016 el ministerio firmó un convenio con Plan BIM, desde 2018 el convenio de colaboración entre entidades no se ha renovado. Si bien existen iniciativas particulares, tales como el Comité BIM - MOP,<sup>120</sup> no se reporta la existencia de esfuerzos coordinados en la implementación de BIM, ni tampoco respecto de la asignación de recursos.

En efecto, según DARQ, la relación actual con Plan BIM solo se limita a la interacción a través de diversas mesas de trabajo, por lo que la Dirección debe simplemente trabajar con sus propios recursos y directrices desde el ministerio. De esta forma, no es posible identificar, por ejemplo, una partida presupuestaria particular para la implementación de BIM en DARQ, y se tiene que la Unidad de BIM, en la práctica, está compuesta por solo una persona (en definitiva, las remuneraciones constituyen el presupuesto).<sup>121</sup> Asimismo, si bien se solicita el uso de BIM en los proyectos públicos, se aprecia en los TDR de la DARQ que los formatos para presentar la información de planimetrías -tanto en el momento de la oferta como cuando el contrato ya se encuentra adjudicado- se le da la opción al privado de no presentarlos con base en los modelos BIM, sino que en formatos 2D. Si bien esto puede dar cuenta de la opción de la autoridad de no contribuir con barreras de entrada para los proponentes privados, de todas formas la encuesta y levantamiento desarrollado por Minvu podría haber sido un antecedente a considerar en este caso.

Es importante notar que si bien la DARQ posee a nivel interno la iniciativa de efectuar un plan de implementación de la metodología a nivel institucional (más que respecto de la promoción de BIM a nivel de proyectos), se reporta que no existen impulsos a un nivel jerárquico superior, ni los recursos necesarios, para ponerlo en marcha. En este caso, el plan contempla la definición de prioridades a nivel interno, definición de indicadores de desempeño, mejorar flujos de información entre el nivel central y las sedes regionales, establecer instancias de seguimiento, crear planes de acción y otros instrumentos (por ejemplo, estándares o normas), realizar

---

<sup>116</sup> Reportado por Minvu el 03/08/2020.

<sup>117</sup> Información proporcionada por Minvu, formato presentación.

<sup>118</sup> Reportado por Minvu el 03/08/2020.

<sup>119</sup> Información proporcionada por Minvu el 07/04/2020.

<sup>120</sup> En donde periódicamente se reúnen los representantes de BIM de las correspondientes direcciones ejecutoras del MOP (reportado por DARQ el 27-07-2020).

<sup>121</sup> Información proporcionada por DARQ el 27/07/2020.



diagnósticos acabados y planes para reducción de brechas identificadas, avances en términos de capital humano y tecnologías, entre otros.<sup>122</sup>

Respecto de capacitaciones asociadas al MOP, nuevamente en el caso de la DARQ si bien se ha reportado que entre 2017 y 2019 alrededor de 50 funcionarios (la mayoría inspectores fiscales) han recibido capacitación, algunos de estos solo han sido entrenados respecto de software, y además se han reportado problemas de coordinación respecto de los inspectores fiscales capacitados, y los proyectos a los que efectivamente se les solicitó BIM.<sup>123</sup> Es decir, no existe correspondencia en la asignación de contratos. Es importante notar que la falta de capacitación en el Estado ha sido destacada como una barrera relevante a nivel público.<sup>124</sup>

Es crucial notar que, en términos relativos, la DARQ es una de las entidades más avanzadas en BIM en la DGOP<sup>125</sup> (junto con la DAP, que también posee TDR, tal como fue mencionado anteriormente). Respecto de la DGC, destaca que también mantiene una relación informal con Plan BIM dada la falta de un convenio: sin perjuicio de que esta autoridad ha desarrollado TDR de BIM con anterioridad a la existencia de Plan BIM (año 2013),<sup>126</sup> actualmente parte de sus esfuerzos se concentran en propender a estar en línea con aquello solicitado en el Estándar de Plan BIM.<sup>127</sup>

Situación similar ocurre con el Ministerio de Salud: si bien se generó un análogo a un TDR de BIM (formato de solicitudes de información), al igual que MOP, la relación del Ministerio con Plan BIM es de tono informal (es decir, no poseen convenio), y se señala que no han existido capacitaciones a nivel interno.<sup>128</sup>

Finalmente, surge otra dificultad al notar que aun cuando los organismos asociados a Plan BIM capaciten a sus funcionarios, la naturaleza de BIM sugiere que prácticamente todos aquellos agentes asociados a proyectos, es decir, desde mandantes (por ejemplo, el Ministerio de Justicia que mandata una obra a la DARQ) hasta los especialistas asociados a una materia específica (por ejemplo, técnicos eléctricos) estén capacitados en BIM. En efecto, se ha reportado que una barrera para el avance de BIM, es el desconocimiento del mandante del proyecto respecto de la metodología, lo cual es clave, porque estos son los que definen el alcance del proyecto respecto del emplazamiento de la obra, los tipos de terrenos a utilizar, y otras especificaciones técnicas generales de alta relevancia en etapas tempranas.<sup>129, 130</sup> En definitiva, lo anterior

---

<sup>122</sup> Información otorgada por DARQ el 17/12/2019.

<sup>123</sup> Información otorgada por DARQ el 21/07/2020.

<sup>124</sup> Ver <https://negocioyconstruccion.cl/wp-content/uploads/REVISTA-COMPLETA-MARZO.pdf> pág 28

<sup>125</sup> Sin considerar a DGC.

<sup>126</sup> El primer proyecto licitado con BIM, de acuerdo a información pública, fue la concesión del Hospital de Antofagasta.

<sup>127</sup> Información reportada por DGC el 28/07/2020.

<sup>128</sup> Reportado por Ministerio de Salud, el 31/07/2020.

<sup>129</sup> Ver <https://negocioyconstruccion.cl/wp-content/uploads/REVISTA-COMPLETA-MARZO.pdf> pág. 24.

<sup>130</sup> Lo anterior también ha sido destacado por Minvu (contacto 03/08/2020).



implica trabajo adicional en BIM, pues los usuarios de BIM deben intentar incorporar los insumos de quienes no son familiares con la metodología.<sup>131</sup>

### 5.1.1.2. Contenido de enseñanza

#### 5.1.1.2.1. Personas

El contenido de las capacitaciones en el uso de BIM se enfoca principalmente en el uso de softwares.<sup>132</sup> Esto, aun cuando se requiera formación de competencias en procesos de trabajo y manejo de información, lo que es respaldado por la experiencia recogida a nivel internacional.<sup>133</sup> Por ejemplo, en el caso de Singapur, el enfoque de capacitación es tanto el modelamiento, en software, como en gestión integral (de información, roles, etc.).<sup>134</sup>

En general, la experiencia internacional reconoce que las competencias más mencionadas y resaltadas a tener en consideración para una certificación se enfocan de manera importante en entender el modelo de trabajo detrás de BIM, además de cómo se relaciona la metodología con el contexto de los proyectos (por ejemplo, propiedad intelectual),<sup>135, 136</sup> por lo que el enfoque de la enseñanza, en donde el Estado tiene un rol crucial, es de alta relevancia.

Este problema se identifica a pesar de la existencia de una amplia oferta de cursos y programas de BIM en Chile. En efecto, hasta abril de 2019, se observó que en la academia más de un 55% de las instituciones educacionales impartían “algún tipo de capacitación asociado a BIM” (90% de cobertura en universidades, 39% en CFT-IP).<sup>137</sup> Asimismo, desde el punto de vista público, existen entidades como CORFO que a través de las becas de capital humano, capacitan a los trabajadores sobre BIM (en este caso, no potencian solo la capacidad técnica de un software BIM, sino que también el uso eficiente con enfoque en sus procesos de trabajo colaborativo o de gestión en cuanto a modelación y revisión de proyectos).<sup>138</sup> Más aún, Plan BIM también

---

<sup>131</sup> Ver <https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta-Nacional-BIM-2019-Informe-de-Resultados.pdf>

<sup>132</sup> Proyecto diagnóstico de formación de capital humano en BIM, 2018, pág. 69.

<sup>133</sup> Estudio de costos 2019, pág. 109.

<sup>134</sup> [https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart\\_11issue9.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/buildsmart/others/buildsmart_11issue9.pdf)

<sup>135</sup> En específico, los aspectos destacados son (i) Entender el contexto y modelo de trabajo de BIM (introducción a BIM), (ii) Impactos, beneficios y otras evidencias del uso de BIM, (iii) Importancia de la metodología como herramienta de gestión y con un alto componente tecnológico, (iv) Identificación de los derechos de propiedad intelectual y licencias relacionados al uso del Modelo y (v) Alta integración y coordinación de todas las partes de un proyecto de modo de garantizar transparencia.

<sup>136</sup> Peng Wu et al. (2017).

<sup>137</sup> A nivel de carrera universitaria, se tiene que en un 97% de las carreras de arquitectura se utiliza BIM, porcentaje que asciende a 56% en carreras de ingeniería, y 100% a carreras de construcción. En la enseñanza técnico profesional, la cobertura de BIM es de 75% para ingeniería en construcción, 40% para técnicos en dibujo, 25% para climatización, y 23% en construcción civil (De acuerdo con información proporcionada por Plan BIM (noviembre de 2019).

<sup>138</sup> Cabe destacar que, del total de cursos financiados por CORFO dirigidos a la industria de la construcción, los relacionados a BIM representan un 50%, con un costo promedio de \$88.541 pesos y con una duración promedio de 70 horas (estimación propia con base en información de la página de CORFO, becas capital humano).

destaca, al haber desarrollado y creado instancias de definición de contenidos de enseñanza BIM, en instancias público privadas.<sup>139</sup>

Relacionado al punto anterior (específicamente respecto de los esfuerzos concretos de parte del Estado), si bien es posible identificar esfuerzos en materia de contenido educativo, la persistencia del problema podría dar cuenta de la necesidad de impulsos más fuertes. Como antecedente adicional relevante destaca que las encuestas realizadas previo mandato de BIM en Chile destacaban la falta de capacitación como barrera relevante, elemento que se repite en encuestas recientes.<sup>140</sup>

Finalmente, cabe mencionar que no existen certificaciones a nivel nacional sobre el uso de BIM, solo aquellas que se pueden obtener a partir de las empresas desarrolladoras de los correspondientes softwares (aspectos que nuevamente sugiere la importancia otorgada a softwares).<sup>141</sup>

#### 5.1.1.2.2. Empresas

Para que las empresas puedan llegar a implementar BIM, se requiere no solo que las personas o trabajadores relacionados puedan ejecutar los softwares y conocer la metodología. Por el contrario, la empresa necesita reformular su manera de trabajo (en lo referente al componente de procesos de BIM, definido inicialmente). Es decir, implementar un cambio cultural al interior de la organización que permita llevar a cabo la metodología como forma de trabajo colaborativa y coordinada al interior de ella.

Las dificultades propias de la capacitación a nivel de empresas se mencionan posteriormente. No obstante, respecto del rol del Estado, lo relevante a destacar en este caso, es la falta de certificaciones y/o acreditaciones formales a nivel nacional. Esto, independiente que las empresas puedan certificarse a nivel internacional con las empresas certificadoras.

Por tal motivo, ya existen instituciones que están proveyendo servicios conducentes a la certificación de BIM bajo la actual normativa o estándares internacionales. Por ejemplo, el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC), centro impulsado por el “Programa de Fortalecimiento y Creación de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para la Innovación” de CORFO, entre sus diversos servicios, ofrece la “Asesoría Certificación BIM bajo ISO 19.650”<sup>142</sup> con el enfoque de orientar a las empresas y ser pre-auditadas bajo la Certificación ISO. Es una pre-auditoría, ya que la certificación final solo se puede hacer con el organismo Building Research Establishment (BRE) del Reino Unido. Este estándar ofrecido

---

<sup>139</sup> Reportado por CTeC el 18/06/2020.

<sup>140</sup> Encuesta realizada por Matrix Consulting reportó, como segunda barrera relevante, la falta de capital humano calificado (21% de encuestados).

<sup>141</sup> Información reportada por CTeC el 11/06/2020.

<sup>142</sup> Asesoramiento a empresas para obtener la certificación BIM bajo la norma ISO 19.650 y su actual traducción a Norma Chilena.

por el CTec audita las formas de trabajar de manera colaborativa y coordinada al interior de las empresas, según la posición de mandante o contratista.

### 5.1.2. Construcción Industrializada

En primer lugar, un aspecto a destacar es que dado el carácter más incipiente de CI en nuestro país, no existe mayor institucionalidad pública (formal) al respecto. Si bien el mencionado Consejo de Construcción Industrializada se generó en el marco de la iniciativa público privada Construye 2025,<sup>143</sup> actualmente su financiamiento se compone totalmente de capitales privados, y la presencia del Estado se da a través de la incorporación de representantes de Minvu y MOP en las reuniones de directorio. En otras palabras, la institucionalidad a nivel de Estado es aún bastante inmadura en comparación a lo que sucede con BIM.

Por el lado de la normativa, se identifican diferentes **normas** requeridas para el desarrollo de obra pública y edificación específicas para el uso de elementos prefabricados y construcción modular, así como también las normativas propias de calidad de materiales o construcciones específicas que pueden o no ser prefabricados. Dentro de las primeras normas, se puede encontrar, por ejemplo, NCh 1399 y NCh 887. Mientras que de las generales es posible encontrar NCh 2369 y ACI 318.<sup>144, 145</sup> También, se identifican directrices de la autoridad al respecto: por ejemplo, el año 2011 la Dirección de Vialidad emitió un ordinario respecto de “Nuevas Disposiciones para el Diseño de Vigas Prefabricadas” en donde se establecen condiciones técnicas para el desarrollo de puentes.<sup>146</sup>

Es relevante mencionar, que no se aprecia en general que la normativa establezca prohibiciones al uso de materiales prefabricados o modulares. En efecto, el DS 75 simplemente señala que los materiales deben ser de buena calidad, sin perjuicio de su origen; y, además, especifica que antes de ser empleados se debe dar aviso al inspector fiscal, para que este los apruebe o rechace, a partir de la realización de análisis y pruebas.<sup>147, 148</sup>

Sin embargo, aun cuando no existan prohibiciones que afecten la adopción tecnológica, sí se ha reportado la falta de normativa que, en general, defina los conceptos claves en torno a CI, y que consecuentemente explicita elementos diferenciados y particulares a este tipo de construcciones, de existir. De esta manera, el CCI a través del grupo técnico de “Brechas, Normativa y Regulación CCI”, identificó “*la necesidad y el poder de integración de una norma*

---

<sup>143</sup> Ver <https://construye2025.cl/2018/02/09/el-consejo-de-construccion-industrializada-cci-tiene-nuevo-directorio/>

<sup>144</sup> En efecto, se ha reportado que la ACI 318, sobre diseño sísmico industrial, detalla en específico que las estructuras prefabricadas deben cumplir los mismos requisitos de desempeño sísmico, en donde sí se destaca, de manera diferenciada, la existencia de un punto adicional de chequeo para el caso prefabricado (ver <https://ich.cl/prefabricados/noticias-prefabricado/sistema-de-prefabricacion-seguiran-creciendo-en-chile-2/>).

<sup>145</sup> Otras normas asociadas a CI son: NCh 1470, NCh 346, NCh 641, NCh 684, NCh 684, NCh 685, NCh 710, NCh 741, NCh 742, NCh 743, NCh 744, NCh 771, NCh 831, NCh 886, NCh 887, NCh 1464, entre otras.

<sup>146</sup> Ordinario 11821/2011, Dirección de Vialidad.

<sup>147</sup> Art. 144, DS 75 MOP.

<sup>148</sup> Esto está ratificado en la Res 258/2009 DGOP (Base tipo para contratos asociados a DS 75).

*chilena que establezca las definiciones técnicas involucradas en la construcción industrializada”, lo que se enmarca, de acuerdo al Instituto Chileno del Acero (ICHA), en el entendido de que la norma es “el soporte técnico de entendimiento común entre los diversos actores que participan en la construcción (...), para avanzar desde la construcción tradicional hacia los sistemas de construcción industrializada”.*<sup>149</sup>

Es por lo anterior, que en junio de 2020, el Minvu (a través de DITEC) inició la elaboración de un anteproyecto de norma (denominado “Industrialización: Principios Generales”<sup>150</sup>) que incorporará las definiciones de la construcción industrializada, con miras a estándares claros que favorezcan su desarrollo a nivel nacional.<sup>151</sup>

La adecuación, actualización y el reconocimiento de la construcción industrializada en la normativa también es un aspecto que ha sido destacado a nivel internacional, en donde el principal motivo que promueve la definición normativa es la existencia de asimetrías de información, tanto para los mandantes de obras (sean públicos o privados) como para incluso otros agentes relevantes (como el sistema financiero, en relación al otorgamiento de presupuestos), que derivan en la existencia de dudas y poca certeza respecto de, por ejemplo, la calidad, durabilidad, y otros aspectos asociados a CI en comparación con la construcción tradicional. Por ejemplo, en Australia (2017), se reporta que la confianza en CI en el país aún no es total, y que el hecho de que no existan códigos o estándares al respecto (es decir, normativa), deriva en “territorio inexplorado” para las partes involucradas<sup>152</sup>. Asimismo, en Nueva Zelanda, en mayo de 2020 ingresó un proyecto de ley que incorpora una certificación voluntaria respecto del uso de construcción modular, en el entendido que tal certificación permitirá dar confianza a las autoridades que aprueban construcciones respecto de la calidad y cumplimiento normativo de la CI.<sup>153</sup>

Finalmente, destaca en el Reino Unido la existencia del Buildoffsite Property Assurance Scheme (BOPAS), iniciativa privada que valida empresas respecto de su expertise en el uso de CI que busca, entre otros aspectos, dar seguridad a prestamistas respecto de la eficacia de CI<sup>154</sup>. También en el Reino Unido, existe una acreditación (efectuado por “The British Board of Agrément and BRE Certification”) de carácter voluntario para las empresas que fabrican viviendas industrializadas u otros métodos con tecnologías innovadoras. Esta certificación se da en un proceso que en 2010 demoraba cerca de un año, con un costo de alrededor de US\$ 150.000, que también se traduce en facilidades para acceder a seguros de construcción e hipotecarios.<sup>155</sup>

---

<sup>149</sup> Ver <https://construye2025.cl/tag/norma/>

<sup>150</sup> Información proporcionada por DITEC el 31/07/2020.

<sup>151</sup> No obstante, cabe señalar que el desarrollo del anteproyecto comenzará a fines de agosto, y que por lo mismo aún no se define a cabalidad el ámbito de aplicación de la norma (respecto de la tipología de obras), sin perjuicio de que se referirá tanto a obras públicas como privadas.

<sup>152</sup> Handbook for the design of modular structures (Monash University, 2017).

<sup>153</sup> Ver <https://www.building.govt.nz/getting-started/building-law-reforms/a-new-manufacturer-certification-scheme/>

<sup>154</sup> Ver <https://www.bopas.org/>

<sup>155</sup> <http://fen.uahurtado.cl/wp-content/uploads/2010/08/Paper-Vivienda-Industrializada-AAD-Oct2010-.pdf>

Como ejemplos adicionales a la reportada falta de normativa (mas no prohibición), además de definiciones generales destaca, por ejemplo, la falta de detalles específicos de CI en relación a ciertos materiales, como la madera, incluyendo incertidumbre respecto de cómo los materiales de CI cumplen con la normativa sísmica (independiente de que exista mayor claridad en el caso del hormigón<sup>156</sup>).<sup>157</sup> Por otro lado, la Universidad de Chile<sup>158</sup> (2018) ha señalado que, respecto a construcción modular, si bien existe normativa (tal como se ha mencionado anteriormente), esta se encuentra desactualizada sobre medidas preferentes para puertas, ventanas, y otros elementos<sup>159</sup> que se debe revisar la compatibilidad con la CI. También señala que no existe normativa específica sobre tolerancias generales de la construcción, lo que no aporta para la promoción de CI.<sup>160</sup> En definitiva, lo que se reporta es una falta de alineación de las regulaciones y especificaciones respecto de CI.

A nivel de **bases de licitación** se tiene que, a nivel general, las bases tipo asociadas a la Res 258 DGOP, en su numeral 7.8 justamente hacen referencia al DS 75 MOP, que simplemente se asocia a los mencionados requisitos de calidad de los materiales. Por lo anterior, no debiese existir restricción alguna mientras los elementos asociados a la construcción industrializada los cumplan. Esto, sin perjuicio de que dichos elementos requieren muchas veces de altos grados de estandarización, los que previamente deben ser incorporados en los diseños que se realiza en etapas previas a la construcción.

A modo de evidencia, tal como se comentará posteriormente, para el Complejo Fronterizo Paso Los Libertadores, el hormigón prefabricado se consideró en la etapa de diseño, luego de consideraciones relevantes de, por ejemplo, efectos climáticos. Este tipo de situaciones se confirma al observar algunas bases de licitación. Por ejemplo, en las bases del Puente Chacao, que fueron elaboradas específicamente para la obra, se señala que “*todos los materiales del puente, métodos de ejecución y ensayo deberán decidirse de modo que se cumpla con el requisito de vida útil [de 100 años]*”.<sup>161</sup> Además, en esta base se encuentra que “*el diseño del proyecto de ingeniería definitivo deberá incorporar un método de construcción seguro y sólido considerando las condiciones geotécnicas, de corrientes y climáticas adversas de la zona de*

---

<sup>156</sup> En donde se ha destacado incluso que la normativa se ha actualizado con ocasión de grandes terremotos (por ej. NCh 2369).

<sup>157</sup> Por ejemplo, se señala que la normativa antisísmica NCh 433, para máximos de desplazamiento, considera las características del hormigón, pero no de la madera. Asimismo, la Norma NCh 1198 no entregaría directrices que permitan calcular la resistencia y rigidez de un edificio estructurado con base en módulos de madera (reportado por Matrix Consulting el 21/07/2020). No obstante, sobre la NCh 433, se ha reportado que está en modificación, y que si bien no explicita un sesgo específico respecto de CI, sería esperable que durante los procesos de consulta pública se discutan e incorporen valores específicos para la madera respecto de los requisitos sísmicos, que permitan otorgar mayor competitividad a este sistema (información reportada por DITEC el 06/08/2020).

<sup>158</sup> A través de Idiem (Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales).

<sup>159</sup> También se menciona la OGUC respecto del establecimiento de medidas (por ejemplo, sobre alturas mínimas de piso a cielo, o placas de revestimiento de yeso).

<sup>160</sup> Ver: <https://construye2025.cl/download/179/estudios/4673/estudio-benchmark-normativo-medidas-construccion-estandarizacion.pdf>

<sup>161</sup> Bases de Licitación Puente Chacao. Descargar en: [https://www.puentechacao.cl/documentos\\_puenteChacao.php](https://www.puentechacao.cl/documentos_puenteChacao.php)



*emplazamiento*”<sup>162</sup> y “*reducir al mínimo, durante el contrato, la contaminación por ruido, residuos gases, humo y partículas en suspensión y sedimentables*”.<sup>163</sup>

Esto da lugar a la ausencia de restricciones a nivel general, e incluso existe un posible incentivo debido a que la reducción de contaminación es uno de los beneficios de la construcción industrializada. Asimismo, se constata que la DARQ, la Dirección de Vialidad, y la DGC del MOP no establecen restricciones generales, y es más, señalan que contratistas han decidido usar elementos de construcción industrializada. Esto se evidencia por ejemplo, en la Biblioteca de Curarrehue realizada por la DARQ en el sur de Chile, con base en materiales prefabricados de madera.<sup>164</sup>

En concesiones, el Complejo Paso Los Libertadores, ocupó hormigón prefabricado desde el comienzo de la obra. En este caso, se dio el uso de hormigón prefabricado, sistema que redujo la colocación de concreto *in situ* solo a las fundaciones, y fue muy conveniente debido a las condiciones climáticas cordillera,<sup>165</sup> y además “(...) *permitió reducir el plazo total en una temporada, lo que sin lugar dudas permitió asegurar los costos del proyecto*”.

Adicionalmente, es posible observar casos en algunas bases donde se exigen y/o promueven el uso de prefabricados, como se puede evidenciar en el Puente industrial (concesiones) y el Hospital de Ñuble (ejecutado por el Servicio de Salud de Ñuble).

En el caso del Puente Industrial, las bases señalan que, para el diseño de puentes y estructuras, se debe considerar, entre otras normas y directrices, las disposiciones establecidas para el diseño de vigas prefabricadas determinadas por la Dirección de Vialidad.<sup>166</sup> Mientras que los anexos de especificaciones técnicas del diseño y construcción del Hospital Ñuble, permiten y/o promueven el uso de prefabricado en: elementos drenantes (asociado a impermeabilización), pavimento de gradas, revestimiento acolchado de seguridad, tapas de inspección (cielos), soportes para fijación de sistemas sanitarios, tabiquerías, puertas acústicas, puertas plomadas, soleras, solerillas, gradas exteriores, poliestireno expandido en alfeizares, jambas y dinteles de marcos de puertas y ventanas.<sup>167</sup>

<sup>162</sup> Bases de Licitación Puente Chacao. Descargar en: [https://www.puentechacao.cl/documentos\\_puenteChacao.php](https://www.puentechacao.cl/documentos_puenteChacao.php)

<sup>163</sup> Bases de Licitación Puente Chacao. Descargar en: [https://www.puentechacao.cl/documentos\\_puenteChacao.php](https://www.puentechacao.cl/documentos_puenteChacao.php)

<sup>164</sup> Información proporcionada por DARQ el 21/07/2020.

<sup>165</sup> Ernesto Villalobos, gerente general de la empresa Preansa, que junto con SIRVE desarrollaron la ingeniería del proyecto: “En esas condiciones climáticas el fraguado del hormigón tiene una dificultad enorme. La reacción química de fraguado del hormigón comienza, en términos prácticos, recién a los 0°C. Al hacer las mediciones de la temperatura interior del cáliz de las fundaciones, estas registraban -10°C, con lo cual resultaba imposible ejecutar el mortero de fijación del pilar prefabricado a la fundación. Las fundaciones fue lo único que se hizo *in situ* y con grandes dificultades, para lograrlo se generaron carpas con autoclave para lograr el clima necesario para que el hormigón tuviese la reacción de fraguado.” (ver <https://hormigonaldia.ich.cl/obra-destacada/complejo-fronterizo-los-libertadores/>)

<sup>166</sup>

Ver <http://www.concesiones.cl/proyectos/Documents/Puente%20Industrial%20Bio%20Bio/BALI%20Puente%20Industrial%20Refundido%20SinVOF.pdf>

<sup>167</sup> Anexo especificaciones técnicas: anteproyecto diseño y construcción del nuevo Hospital Provincial de Ñuble. Documento en revisión, no citar



Sin embargo, en algunos casos particulares existen restricciones al uso de elementos de CI, como es en el caso de los hospitales concesionados cuyas bases señalan, por ejemplo, que “se prohíbe el uso de muros paneles prefabricados, y se prohíbe el uso de losas prefabricadas”, y que “los elementos estructurales principales (...) deberán construirse *in situ*, no permitiéndose elementos prefabricados en la súper y sub-estructura”.<sup>168</sup> Se aprecia también, que en el Puente de Chacao “no se aceptarán columnas con secciones prefabricadas”.<sup>169</sup>

Si bien no es directo establecer la justificación de las prohibiciones de uso de prefabricados en los elementos estructurales del hospital, sí es posible identificar evidencia nacional que señala que, dada la complejidad de cada hospital, no es posible estandarizar la totalidad de la construcción. Esto, sin perjuicio de que se reconoce que el *layout* del interno del hospital es propicio y adecuado para el uso de módulos (por ejemplo, respecto de boxes y salas de procedimiento), y la importancia de tomar en cuenta la instalación de los módulos al momento de realizar el diseño estructural de la obra.<sup>170</sup>

En conclusión, efectivamente se aprecian restricciones particulares sobre las que pueden existir razones técnicas más allá del alcance de este estudio que justifiquen tales impedimentos. Tal como se comentó anteriormente, en general no se aprecian restricciones a nivel de bases de licitación, por lo que sería relevante preguntarse si, como contrapartida, es precisa la generación de instancias de coordinación y aprendizaje entre todos los actores del desarrollo de obras, para al menos especificar con mayor detalle las causas detrás de las posibles prohibiciones.

Independiente de las mencionadas promociones y posibles restricciones de materiales en las bases de licitación de proyectos, pueden existir otros aspectos que den cuenta de la mencionada falta de inclusión o consideración respecto de cómo opera la CI en comparación a la construcción tradicional. Esto, por ejemplo, respecto de cómo se emiten los estados de pago<sup>171</sup> al momento de la ejecución de las obras (ya sean asociadas al DS 75 o DS 108 de MOP), que se liberan de acuerdo al avance de la obra.

Considerando que la CI implica un desarrollo de la obra en donde el avance de esta, no necesariamente se ve reflejado en el sitio de construcción (sino que, por ejemplo, materiales y módulos pueden encontrarse en manos de los proveedores), es importante identificar si el mecanismo actual de control y gestión de las obras toma en cuenta lo anterior. A nivel normativo, en el caso del DS 75,<sup>172</sup> se señala que los estados de pago son informados por el contratista cuando se hayan ejecutado las cantidades acordadas en las bases de licitación (y se haya certificado el avance de parte del inspector fiscal). En el caso del DS 108 se presenta una

---

<sup>168</sup> Anexos complementarios, bases de licitación de Hospital Buin Paine, y Red Maule.

<sup>169</sup> Bases de Licitación Puente Chacao. Descargar en: [https://www.puentechacao.cl/documentos\\_puenteChacao.php](https://www.puentechacao.cl/documentos_puenteChacao.php)

<sup>170</sup> Catálogo y Guía para incorporación de elementos industrializados en planificación de proyectos del sector salud.

<sup>171</sup> No se trata el tema de concesiones pues sus mecanismos de pago son disímiles, dependiendo en ocasiones del modelo de negocios del proyecto.

<sup>172</sup> Arts. 153-158.

flexibilidad adicional, en donde se menciona que “el Ministerio de Obras Públicas pagará al contratista por etapas ejecutadas mediante *Estados de pago de la Etapa*, la cual estará definida por el contratista en su oferta, conforme a lo estipulado en las Bases Administrativas Especiales”.<sup>173</sup>

La normativa no se configura como un obstáculo para especificar, por ejemplo, modos alternativos de pago dependiendo de cómo se considere el avance (es más, el DS 108 permite que el contratista proponga tales etapas). No obstante, a nivel de bases de licitación (y otros documentos anexos), parecen existir provisiones que determinan que el examen de avance de la obra se realiza en terreno. En efecto, la base tipo general de construcción de obras (Res. 258/2009, DGOP, asociada al DS 75), establece que “la certificación del monto del estado de pago la efectuará el inspector fiscal, quien verificará en terreno la cantidad y calidad de la obra ejecutada cada mes, incluyendo las correspondientes partidas ambientales, territoriales y de participación ciudadana asociada al Avance de Obras”.

Asimismo, de acuerdo a las bases administrativas generales asociadas al DS 108 se menciona que para los estados de pago se debe presentar un acta de recepción provisional de la etapa, en donde en cada ocasión se establece una Comisión de recepción.<sup>174</sup> Si bien la aproximación no es totalmente directa (por ejemplo, podría interpretarse que las bases del DS 108 no excluyen la posibilidad de que la Comisión pueda ir a la fábrica a recepcionar), en definitiva se subentiende que la recepción de la obra generalmente se realiza de manera física, con aquello que está instalado en el terreno de la obra. Así también se ha confirmado de parte de la DARQ<sup>175</sup> y la Dirección de Vialidad.<sup>176</sup>

En suma, puede establecerse que, al menos, las bases de licitación aún no contemplan detalles formales y específicos respecto de los mecanismos de pago, y es un aspecto identificado por algunas empresas del sector.<sup>177</sup> Sin embargo, se podría considerar en los itemizados de los contratos, por ejemplo, la fragmentación de los elementos en 3 fases, como un costo de solicitud o de mandar a fabricar, un segundo costo de recepción y un tercer costo de instalación. De esta forma se podría materializar el pago anticipado de parte de las partidas, disminuyendo el riesgo de crédito del contratista, y el aumento del valor del contrato al Estado.

A nivel internacional también se da cuenta de las dificultades en torno al tema. Por ejemplo, en el Reino Unido se ha mencionado un caso reciente (2019) en donde han existido discrepancias de interpretación respecto de cómo se interpretaba el cumplimiento del trabajo para el caso del pago de 3 de 5 de las cuotas del contrato (en relación al concepto estipulado de “sign-off”, es decir, de término de la etapa), a partir de lo que se generó un conflicto entre el proveedor de materiales de CI y el contratista. Esto es problemático al considerar que los elementos prefabricados y modulares dan cuenta de una parte importante del valor de un

---

<sup>173</sup> Art. 22, DS 108 MOP.

<sup>174</sup> Art. 22 y 26 de las bases mencionadas.

<sup>175</sup> Información reportada por el organismo 27/07/2020.

<sup>176</sup> Información reportada por el organismo 21/07/2020.

<sup>177</sup> Por ejemplo, de acuerdo a lo reportado por Baumax, el 27/07/2020.

contrato,<sup>178</sup> por lo que los mecanismos de negociación del contratista con proveedores se vuelven relevantes.<sup>179, 180</sup>

Por otro lado, aunque se aclare el contexto a través de la normativa, países como Australia destacan que este aspecto no es trivial, ya que depende de las normativas de construcción y de las definiciones en torno a CI. Particularmente, en Queensland destaca que, posterior a modificaciones normativas, se mantiene el hecho de que el trabajo de prefabricación fuera de sitio no es asegurable, no así la instalación de materiales en sitio.<sup>181</sup> Independiente de lo anterior, sí destacan casos en donde se propende a desarrollar mecanismos diferenciados de pago, como es el caso de los contratos NEC (esto, no obstante la aplicación del contrato debe usualmente estar en línea con aquello estipulado por la normativa).<sup>182</sup>

## **5.2. Causa 2: Enfoque integral de ciclo de vida usando BIM y CI no se condice con el modelo usual de SNI.**

La adopción de estas nuevas tecnologías no se condice con el Sistema Nacional de Inversiones (SNI), debido a la fragmentación que ocurre durante todo el ciclo del proyecto (preinversión - que puede incluir etapa de prefactibilidad y factibilidad-, diseño y ejecución), según dictan los Requerimientos de Información Sectoriales y las Normas de Inversión Pública a licitar la ejecución de manera separada al diseño (a excepción del caso del DS. 108 y concesiones).

En primer lugar, lo anterior queda particularmente en evidencia respecto de BIM, pues la metodología pretende, en esencia, optimizar los elementos de planificación, diseño, construcción y operación de una obra desde el inicio de un proyecto, es decir, asociado a todas las etapas mencionadas anteriormente. Si bien la existencia de diversos usos de BIM, asociados a las distintas etapas del desarrollo de una obra, podrían mitigar el mencionado problema pues, por ejemplo, al momento de la etapa de prefactibilidad solo se solicitarían usos asociados al levantamiento de condiciones existentes, de todas formas se puede perder valor agregado adicional.

Lo anterior, al considerar por un lado, que si no se implementó BIM durante el diseño, los usos asociados a la construcción podrían no optimizar -o prevenir- inconvenientes de cruces de servicios dentro de la obra (aspectos asociados al uso de diseño de especialidades propio de la etapa de diseño). Por otro lado, al notar que de todas formas existen usos de BIM que son transversales a las etapas del proyecto,<sup>183, 184</sup> y que incluso resalta la existencia de usos para la

<sup>178</sup> Se reporta valor entre 60-75%.

<sup>179</sup> Ver <http://constructionblog.practicallaw.com/the-construction-act-and-modular-construction-projects/>

<sup>180</sup> Ver <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=a71e3c6f-0884-475a-b3a3-7e701073a927>

<sup>181</sup> Ver <https://www.qbcc.qld.gov.au/pre-fabricated-home>

<sup>182</sup> Ver [https://www.neccontract.com/getmedia/234a23f1-6736-4785-8aab-a07af58789e1/Practice-Note-4\\_finalweb](https://www.neccontract.com/getmedia/234a23f1-6736-4785-8aab-a07af58789e1/Practice-Note-4_finalweb), pág. 4.

<sup>183</sup> Por ejemplo, el uso de estimación de cantidades y costos, y de planificación de fases.

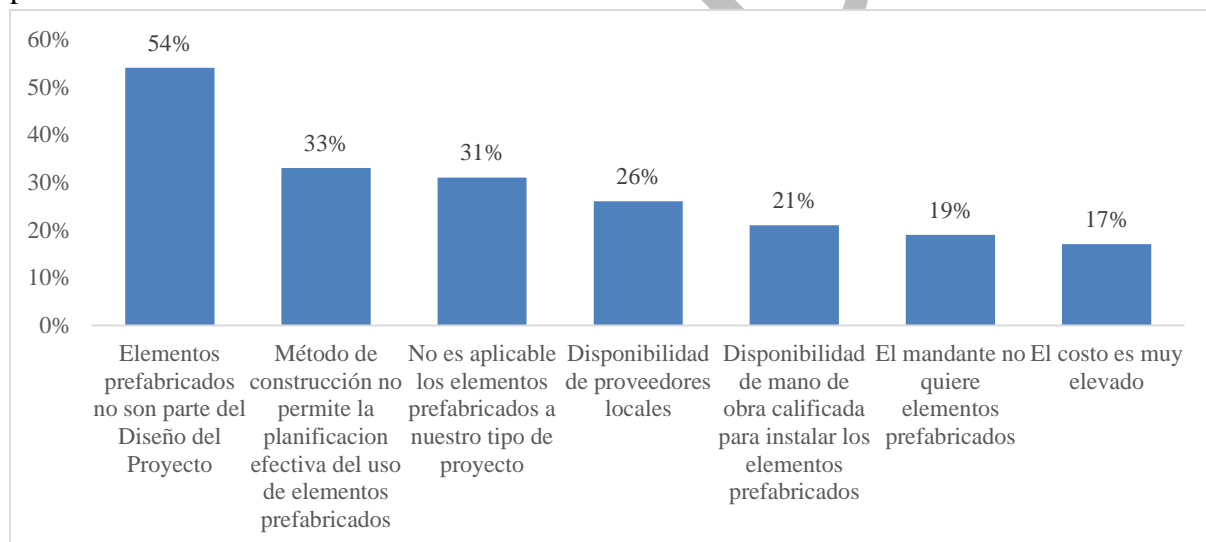
<sup>184</sup> Estándar BIM para proyectos públicos (2019).

operación, que no son considerados en las etapas del desarrollo de obra pública tradicional en Chile, y que en otros países han sido destacados.<sup>185</sup>

En segundo lugar, en las etapas de factibilidad y diseño cobra relevancia la fragmentación impuesta por el sistema para la construcción industrializada. En particular, las fricciones se generan en cuanto los elementos prefabricados y modulares tienden a tener un elevado grado de estandarización, y se requiere considerarlos tanto en el diseño, incluso en la preinversión, permitiendo optimizar la ruta crítica en los periodos de planificación.<sup>186, 187</sup>

Este problema se ve evidenciado en Dodge Data Analytics (2020)<sup>188</sup> donde, de acuerdo a una encuesta realizada a empresas en Estados Unidos, señalan dentro de los dos principales obstáculos para la implementación de prefabricados, para los contratistas y “construction managers”, la no consideración de los sistemas prefabricados en el diseño (54%); y en segundo lugar (33%), el hecho de que el método de construcción impide la planificación efectiva del uso de prefabricado (nuevamente relacionado a diseño) (ver Figura 1).

**Figura 1.** Principales obstáculos para aumentar el número de proyectos que utilizan prefabricado



Fuente: Elaboración propia con base en Dodge Data & Analytics (2020) Nota: (i) Se muestra solo las respuestas asociadas a contratistas, director o jefe de proyecto de construcción, proyectistas. (ii) Cada encuestado debía señalar los tres principales obstáculos, es por esto que las respuestas no suman 100%.

En definitiva, para la incorporación de las adopciones tecnológicas industrializadas se requiere anticipar los problemas en obra y tener las soluciones respectivas, dado que no funciona adecuadamente en escenarios de improvisación. Se debe abordar la compatibilidad de los métodos constructivos y sus componentes estandarizados, y para ello se deben promover

<sup>185</sup> Por ejemplo, la práctica asociada a Soft Landing en el Reino Unido.

<sup>186</sup> La ruta crítica se debe elaborar en la etapa de diseño.

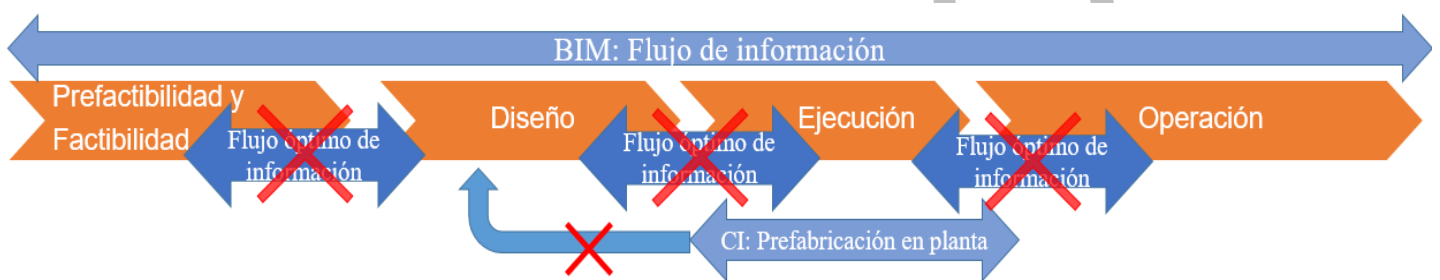
<sup>187</sup> De acuerdo a las mencionadas encuestas realizadas por Matrix Consulting, esta causa es la barrera más relevante de implementación de CI (22% encuestados).

<sup>188</sup> Ver <https://www.modular.org/documents/public/PrefabModularSmartMarketReport2020.pdf> página 26 del documento.

diseños que faciliten el uso de estos. Tal como se ha comentado anteriormente, esto se potencia con la utilización de BIM en etapas previas, paralelamente, permitiendo ahorrar y maximizar la calidad de las etapas de diseño y disminuir los riesgos en obra.<sup>189</sup> Nuevamente es preciso señalar que esto se relaciona con la importancia de la estandarización de componentes en los diseños, y el concepto de constructabilidad, en donde los agentes involucrados tanto en el diseño (e incluso actividades preinversionales) como en la construcción, resuelven en conjunto los principales temas de diseño de la obra, de modo de mitigar posteriores interferencias.<sup>190</sup>

La Figura 2 presenta, en resumen, el contexto en donde se pueden apreciar las discontinuidades o fragmentaciones durante el ciclo de vida de un proyecto, y que en el contexto de obras públicas se ve particularmente afectado por la orgánica del SNI.

**Figura 2.** Ciclo de vida del modelo usual del SNI y la dificultad de implementar adopciones tecnológicas



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Causa 3: No hay suficiente documentación ni evidencia de beneficios de realizar adopciones tecnológicas

#### 5.3.1. BIM

De acuerdo a la Comisión de Productividad Australiana (2014), uno de los aspectos que se destacan sobre ralentización en la implementación de BIM es la baja evidencia de éxito de la metodología (justamente porque su nivel de implementación es bajo). Si bien la Comisión resalta que de todas formas la existencia de evidencia internacional mitiga esta asimetría de información de manera relevante, de igual manera puede establecerse que la baja experiencia de éxito a nivel nacional puede ser un factor importante al momento de impulsar la implementación en el país. Este patrón se repite en Chile, por cuanto no se han identificado esfuerzos consistentes de levantamiento de información de éxito.<sup>191</sup>

<sup>189</sup> Las tolerancias dimensionales, por ejemplo, son un problema en las construcciones tradicionales que intentan incorporar componentes prefabricados, debido que aun cuando se tenga en la planificación, se debe disminuir las desviaciones para no equivocarse en los componentes prefabricados.

<sup>190</sup> Remitirse a apartado de diseño.

<sup>191</sup> Adicionalmente, de acuerdo a encuestas recientes, la principal barrera asociada a BIM es la inexistencia de un beneficio económico percibido, se relaciona este hecho directamente con la inexistencia de casos concretos de éxito en el país (encuesta realizada por Matrix Consulting a representantes del sector público y privado durante una mesa de trabajo el día 11/06/2020, en donde esta causal obtuvo la mayor frecuencia, con un 36% de respuestas positivas de parte de los asistentes).

Un aspecto relevante a destacar es que la medición de los efectos de BIM puede ser muy particular. Sin perjuicio de que naturalmente se han apreciado beneficios en términos de costos y plazos de las obras,<sup>192</sup> los indicadores de éxito de BIM pueden depender de manera importante de, por ejemplo, los usos de BIM que se estén implementando en la obra, o el cómo se está solicitando la información. En efecto, Plan BIM<sup>193</sup> ha sostenido que no cuentan con indicadores particulares que permitan dar seguimiento a la iniciativa, lo que se justifica además al notar que los ministerios sectoriales van definiendo los alcances de su implementación, tal como se ha señalado (esto, sin perjuicio de que Plan BIM participa en asesorar a los organismos asociados al respecto).

Adicionalmente, a nivel teórico, y considerando la existencia de los diferentes componentes de BIM, también se han reportado formas alternativas de medición de desempeño, en donde destacan matrices que identifican un set de habilidades requeridas para la metodología. La matriz más conocida es la de Bilal Succar, que considera avances en el nivel de adopción respecto de “tecnología”, “procesos”, y “política (policy)”.<sup>194</sup> Otras matrices (ej. QuickScan),<sup>195</sup> identifican conceptos similares, notando la importancia de la tecnología y las aplicaciones, aspectos de organización y administración, entre otros.

Independiente de lo anterior, en algunos casos no se identifican esfuerzos explícitos de medición del desempeño de BIM en la autoridad, posiblemente debido a los mencionados esfuerzos heterogéneos. Por ejemplo, en el caso de la DARQ, se ha reportado que no se posee evidencia de éxito de BIM justamente por la razón mencionada (la dificultad de definir cómo medir el éxito en función del uso de BIM que se está solicitando). Aún así, con base en la información solicitada a la DARQ para realizar una comparación de pares de proyectos (uno en el que se solicitó BIM, otro en el que no), se tuvo acceso a 3 pares,<sup>196</sup> y con base en la información disponible de costos, plazos, e informes de avances de la obra, no fue posible identificar el efecto particular de la implementación de BIM debido a la falta de información.

---

<sup>192</sup> En efecto, se han considerado las siguientes variables “estándares” para la medición del desempeño de BIM: (i) tiempo (enfocado en tiempos de desarrollo de actividades, identificación de atrasos), (ii) eficiencia (objetos BIM creados, trabajo realizado en BIM en comparación a todo el trabajo), (iii) costo (sobre-costos a nivel de la obra, costos de servicios BIM en relación al costo total del proyecto), (iv) ganancias (margen, ventas, licitaciones ganadas), (v) inversión (licencias BIM, equipos para uso de BIM), (vi) errores (modificaciones de proyecto, advertencias), (vii) seguridad (riesgos detectados usando BIM, tiempo perdido por accidentes), (viii) satisfacción (cliente y usuario) (ver <https://planbim.cl/download/estudio-de-costos-relacionados-con-la-implementacion-de-metodologias-bim/?wpdmdl=2899> pág 22.)

<sup>193</sup> Reportado por Plan BIM, 12/11/2019.

<sup>194</sup> En específico, las variables consideradas por Succar para identificar avances en el nivel de adopción son, en tecnología, (i) software, (ii) hardware, (iii) redes (computacionales); en procesos, (i) recursos (infraestructura física), (ii) actividades y flujos de trabajo (ej. definición de roles), (iii) productos y servicios ofrecidos, (iv) liderazgo y gestión (cualidades estratégicas y organizacionales); y en política, (i) preparatorio (capacitación), (ii) regulatorio (guías estándares y manuales), y (iii) contractual (definición de responsabilidades, riesgos y beneficios). Ver

[https://www.researchgate.net/publication/225088901\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_Maturity\\_Matrix](https://www.researchgate.net/publication/225088901_Building_Information_Modelling_Maturity_Matrix)

<sup>195</sup> Ver <https://planbim.cl/download/estudio-de-costos-relacionados-con-la-implementacion-de-metodologias-bim/?wpdmdl=2899> pág 25.

<sup>196</sup> Información proporcionada por DARQ el 02/07/2020. Los pares de proyectos corresponden a: obras de PDI, bibliotecas regionales, y establecimientos de bomberos.



### 5.3.2. CI

Al igual que en BIM, en construcción industrializada existe escasa evidencia nacional sobre el impacto en el desarrollo de la obra y en las etapas tempranas del desarrollo de un proyecto. La carencia de documentación significa una barrera relevante para la decisión de adopción de construcción industrializada para los mandantes, contratistas y especialidades de ingeniería y arquitectura, entre otros.<sup>197</sup>

Se ha reportado<sup>198</sup> que las mediciones tradicionales de costos no necesariamente incorporan algunos efectos particulares de CI. Es decir, no se documenta el costo/beneficio analizando todas las partidas ocultas (generación de escombros, reprocesos por revisiones de calidad, administración de recursos de bodega, entre otras), de esta manera, se realizará una comparación enfocada únicamente en costos directos. De realizar dicha comparación, el valor del costo de la construcción prefabricada podría ser mayor, no obstante, una vez aplicados estos factores descritos anteriormente, el ahorro tiende a ser significativo.

Tal como se ha comentado a propósito de la evidencia nacional sobre CI, parece existir un importante ahorro respecto de la menor emisión de residuos, pero que usualmente no se contabiliza en las mediciones estándares de desempeño de las obras: por ejemplo, para el análisis *ex post* que realiza MDS de la muestra de proyectos a la que le da seguimiento, usualmente se analizan plazos y costos respecto de aquello que fue contratado y contemplado originalmente, pero sin dar valorización a otros tipos de ahorros, tales como los de residuos.

Para reforzar lo anterior, algunos hallazgos de la Encuesta de Barreras de Industrialización<sup>199</sup> se refieren a las causas de haber tenido o experimentado dificultades para implementar sistemas industrializados por parte de empresas que prestan servicios tanto al sector privado como público. Entre ellas, se mencionan; (i) la falta de convencimiento de clientes, por falta de datos; (ii) la falta de interés del beneficiario/comprador; (iii) la incapacidad de validar el mayor costo directo de la solución industrializada; y (iv) la falta de indicadores previos para comparar con nuevos productos o propuestas que sean eficientes.

## 5.4. Causa 4: Costos implementación

Resulta natural pensar que implementar un producto o proceso implique un gasto con ello. Realizar adopciones tecnológicas no es una excepción. Para que la industria se dote de procesos más productivos, requiere invertir no solo en capital físico (o productivo), sino que también decidir producir bajo una nueva metodología que supone un gasto en reestructuración en la

---

<sup>197</sup> De acuerdo a representantes del Ministerio de Salud, la falta de información respecto del valor agregado de la prefabricación se constata como una barrera relevante (contacto 31/07/2020).

<sup>198</sup> Reportado por Cintac, 27/07/2020.

<sup>199</sup> Encuesta en desarrollo elaborada por el CCI, 2020.

forma de producción, coordinación, logística y por sobre todo, en el costo de oportunidad de ahorrar los recursos invertidos en industrializar los procesos o incluso invertir en algo más.

#### 5.4.1. BIM

En el caso de esta metodología, resaltan dos tipos de costos: costos materiales o directos, y aquellos asociados a cambios culturales y de modos de trabajo (costo de oportunidad asociado al cambio). Respecto de los costos directos, destaca la necesidad de adquisición de hardware y softwares, así como la capacitación de las personas asociadas a la organización. A modo de referencia, se ha reportado que gran parte de los recursos necesarios para implementar BIM se remiten a la adquisición de softwares, aspecto que ha sido indicado como una barrera de entrada relevante por más del 70% de los usuarios evaluados en la Encuesta Nacional de BIM,<sup>200</sup> y que compone alrededor de la mitad del costo de implementación de BIM en una empresa.<sup>201</sup>

Ahora bien, en específico, se realizará un breve análisis con base en la encuesta a consultores y contratistas MOP-Minvu realizadas por la Universidad de Chile y Copeval<sup>202</sup> respecto de la información de costos de implementación de BIM. Se debe considerar, tal como se señala en el mismo estudio, que el conocimiento acerca del costo que reporta la adopción de la metodología BIM aún es difuso, pues la “adopción es paulatina y circunstancial” (en efecto, solo el 14,8% de los encuestados proporcionó valores aproximados de costos de implementación). Lo mismo sucede con la medición de beneficios. La falta de evaluación económica suele ser un desincentivo mientras no se tenga completamente claro el aporte de la metodología, sumado a la inexistencia de estrategias e indicadores debidamente documentados para medir la rentabilidad y el costo de implementar soluciones industrializadas, tal como se señaló en la causa anterior.

Independiente de lo anterior, se ha reportado a nivel del estudio un costo promedio de implementación que varía por tamaño de empresa, en donde se reporta que los costos relativos de instalación de hardware son mayores en grandes empresas; y aquellos de softwares, los más onerosos en las pequeñas empresas. Lo anterior puede ser altamente relevante si se considera que alrededor del 87% de las empresas consultoras de MOP y Minvu<sup>203</sup> son catalogadas como pequeñas. Sin perjuicio de lo anterior, de todas formas se ha reportado que si una empresa pequeña ya cuenta con licencias de softwares de modelación de proyectos, el costo incremental de softwares BIM es menor (por ejemplo, pasar de usar AUTOCAD a REVIT cuesta \$60 USD adicionales por mes).<sup>204</sup>

---

<sup>200</sup> Universidad de Chile, 2019.

<sup>201</sup> En la encuesta de la Universidad de Chile y Copeval, <https://planbim.cl/download/estudio-de-costos-relacionados-con-la-implementacion-de-metodologias-bim/?wpdmdl=2899> pág. 130. La distribución de los gastos en los elementos clave para el modelo BIM, la descomposición es la siguiente: 50% en tecnología, 26% coordinación de proyectos, y 22% en honorarios (tal estimación es simplemente una percepción de quienes respondieron (15,8% de los encuestados) .

<sup>202</sup> Estudio de costos relacionados con la implementación de metodologías BIM (enero 2019).

<sup>203</sup> Más de 2.000 observaciones.

<sup>204</sup> Información obtenida a partir de sitio web de Autodesk.

Ver: <https://latinoamerica.autodesk.com/products?compare=acd&compare=rvt#>

Independiente de lo anterior, con base en un ejercicio simple realizado en función de los costos unitarios de software y capacitación en BIM,<sup>205</sup> se estimó el costo de implementación de la metodología para una empresa mediana. Considerando que la mediana de facturación de una empresa de tamaño medio es de 72.000 UF,<sup>206</sup> y tiene una utilidad de 4000 UF asumiendo un 5% de utilidad,<sup>207</sup> se tiene que la implementación de BIM equivaldría a alrededor de un 7% de las utilidades en un primer año si es que tal implementación se asocia a 10 personas de la empresa,<sup>208</sup> costo que debiese descender si es que se toma en cuenta que la inversión en capacitación se realiza una vez (por ejemplo, al 5% de las utilidades).<sup>209</sup> Si bien el costo proyectado en este ejercicio simple no es menor en términos relativos, de todas formas, en base a los beneficios anteriormente mencionados (en donde por ejemplo, se proyecta una ganancia de productividad de alrededor de 12%), tal inversión puede recuperarse.

Tal como se ha sugerido anteriormente, a tales costos de implementación hay que considerar elementos adicionales. Por ejemplo, surge también la necesidad de implementar mecanismos de interoperabilidad de estándares informáticos,<sup>210</sup> es decir, la adaptación necesaria de los softwares existentes de las empresas respecto de BIM. Se ha reportado una alta incertidumbre respecto a si los nuevos softwares son compatibles con las plataformas que la empresa utiliza, o si el software efectivamente tendrá la capacidad de solventar todo el diseño de los proyectos de la empresa. Esto implica costos de transacción adicionales en la elección del software.<sup>211</sup> Adicionalmente, en ocasiones las empresas deben considerar más de un software para la correcta implementación de BIM, pudiendo llegar a un total de 6, cada uno de estos con diferentes proveedores.<sup>212</sup>

Otro costo a considerar al momento de querer implementar BIM, es el costo de oportunidad. Respecto a esto, se tiene que BIM necesita un cambio significativo dentro de una organización. Se requieren cambios en los flujos de trabajo, prácticas y procedimientos. Se requiere inversión de conocimiento en estándares y protocolos BIM, capacitación en nuevas plataformas de

<sup>205</sup> En donde se asume en este caso que el hardware ya se posee.

<sup>206</sup> De acuerdo a información de ventas del Servicio de Impuestos Internos (año 2006), en donde se proyectaron las ventas a la actualidad utilizando las tasa de crecimiento anuales de la economía (de acuerdo a datos del Banco Mundial).

<sup>207</sup> Con base en el Servicio de Impuestos Internos (2006).

<sup>208</sup> Con base en la Encuesta Longitudinal de Empresas (5ta versión), se determinó que el valor mediano de trabajadores (excluyendo subcontratados) de una empresa de tamaño mediano, es de 34 personas. Considerando como ejemplo el caso de Minvu, en donde la capacitación en la organización se asocia a  $\frac{1}{3}$  de ésta, se consideró como ejemplo la implementación de BIM asociada a 10 personas.

<sup>209</sup> Para lo anterior, se consideraron los costos de softwares y capacitación de gama baja, de 21,9 UF por persona (software), y 35,18 por 5 a 6 personas (capacitación), con base en el Estudio de Costos Relacionados con las Metodologías BIM (2019). Cabe notar que, en el contexto de gradualidad de implementación de la metodología, se asumieron como relevantes los insumos de gama baja, aun cuando el mencionado estudio también cuantificó costos unitarios de acuerdos a calidades más elevadas de los insumos. Considerando los costos para gama media y alta, estos ascenderían a 11% y 21%, respectivamente.

<sup>210</sup> Ver [https://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan\\_BIM.pdf](https://www.cchc.cl/uploads/evento/archivos/Plan_BIM.pdf)

<sup>211</sup> Reportado por encuesta de Universidad de Chile y Copeval, con base en experiencia de empresas en Australia, Brasil, Estados Unidos y Reino Unido.

<sup>212</sup> Caso empresa Gardilcic, reportado el 20-03-2020. Softwares asociados: visualización, diseño, obras civiles (minerías), especialidad eléctrica, piping, planificación. Cabe mencionar que esta implementación pretende contar con BIM para diversos usos, incluyendo actividades de modelamiento en 3D, planificación y control de obras, y gestión de costos y abastecimiento.

software e inversión financiera para acceder a estas herramientas digitales. Esto puede ser un desafío y las organizaciones necesitan motivación suficiente para pasar por un período de cambio tan significativo, como la promesa de un trabajo adicional porque los clientes requieren BIM.<sup>213</sup>

De esta forma, el componente de “procesos” parece ser el aspecto más crucial, y el más costoso de implementar, de acuerdo con experiencia nacional<sup>214</sup> e internacional.<sup>215</sup> En efecto, al parecer las empresas chilenas se encuentran incluso más retrasadas en este aspecto,<sup>216</sup> que respecto de la adquisición de la tecnología.<sup>217</sup> Podría ser que la cuantificación del costo de implementación de cambios de procesos en las empresas, y las horas/tiempo que eso involucra, sea más difícil de valorar, por lo que se subestima este componente.

La importancia de este problema resalta al notar que la autoridad ha dispuesto de la “matriz de implementación/madurez BIM”,<sup>218</sup> que permite a los usuarios ingresar ciertos antecedentes sobre el uso de BIM en sus empresas, y la matriz, como respuesta, retroalimenta sobre el nivel de madurez de la empresa en la implementación de BIM (cuantificado desde 1 a 5), e incluso emite recomendaciones para futuras medidas de implementación. Es importante notar que este es un enfoque respecto de cómo la empresa implementa la metodología, más que a nivel de profesionales particulares. A modo de ejemplo de la dificultad asociada a la implementación del componente de procesos, destaca que Minvu, entidad que ha trabajado intensamente con Plan BIM desde 2017, a marzo de 2020 reflejó un avance de 9,78% con base en el diagnóstico de la matriz de implementación.<sup>219</sup>

Como evidencia indirecta adicional del problema, destaca la existencia de la Asesoría de Implementación en BIM de CTeC,<sup>220</sup> dedicada a acompañar a la empresa en su implementación de la metodología; así como también la “Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones” de BIM Forum Chile (2017),<sup>221</sup> de manera de fijar lineamientos y un símil de una “hoja de ruta” con la que las organizaciones pueden implementar BIM en sus procesos internos.<sup>222</sup> Asimismo, desde el punto de vista público, se tiene que la elaboración de los

---

<sup>213</sup> NBS National BIM Report, 2019.

<sup>214</sup> Proyecto diagnóstico de formación de capital humano en BIM, 2018, pág 69.

<sup>215</sup> Reportado también por encuesta de Universidad de Chile y Copeval, con base en experiencia de empresas en Australia, Brasil, Estados Unidos y Reino Unido.

<sup>216</sup> Obteniéndose un nivel 1, en escala de 1 a 5, en la encuesta realizada por la Universidad de Chile y Copeval.

<sup>217</sup> En concreto, respecto al factor (i) tecnología, a partir de la clasificación del nivel de avance en 5 categorías, se tiene que alrededor del 70% no responde (24%) o están en un estado inicial (46%), y que sólo un 15% se encuentra en un nivel más avanzado. Respecto al factor (ii) procesos, un 28% de las empresas no responden, y 60% están en un estado inicial (nivel 1). Finalmente, respecto de (iii) personas, 48% no responden, 36% están en un estado inicial (nivel 1), 8% y 7% en 2 y 3.

<sup>218</sup> Disponible en sitio web de Plan BIM.

<sup>219</sup> Información proporcionada por Minvu, el 07/04/2020.

<sup>220</sup> Ver <https://ctecinnovacion.cl/servicios/>

<sup>221</sup> Ver <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>

<sup>222</sup> En particular, se requiere que las empresas sigan una transformación que comprenda 3 estrategias clave: (i) Visión de BIM, (ii) Liderazgo de BIM dirigido y (iii) Implementación gradual.

mencionados TDR de cada organismo, a partir del levantamiento de procesos, es extenso e intensivo en recursos humanos, pudiendo durar alrededor de 2 años.<sup>223</sup>

#### 4.4.2. CI

Como se ha mencionado anteriormente de manera breve, uno de los costos más relevantes al momento de incorporar procesos de la CI se refiere al costo directo. Lo anterior se confirma ampliamente en la literatura, pues uno de los impedimentos más destacados para la implementación de la CI es la incertidumbre de costos, debido a que la industria se aferra a métodos y materiales clásicamente probados e históricamente usados, en lugar de aplicar, usar y desarrollar otros nuevos. Además, la literatura y la academia evidencian ampliamente en sus hallazgos que el costo de implementar métodos industrializados es uno de los factores más reiterados.<sup>224</sup>

Al respecto, como referencia se tiene que el costo directo de la obra gruesa de una casa construida con elementos prefabricados puede ser hasta un 13% mayor. Sin embargo, y asociado a la causa 3 del problema, destaca que la existencia de ahorros (de alrededor del 10%<sup>225</sup>) a nivel total del proyecto refleja lo positivo del uso de esta innovación, beneficios además, asociados a ahorros en tiempo, re-trabajos y modificaciones, calidad e impacto ambiental, bajo la importancia de considerar el ciclo total de vida del proyecto. A nivel internacional,<sup>226</sup> se muestra que el hormigón y el acero utilizados en los componentes prefabricados típicos fueron responsables del 26% al 60% del costo total, y tal costo incremental promedio está altamente correlacionado linealmente con la tasa de prefabricación.

Otro aspecto a destacar es cómo el timing del costo directo incide en barreras de entrada para aquellos que implementan CI, por cuanto se ha señalado que el nivel de inversión inicial a nivel de un proyecto con elementos industrializados es muy superior al caso de un proyecto tradicional. Esto ocurre dada la adquisición de materiales y los encargos de gran envergadura a las empresas proveedoras de los materiales y/o módulos.<sup>227</sup> Esto constituye una barrera relevante al considerar, por ejemplo, la existencia de mayores riesgos financieros para el

---

<sup>223</sup> De acuerdo a Dirección de Arquitectura (contacto 17/12/2019) y MINVU (contacto 03/08/2020). En este último caso, este tiempo está contemplado entre el inicio del levantamiento de procesos, y el lanzamiento oficial de pilotos.

<sup>224</sup> Ver: Sutrisna, Monty, Cooper-Cooke, Barry, Goulding, Jack and Ezcan, Volkan (2019) Investigating the Cost of Offsite Construction Housing in Western Australia. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 12 (1). pp. 5-24. ISSN 1753-8270.

Ver: <http://nrl.northumbria.ac.uk/id/eprint/34533/1/Goulding%20-%20Investigating%20the%20Cost%20of%20Offsite%20Construction%20Housing%20in%20Western%20AA%20M.pdf>

<sup>225</sup> Experiencia de constructora Baumax, según lo reportado por Fundación Chile (2020)

<sup>226</sup> Hong et. al (2018)

Ver: <http://ira.lib.polyu.edu.hk/handle/10397/70329>.

<sup>227</sup> Solo a modo referencial, se ha reportado que para la construcción de casas, el anticipo asociado a construcción tradicional es de alrededor de 15%, pero en el caso prefabricado, cerca de 40% (CCI, 30/07/2020). Similar situación ha reportado Baumax (27/07/2020) al señalar que los anticipos estándares son muy limitados al considerar que con CI se tiene que adelantar el gasto de manera importante.



contratista (por ejemplo, en términos de crédito), y consecuentemente se puede traducir en que el privado realice una oferta más onerosa al momento de participar en un concurso.

De acuerdo con la Encuesta de Barreras de Industrialización<sup>228</sup> también se menciona en relación a los costos de implementación que; (i) se requiere de mano de obra profesionalizada; (ii) un cambio de filosofía empresarial al interior de la empresa; y (iii) gastos considerables en pilotos para el desarrollo de maquinaria e implementación de la línea de producción. Lo anterior refleja fuertemente la necesidad de reformular la cultura interna como un alto costo de oportunidad frente al riesgo asociado a las soluciones industrializadas al momento de la implementación.

Finalmente, relacionado con lo anteriormente mencionado, se ha señalado por las empresas que una barrera relevante la constituyen los problemas de coordinación entre proveedores, contratistas y mandantes,<sup>229</sup> por lo que además del costo directo, aumentan los costos logísticos para las empresas de manera significativa. En la práctica, esto es un reflejo de la necesidad de coordinación entre mandante, contratista, y proveedores, cuestión señalada incluso a nivel de países con experiencia internacional relevante en la materia, como Malasia, en donde se implementó la política de requerir al menos en un 70% de todas las obras públicas el uso de elementos de construcción industrializada para hacer frente a la baja demanda de estos componentes,<sup>230</sup> y así conseguir un aumento de la capacidad de los proveedores. Teóricamente, esto traería consigo una disminución de costos de estos elementos a mayor escala de producción, debido a que el costo fijo de la adopción tecnológica por producción disminuiría frente al aumento de esta.<sup>231</sup>

---

<sup>228</sup> Encuesta en desarrollo elaborada por el CCI, 2020.

<sup>229</sup> Reportado por Cintac, 27/07/2020.

<sup>230</sup>

Ver

[https://www.iaarc.org/publications/fulltext/The\\_adoption\\_of\\_Industrialised\\_Building\\_System\\_\(IBS\)\\_construction\\_in\\_Malaysia\\_The\\_history\\_policies\\_experiences\\_and\\_lesson\\_learned.pdf](https://www.iaarc.org/publications/fulltext/The_adoption_of_Industrialised_Building_System_(IBS)_construction_in_Malaysia_The_history_policies_experiences_and_lesson_learned.pdf)

<sup>231</sup> Un aspecto muy particular que se ha destacado como una barrera relevante, que se puede traducir en mayores costos, son las posibles restricciones de movilización, relacionadas con el transporte de los elementos industrializados, considerando que pueden exceder los límites de peso y geometría (dimensiones). Es posible que deba requerirse autorización especial frente a casos de sobrepeso o sobredimensión, requiriendo por ejemplo, transporte en camiones o equipos especiales. En definitiva, un costo adicional respecto de la CI se da en la realización de “estudios de ruta, análisis de resistencia de puentes, planificación de escoltas policiales (...)”, además de solicitar permiso a la Dirección de Vialidad (“Autorización para que vehículos con sobrepeso y/o sobredimensión circulen por un camino público”) (ver <http://hormigonaldia.cl/recomendaciones-tecnicas/planificacion-y-montaje-de-obras-prefabricadas/>; <http://www.vialidad.cl/productosyservicios/Paginas/Autorizacion-Sobrepeso-Sobredimension.aspx>).

Documento en revisión, no citar

## 6. Anexos

### 6.1. Anexo 1: Iniciativas públicas para fomentar la implementación de BIM en la construcción

#### *Australia*<sup>232</sup>

En este país, la Comisión de Productividad Nacional señaló, respecto a la necesidad de intervención del Estado, que efectivamente existían fallas de mercado que sugerían la intervención estatal. Por ejemplo, altos costos –barreras de entrada– para desarrollar protocolos y estandarizaciones, y asimetrías de información (baja evidencia de beneficios, precisamente porque no muchas empresas utilizan BIM; aunque en este caso tal falla se considera mucho menos relevante en comparación a la primera, dada la existencia de experiencia internacional al respecto). De esta forma, se determinó que el Estado debía (i) facilitar el desarrollo de estándares comunes y protocolos –en consulta con los privados–, y (ii) contemplar en los términos de referencia para el uso de estas metodologías, consejo detallado para los servicios públicos respecto del desarrollo de BIM.

En concreto, el año 2016 Infrastructure Australia recomendó que la solicitud de BIM fuera obligatoria para los mandantes públicos asociados a proyectos de infraestructura complejos y de gran escala,<sup>233</sup> con un enfoque en el desarrollo de estándares de información y guías de adopción de la metodología. Sin perjuicio de la existencia de esta recomendación, existe una importante institucionalidad en BIM, que se enfoca tanto en el sector público como el privado, y la academia. Una de las entidades destacadas es el Australasian BIM Advisory Board, instancia público-privada con el objetivo de (i) crear lenguajes, y estándares y/o formatos para todos aquellos involucrados en la construcción, y (ii) asegurar la consistencia en el uso de estándares a lo largo de todo el territorio nacional.<sup>234</sup> Organismos relacionados son el Australasian Procurement and Construction Council, asociado a generar y promover ideas innovativas en materia de construcción, y que se asocia con el consejo anterior.<sup>235</sup> Otras entidades destacadas son la mencionada Infrastructure Australia, agencia pública que da consejo al gobierno, la industria y la comunidad, respecto de las inversiones y reformas necesarias para la provisión de infraestructura,<sup>236</sup> institución que ha destacado BIM como una herramienta que puede mejorar la productividad.<sup>237</sup>

#### *Estados*

#### *Unidos*

En Estados Unidos, la implementación de la metodología se da en un contexto de iniciativa

<sup>232</sup> Ver [https://www.pc.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf](https://www.pc.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/137282/infrastructure-volume2.pdf)

<sup>233</sup> Ver [https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/2019-06/Australian\\_Infrastructure\\_Plan.pdf](https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/2019-06/Australian_Infrastructure_Plan.pdf)

<sup>234</sup> Ver <http://www.abab.net.au/>

<sup>235</sup> Ver <https://www.apcc.gov.au/about-us>

<sup>236</sup> Ver <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/what-we-do>

<sup>237</sup> Ver <https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/2019-08/Australian%20Infrastructure%20Audit%202019.pdf> pág. 235.

gubernamental que comenzó en el 2003 para la aplicación de BIM en el sector de edificación pública, cuando la General Services Administration (GSA) a través de los Public Building Services (PBS), estableció un programa 3D/4D/BIM que publica algunas líneas guía para la industria de la construcción.

A diferencia de otros países, en EE. UU., en lugar de un estándar nacional, varias grandes agencias federales han implementado mandatos BIM, algunos de los cuales, como los adoptados por la GSA en 2003 y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos poco después, han contribuido a la adopción de BIM en todo el país.<sup>238</sup> En general, Estados Unidos no tiene regulaciones a nivel nacional que exigen el uso de la tecnología BIM para proyectos de construcción del gobierno, pues no sería práctico implementar una solución única para una economía de la construcción tan grande y diversa como la de Estados Unidos.

Por otro lado, a pesar de que no existe un mandato federal para el uso de BIM en todos los proyectos de construcción del gobierno, muchas agencias gubernamentales pueden beneficiarse de requisitos y estándares consistentes y comunes. Por ejemplo, el 2007 se elaboró el Estándar Nacional BIM de Estados Unidos (NBIMS-USA), que se ha utilizado en toda la industria en proyectos públicos y privados desde su lanzamiento en 2007 por la alianza buildingSMART, tiene el objetivo de proporcionar consistencia para BIM en los Estados Unidos. La última versión, lanzada en 2015, cubre la planificación y el diseño a través de la construcción y las operaciones durante todo el ciclo de vida de un edificio.

### ***Alemania***<sup>239</sup>

En Alemania, BIM nació como una iniciativa pública cuando el gobierno alemán, denominando al sector público como uno de los clientes más importantes de la construcción, comenzó a liderar e impulsar el cambio cultural en temas de modernización digital para la construcción. El gobierno mediante el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital lanzó el año 2015 una hoja de ruta (Road Map for Digital Design and Construction) para establecer el diseño y la construcción digital. Esta “Hoja de ruta” para la planificación y construcción, debía establecer a BIM como el nuevo estándar para proyectos de infraestructura de transporte y telecomunicaciones desde el 2020.

El Road Map tuvo una primera fase de inicialización (2015-2017) que tiene como objetivo estudiar las mejores condiciones para la implementación de BIM en grandes proyectos de infraestructura, el marco legal y técnico, la estandarización, las estrategias a adoptar para el funcionamiento BIM y el desarrollo de cuatro proyectos piloto.

Luego de la fase de inicialización, seguía la “fase piloto” (2017 – 2020), que tenía por objetivo recopilar las experiencias más exhaustivas en el uso práctico de BIM, durante la planificación y construcción, desarrollar más proyectos piloto (20 más) y monitorear constantemente aquellos que ya comenzaron. También se buscaba el desarrollo de pautas,

<sup>238</sup> Ver <https://www.constructiondive.com/news/the-us-has-no-bim-mandate-does-it-matter/568362/>

<sup>239</sup> Ver [https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/road-map-for-digital-design-and-construction.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/road-map-for-digital-design-and-construction.pdf?__blob=publicationFile)

listas de verificación y muestras para la implementación de BIM en proyectos futuros, proporcionar aclaraciones sobre los aspectos legales y reglamentarios y el desarrollo de bases de datos para facilitar el trabajo con BIM.

Finalmente, la fase final del Road Map (fase de aplicación) comenzaría a partir de 2020, (régimen de implementación completa), donde la tecnología BIM será obligatoria y deberá aplicarse regularmente, durante la planificación y realización de grandes proyectos en áreas de transporte e infraestructura pública.

Fuente: Elaboración propia con base en fuentes citadas.

BORRADOR