



Etapa de implementación
en la que se encuentran
todas las instituciones
públicas evaluadas

Propuesta para la implementación de la metodología BIM en los proyectos de obra pública de Costa Rica

Capacidad 3
Integrado

Capacidad 2
Colaborativo

Capacidad 1
Modelado



Proposal for the implementation of BIM methodology in public works projects of Costa Rica

Mauricio Carmona Zúñiga

Estudiante Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
mauricio.carmonazuniga@ucr.ac.cr

Erick Mata Abdelnour

Profesor Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
eric.mata@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 10 junio 2020 / Fecha de aprobación: 10 diciembre 2020

Índices y Bases de Datos:



Políticas de Uso:



Revista Métodos y Materiales por LanammeUCR se distribuye bajo: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. ISSN electrónico: 2215-4558

Propuesta para la implementación de la metodología BIM en los proyectos de obra pública de Costa Rica

Proposal for the implementation of BIM methodology in public works projects of Costa Rica

Mauricio Carmona Zúñiga

Estudiante Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
mauricio.carmonazuniga@ucr.ac.cr

Erick Mata Abdelnour

Profesor Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
eric.mata@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 10 junio 2020 / Fecha de aprobación: 10 diciembre 2020

RESUMEN

El "Modelado de la Información en la Construcción" (BIM, por sus siglas en inglés) es una nueva metodología que ha tenido una creciente difusión en los últimos años dentro de Costa Rica. No obstante, esta difusión ha generado esfuerzos aislados, principalmente del sector privado. Se realizó un análisis de la situación costarricense para conocer las capacidades actuales del país en el uso de la metodología BIM, para esto se realizaron entrevistas distribuidas entre los sectores público, privado y académico; las cuales fueron empleadas en conjunto con los modelos de "Punto de Adopción" y "Componentes de Macro-Madurez" desarrollados por Succar y Kassen (2016). Esto permitió conocer el punto de inicio para implementar la metodología BIM a nivel nacional y desarrollar una serie de tareas para implementar la metodología BIM en el país que fueron validadas por un comité de expertos. El producto de este trabajo es una hoja de ruta del proceso de adopción para la incorporación de la metodología BIM, durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación de la obra pública en Costa Rica, como herramienta para mejorar la gestión de proyectos constructivos. La implementación de la metodología BIM podría mejorar el manejo y la transparencia de la información dentro de los proyectos de obra pública de manera que se pueda desarrollar un análisis más completo durante las etapas de diseño, una ejecución más eficiente en la parte constructiva y una transparencia y trazabilidad de la información para fortalecer la confianza en los proyectos de inversión por parte de las instituciones estatales. Adicionalmente, la metodología BIM brinda herramientas innovadoras que permiten planificar y gestionar de mejor manera el mantenimiento de las obras de infraestructura en el país.

Palabras clave: BIM, estándar, hoja de ruta, implementación, matriz de madurez, metodología, modelo, proceso.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a new methodology that has been growing in recent years within Costa Rica. However, this diffusion has generated isolated attempts, mainly from the private sector. In order to the current capability of the country in the use of the BIM, some interviews were distributed among the public, private and academic sectors; which were used in conjunction with the "Adoption Point" and "Macro-Maturity Components" models developed by Succar and Kassen (2016). This permitted to understand the starting point of a potential implementation of the BIM methodology at the national level and develop a series of tasks to implement the BIM methodology in the country. The product of this work is a roadmap for the incorporation of the BIM methodology, during the planning, design, construction and operation phases of public works in Costa Rica, as a tool to improve the management of construction projects. This roadmap was validated by a committee of experts who have extensive knowledge about the current situation at the national level. The product of this work is an adoption process or roadmap for the incorporation of the BIM methodology during the planning, design, construction and operation phases of public works in Costa Rica as a tool to improve the management of construction projects. The implementation of the BIM methodology could improve the management and transparency of information within public projects allowing more complete analysis during the design stages, a more efficient execution in the constructive stage, and transparency and traceability of information to strengthen confidence in investment projects by the state institutions. Additionally, the BIM methodology provides innovative tools that allow better planning and managing the maintenance of infrastructure works in the country.

Keywords: BIM, implementation, maturity matrix, methodology, model, process, roadmap, standard.

1. INTRODUCCIÓN

Según Villalobos (2017) la construcción costarricense se ha caracterizado por un rezago en el desarrollo de obra pública, generando grandes necesidades de inversión en dicho campo. En la búsqueda de soluciones a tal problemática, diversas entidades como EUBIM TaskGroup han planteado un cambio en la gestión de los proyectos en el área de construcción permitiendo la incorporación de nuevas tecnologías que faciliten el manejo y la transmisión de la información. Un ejemplo es la metodología para la Modelación de la Información en Construcción o BIM (Building Information Modeling, por sus siglas en inglés).

En Costa Rica, la adopción de la metodología BIM ha venido creciendo de manera gradual pese a la dificultad que representa abandonar los paradigmas actuales dentro del campo de la construcción. Por ejemplo, destaca el “BIM Forum Costa Rica” comisión de la Cámara Costarricense de la Construcción conformado en el 2017, así mismo es importante mencionar la serie de investigaciones desarrolladas por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica con énfasis en la fase de preconstrucción. Entre los primeros trabajos, destaca la detección temprana de interferencias con el uso de herramientas BIM (Vargas, 2015). Posteriormente, las investigaciones continuaron con la cuantificación de los diferentes elementos de diseño propuestos por parte de todos los diseñadores involucrados en un proyecto habitacional (González, 2015), así como la implementación de la tecnología BIM para mejorar la planificación de un proyecto constructivo (Chonkan, 2016).

Por otra parte, a nivel mundial la tecnología BIM ha avanzado con mayor amplitud. Por ejemplo, en Europa, países como: Inglaterra, España, Alemania, Francia, Italia, Escocia, Suecia, entre otros; ya han desarrollado un manual (EUBIM, 2018) para la introducción de la metodología BIM, asimismo, con el impulso de la Unión Europea han surgido grupos como “BIM-Community (2016)” y “buildingSMART” que buscan transmitir información sobre las investigaciones realizadas en los diferentes países.

De igual forma, otros países han iniciado un proceso de adaptación como lo es el caso de Japón, Canadá, Estados Unidos y Corea del Sur, en el cual se pretende generar determinadas destrezas de manera que el ambiente laboral pueda acoplarse de forma paulatina a las nuevas características sin que haya resistencia al cambio y, por ende, una afectación al proceso de implementación de la metodología BIM. En Latinoamérica, los países que han empezado a trabajar en el tema son Chile, Brasil, México, Argentina, Uruguay y Perú;

siendo Chile el principal promotor de BIM en la región a través del “BIM Forum Chile”. Este foro busca compartir información para apoyar la difusión de la tecnología dentro de la industria de la construcción. Cabe mencionar el trabajo de Saldías (2010) “Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM”, donde se analizaron los beneficios que, mediante una metodología BIM implementada, hubiesen obtenido dos constructoras diferentes en Chile en la ejecución de sus proyectos. Con respecto a este último punto, destacan entre los beneficios el ahorro de obras extra, así como de atraso producto de una mala planificación de los recursos, cambios en el diseño, entre otros. También deben indicarse, dentro de los beneficios, la detección temprana de requerimientos de información en etapas iniciales de la construcción y una forma de trabajo más colaborativa, integrada y eficaz, en contraste con los métodos tradicionalmente utilizados.

La finalidad de este trabajo consistió en determinar el nivel de madurez que posee Costa Rica en el uso de la metodología BIM para así establecer un proceso de adopción u hoja de ruta que permita la incorporación de dicha herramienta durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación de la obra pública en el país. Lo anterior se puede lograr con una mejora en la productividad de los procesos y en la gestión de la información que son la principal ventaja de la metodología BIM. Esto con el propósito de apoyar el desarrollo de proyectos de infraestructura y el mejoramiento de la gestión en el área de construcción, así como evidenciar la importancia de llevar un liderazgo dentro del proceso de implementación de la metodología por parte de las instituciones involucradas en los proyectos de obra pública, tal y como lo señala el grupo de trabajo de la Unión Europea EUBIM (2018).

2. METODOLOGÍA

La primera parte de esta investigación consiste en la síntesis de los conceptos que comprenden la metodología BIM, para tener una idea clara sobre los beneficios y las diferencias que ésta tiene sobre las metodologías tradicionales. De manera complementaria, se exponen los conceptos de un marco de referencia sobre una metodología que estudia la implementación del BIM y la matriz de madurez, así como una breve descripción de los acontecimientos en los diferentes países. Seguidamente, se expone la forma en la que se llevan a cabo los proyectos de obra pública, observando sus circunstancias y características. Con base en ambas líneas de investigación, se elaboran dos herramientas de medición que permitan identificar las capacidades, madurez y las opiniones de distintos actores dentro del sector público, privado y la academia. Para abordar las opiniones sobre los riesgos y los

beneficios del uso de esta metodología en los proyectos de obra pública, se realiza un análisis FODA en el cual los parámetros a considerar son: los recursos humanos, materiales, tecnológicos y económicos, entre otros.

En una segunda etapa, se presenta información sobre la planificación de las instituciones gubernamentales en materia de obra pública. Seguidamente, se realizan entrevistas semiestructuradas, de manera personal, previamente definidas tomando como unidades de análisis, en el caso de las instituciones públicas, las áreas involucradas en el desarrollo de obra pública y, en el caso del sector privado, los profesionales que hayan participado en proyectos donde se aplicaron conceptos de la metodología BIM. Las entrevistas se realizaron en el Gran Área Metropolitana, además, la muestra es de tipo no probabilística y es escogida por conveniencia de la investigación por ser personas con experiencia o conocimiento sobre el tema, así como, en el caso de instituciones, contar con mayor peso dentro de las inversiones de infraestructura, basándose en la cantidad de proyectos que realizan y el costo de éstos. Por otro lado, en el caso de las unidades académicas, se consideraron aquellas que forman profesionales en el campo de la construcción como ingenieros civiles y arquitectos, y que puedan incorporarse en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Seguidamente, tras el procesamiento de las entrevistas, se obtiene una base de información que permite determinar el nivel de madurez en el uso de las metodologías BIM para dichos sectores.

En la fase de propuesta, se formula un mapa de ruta que consiste en el desarrollo de las actividades generales para impulsar la generación de las capacidades dentro de los flujos de trabajo BIM, con el fin de alcanzar el nivel de madurez deseado. Finalmente, se busca el análisis del mapa de ruta mediante la selección de un grupo de profesionales con experiencia en proyectos de obra pública y en materia de BIM.

3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. BIM A Nivel Mundial

La necesidad de mejorar la eficiencia en la construcción de obras de infraestructura ha sido de gran importancia para el crecimiento de la sociedad, ya que, con la ayuda de la construcción, se crea la infraestructura necesaria para generar una gran cantidad de empleos y por ende la estimulación de la economía (Arreola, 2018).

Para entender mejor el concepto de lo que realmente es BIM, sus beneficios y la necesidad de cambiar la forma

en cómo se desarrollan los procesos de construcción; se debe entender de donde surgió esta nueva metodología y como se ha desarrollado en otros países. La expansión de esta nueva metodología alrededor del mundo se debe al surgimiento del interés en países como EE. UU, Canadá, Reino Unido, Alemania y Francia. Entre los esfuerzos para su implementación destaca el caso de los Estados Unidos, donde el Servicio General para la Administración (GSA) estableció en 2003 el “National 3D-4D-BIM Program” para promover la adopción del BIM en todos los proyectos públicos. Asimismo, cabe mencionar los esfuerzos realizados por Reino Unido para mejorar la construcción de infraestructura pública en 2011, concretamente con el plan “BIM Level 2”.

Como consecuencia del creciente uso de la metodología BIM, se han empezado a desarrollar estándares internacionales. Por ejemplo, en junio del 2018 se anunció el lanzamiento de las BS EN ISO 19650: Organización de la Información sobre los Trabajos de Construcción – manejo de la información utilizando Building Information Modeling. Dicho estándar será dividido en varias partes, las primeras dos que son “Conceptos y Principios” y “Fases de entrega de los activos” van a reemplazar los estándares británicos BS 1192 y PAS 1192 parte 2 (The British Standard Institute, 2018).

En el caso de la región latinoamericana, Chile es el país que ha dado los mayores avances en el uso de BIM. Lo anterior se ha visto reflejado con la creación de organizaciones como el PlanBIM Chile, que forma parte de un plan estratégico para su implementación en los proyectos de obra pública. Dentro de los objetivos de dicho plan destacan el aumento en la productividad, competitividad y calidad de la industria de la construcción, así como el mejoramiento de la predictibilidad, costos y transparencia de la información (Soto, 2016).

Otro aspecto que ha tomado gran relevancia es el surgimiento de herramientas de software desarrolladas en aras de facilitar el trabajo diario de los distintos actores dentro de los proyectos de construcción. Es importante mencionar que la mayoría de los softwares poseen la capacidad de trabajar en un formato universal denominado Industry Foundation Clases (IFC) que pretende el trabajo de manera colaborativa entre los usuarios, sin importar la herramienta que usen (Montenegro, y otros, 2018).

Para realizar un análisis de la situación de BIM en Costa Rica, se decidió utilizar una metodología que permita evaluar la condición actual. Con este fin, se utilizó el modelo del Punto de Adopción (PoA por sus siglas en inglés) (Succar y Kassem, 2015). En la Figura 1, se puede observar cómo dicho modelo engloba la capacidad y la madurez en el uso de la metodología BIM y permite conocer el camino que debe seguir Costa Rica para implementarla.

Para comprender el modelo PoA es preciso conocer cada una de las capacidades que se deben desarrollar en el proceso de adopción para la metodología BIM.

- **Estatus de Pre-BIM:** Se realizan las primeras investigaciones y pruebas de concepto. Los proyectos se basan en el uso de una documentación en 2D para representar y desarrollar los procesos constructivos. Inclusive, puede ser que se desarrollen modelos en 3D como apoyo visual.
- **Modelado basado en objetos:** Se da la incorporación de software para la generación de modelos paramétricos en 3D, los cuales son utilizados exclusivamente en una sola fase de la construcción. Se da el desarrollo de modelos arquitectónicos y de modelos para la fabricación del sistema electromecánico, así como de documentación en 2D de manera automática.
- **Modelado colaborativo:** Los diferentes actores empiezan a relacionarse entre sí, realizando intercambios de información dependiendo de las herramientas de software que se utilicen, al compartir los modelos o partes de los modelos entre herramientas de la misma marca o mediante archivos del tipo IFC.
- **Integración basada en la red:** Se desarrollan modelos gracias a la ayuda de herramientas tecnológicas. Los modelos comienzan a tener un carácter interdisciplinario, además la comunicación es sincrónica, colaborativa y gira en torno a un modelo unificado, extenso y compatible.

Esto genera que las fases del ciclo de vida se traslapen todavía más al punto en el que el proceso parece unificado, como se puede apreciar en la Figura 1. Se debe aclarar que, para alcanzar esta etapa, es necesario obtener un nivel de madurez adecuado en el área tecnológica que permita una comunicación bidireccional entre las partes.

Existen otros aspectos que complementan a las capacidades BIM descritas anteriormente, como lo son la velocidad con la que se trabaja o la calidad de los trabajos. Sin poder realizar una medición de las habilidades anteriores, no sería posible diferenciar entre los actores que tengan una verdadera habilidad con aquellos que no brindan un servicio de calidad. Ante tal situación, un modelo de madurez permite detectar los distintos puntos de mejora para aumentar los avances y la eficiencia en el uso del BIM. Los 5 niveles de madurez que propone el marco de referencia con el que se está trabajando son:

- **Nivel de madurez "a" (Inicial o Ad-hoc):** No hay una estrategia para la implementación del BIM, además de que no existen procesos ni políticas definidas. El uso de las herramientas de software para BIM no está sistematizado, además de carecer de una preparación adecuada.
- **Nivel de madurez b (Definido):** La visión general de la implementación BIM es impulsada por el sector gerencial de la organización. Se realiza una documentación de los procesos y las políticas que se desarrollan, se reconocen las nuevas formas de trabajo y se reconocen las nuevas oportunidades del BIM, sin aprovecharlas. Surge una mayor competitividad y productividad del personal, aunque es impredecible.

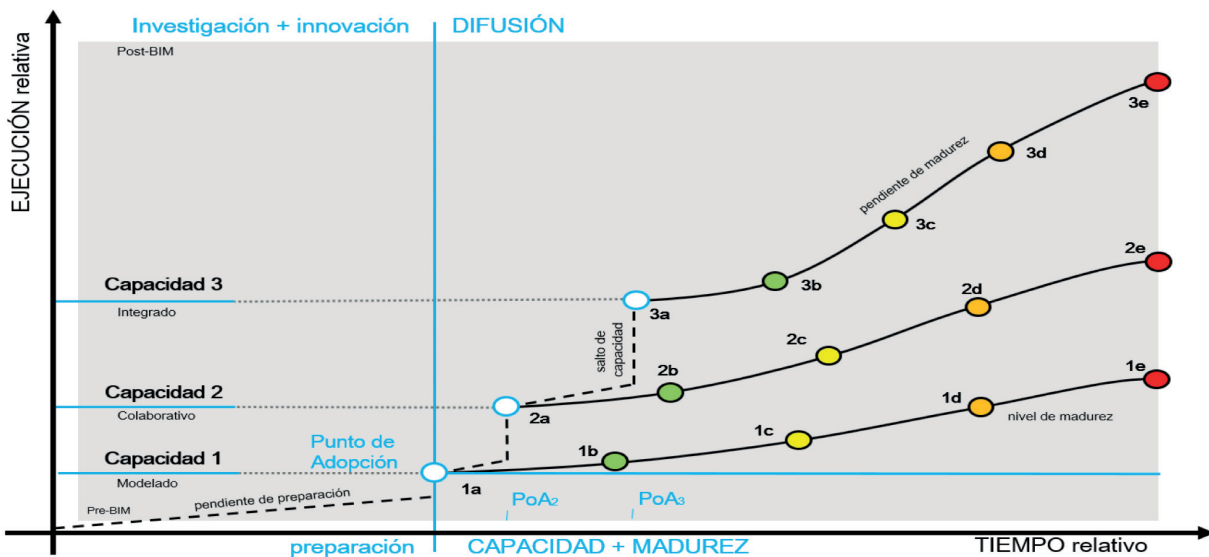


Figura 1. Representación gráfica del modelo del PoA

Fuente: (Succar et al., 2016)

Modificado por autor

- **Nivel de madurez c (Manejado):** La estrategia de implementación BIM se planifica con acciones concretas que serán monitoreadas al mismo tiempo que la mayoría de los empleados comprenden la visión que tiene la empresa con el desarrollo de esta metodología. Se reconoce el cambio que trae el BIM en la tecnología, la política y los procesos dentro de la industria.
- **Nivel de madurez d: (Integrado):** La implementación del BIM, así como sus requisitos y el desarrollo de innovación están integrados dentro de los canales estratégicos, organizacionales y de comunicación dentro de la empresa. Se desarrolla un plan estratégico para la selección de software y hay una buena sincronización de los modelos de los proyectos, los cuales están estrechamente relacionados con los procesos de negocio. Además, la productividad es completamente estable y predecible.
- **Nivel de madurez e (Optimizado):** Se ha interiorizado la visión del BIM dentro de la organización. Se realizan inspecciones y auditorías periódicamente para revisar y ajustar las estrategias de implementación BIM en los proyectos. Las modificaciones en los procesos o las políticas se realizan de manera proactiva, así como revisiones para asegurar la calidad de los procesos, productos y servicios.

3.2. Diagnóstico De La Situación En Costa Rica

El diagnóstico del estado actual de las capacidades BIM en Costa Rica se efectuó mediante 41 entrevistas realizadas desde diciembre del 2018 hasta marzo del 2019. Para la realización de dicha entrevista se buscaron representantes de instituciones públicas, sector privado y la academia, esto con el fin de adquirir un panorama general sobre los esfuerzos que se están realizando para la adopción del BIM en los proyectos constructivos del país.

Adicionalmente, se tuvo acceso a los resultados de una encuesta que realizó el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos la cual estuvo dirigida a todos sus agremiados y que respondieron 827 personas. En dicha encuesta se pudieron apreciar resultados acordes a los obtenidos en esta investigación, reafirmando los resultados obtenidos en las entrevistas llevadas a cabo.

En los estudios realizados, se observa que los profesionales que se dedican a las labores académicas coinciden en la importancia de formar profesionales en las áreas de

construcción en atención a los avances en la tecnología; y en este caso la metodología BIM forma parte de los recursos que tendrían los estudiantes para la solución de problemas y para llevar a cabo sus trabajos. Los primeros intentos para incluirla han sido esfuerzos puntuales de algunos profesores mediante charlas introductorias en cuanto a los conceptos básicos de la metodología, sin embargo, estos intentos no han sido definidos dentro de un marco de trabajo planificado y estandarizado. Esto se puede reflejar en el hecho de que menos del 30% de las 11 escuelas de ingeniería y arquitectura entrevistadas contaban con lineamientos para integrar esta metodología en los programas de estudio.

Por otro lado, el sector privado es el que cuenta con mayor experiencia en BIM y le da apoyo al sector público. Un ejemplo de esto es la conformación del BIM Fórum por parte de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), el cual ha colaborado con la Oficina de la Primera Dama para la elaboración de un PlanBIM Costa Rica, así como en la capacitación de profesionales en el campo de la construcción.

En la Figura 2, se muestran los resultados generales al aplicar el modelo del punto de adopción con la ayuda de las entrevistas realizadas. En el modelo se muestra una comparación entre la moda para cada uno de los estados de capacidad y la estimación las capacidades que pueden desarrollar la mayoría de las empresas encuestadas. De manera conservadora, se consideró que las características generales se debían adaptar a las capacidades de la mayoría simple.

Como se puede observar ya el sector privado pasó la etapa Pre-BIM, obteniendo capacidades mínimas dentro de las tres etapas que presenta el marco de referencia. Inclusive han desarrollado su madurez en las etapas de modelado y colaboración, siendo la primera la que más madurez ha ganado.

Describiendo algunas de las características encontradas, la mayoría de las empresas evaluadas ya han acabado sus proyectos piloto. Además, han integrado los campos de la tecnología, los procesos y, en menor medida, las políticas de la metodología BIM dentro de sus estrategias organizacionales y objetivos de negocio. De hecho, algunos de los entrevistados indicaron que BIM se ha empezado a usar en las estrategias de marketing por la creciente popularidad.

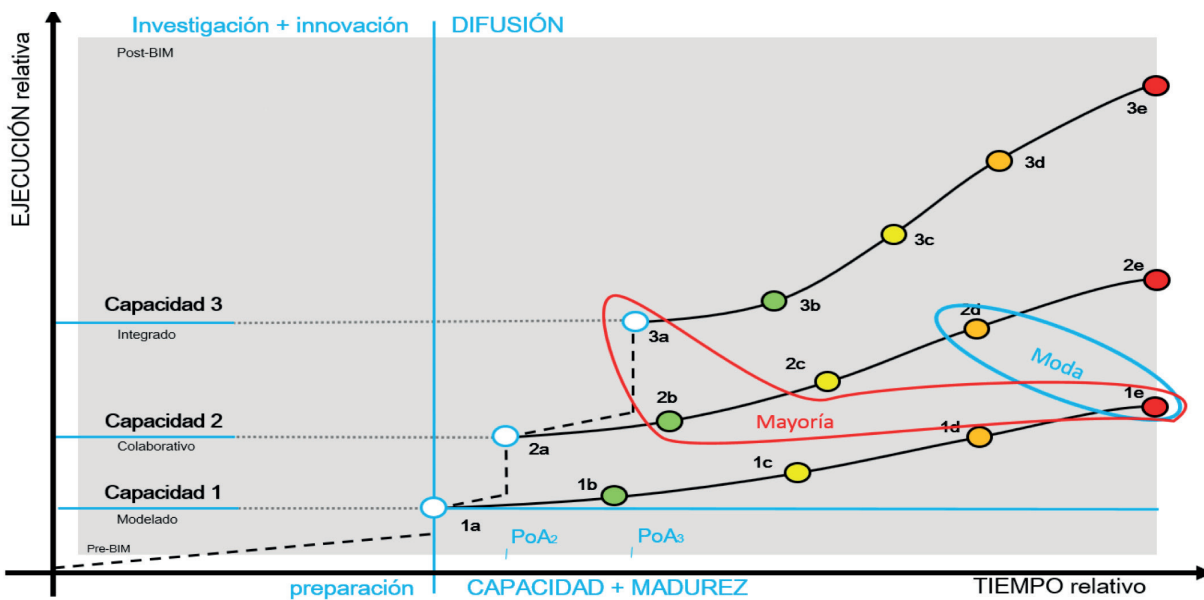


Figura 2. Resultado del modelo del punto de adopción para el sector privado.

Modificado por autor

En relación con aspectos colaborativos, se empezaron a desarrollar trabajos conjuntos mejorando la confianza y el respeto mutuo entre los actores involucrados. La colaboración es reactiva, principalmente solicitada por empresas constructoras o arquitectos, que son las que han visto mayor beneficio.

Como se mencionó con anterioridad, el sector apenas está dando sus primeros pasos en la etapa de integración. Actualmente los modelos son desarrollados por un limitado grupo de participantes utilizando guías y estándares no predefinidos (la mayoría estadounidenses) y en algunos casos falta detallar cuales son las funciones y responsabilidades de los participantes.

Al tener desarrolladas las capacidades en el uso de BIM se analizó la madurez en los campos de las tecnologías, los procesos y las políticas como se puede observar en la Figura 3. Con respecto a las tecnologías, la mayoría de las empresas tiene un sistema de selección de software bien definido y su uso depende de las funciones que tenga el personal. Por lo general se utiliza el mismo desarrollador de software

con algunas pequeñas variaciones, pero todas siguen una línea similar. Los modelos están siendo utilizados para generar representaciones 2D y 3D con mayor facilidad, así como desarrollar cuantificaciones, estudios analíticos y coordinación entre las diferentes disciplinas. El uso, almacenamiento e intercambio de datos está monitoreado de manera rudimentaria en la mayoría de los casos, pero ya se están incorporando plataformas especializadas.

En el caso del hardware, las empresas presupuestan y estandarizan el equipo que se debe utilizar. La selección de equipos se basa en los requerimientos indicados por las empresas de software o mayores y su enfoque es permitir un trabajo fluido, utilizando los equipos BIM como facilitadores.

Con relación a las soluciones de Red, se identificó el uso de plataformas generales para compartir información y controlar el acceso. Además, se está empezando a identificar la información requerida en el modelo para el trabajo conjunto de los involucrados en los proyectos. No obstante, el ancho de banda que se utiliza es limitado en algunas de las oficinas de las empresas entrevistadas.

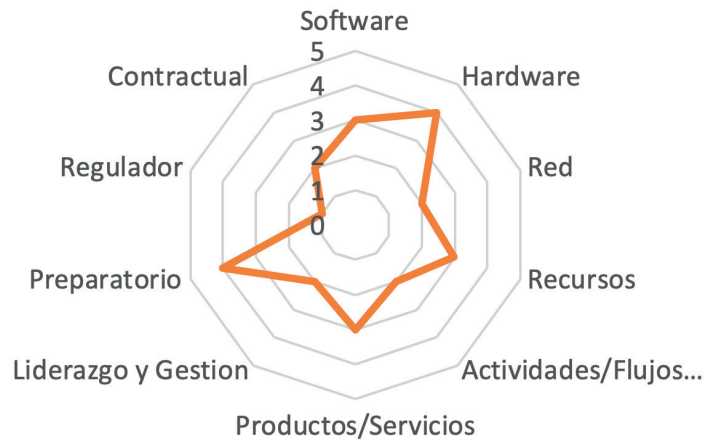


Figura 3. Resumen de las características que presentan los campos que impactan en la implementación del BIM del sector privado.
Elaborado por autor

En el campo de los procesos, los líderes de la mayoría de las empresas cuentan con una visión general en común sobre la metodología BIM, donde se reconoce primordialmente como una corriente de cambio tecnológica. Con relación a este último punto, uno de los entrevistados resaltó que el impacto que ha tenido la introducción de la metodología BIM en la organización ha generado cambios en todos los departamentos. En la mayoría de los casos se reconocen las oportunidades de negocio derivadas del uso de la metodología, resultando en su uso para actividades de marketing por parte de las empresas.

En los flujos de trabajo de las empresas encuestadas, cada proyecto BIM se planifica de manera independiente y sus roles se definen mediante el uso de un BEP (Plan de Ejecución BIM, por sus siglas en inglés) en donde también se incorporan los estándares que se deben cumplir por parte de los involucrados en los proyectos. Se aprecia una disminución en la actuación de los promotores BIM al ir desarrollando experiencia y capacidades dentro de las empresas.

En el caso del campo de las políticas, la mayoría no cuenta con estándares definidos, directrices BIM o protocolos para la documentación. Los planes de control de calidad no se estandarizan y no existen referencias de mercado bien establecidas para realizar la comparación en cuanto a procesos, productos y servicios. Además, realizan capacitaciones para el personal, integradas dentro de los canales de información y conocimiento. A pesar de que se están desarrollando BEP, no se tiene un uso riguroso de los mismos.

En síntesis, la descripción de las capacidades y la madurez dentro del campo BIM muestra que el sector privado todavía tiene un camino largo que recorrer para lograr la implementación total de la metodología BIM.

Finalmente, dentro de los trabajos realizados por las instituciones públicas destacan los esfuerzos realizados por Casa Presidencial, específicamente desde la oficina de la Primera Dama, que se ha incorporado dentro de la red de colaboración BIM que promueve el BID. El 52% de las entidades públicas entrevistadas hizo referencia a que no existe una gestión de proyectos real dentro de las inversiones en obra pública, además de una mala planificación de proyectos y una falta de visión a largo plazo en la planificación de la obra pública.

Debido a que ninguna institución ha completado la fase preliminar dentro del proceso de implementación de la metodología BIM, todo el sector se encuentra dentro de la etapa denominada "Pre-BIM" como se muestra en la Figura 4. Varias de las instituciones entrevistadas están realizando inversiones para obtener nuevos conocimientos y realizar capacitaciones. Cabe destacar que hay 4 proyectos piloto que se han venido desarrollando dentro del sector público a cargo de las siguientes entidades:

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI): están realizando, en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y con ayuda del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), un intento de aplicación de la metodología en el tramo San Gerardo-Barranca.
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE): se está planificando un proyecto en el que se contempla el uso de la metodología BIM.
- Aviación Civil: está solicitando la entrega de un modelo BIM en conjunto con los diseños.
- Correos de Costa Rica: se encuentra realizando proyectos pequeños por su propia cuenta.

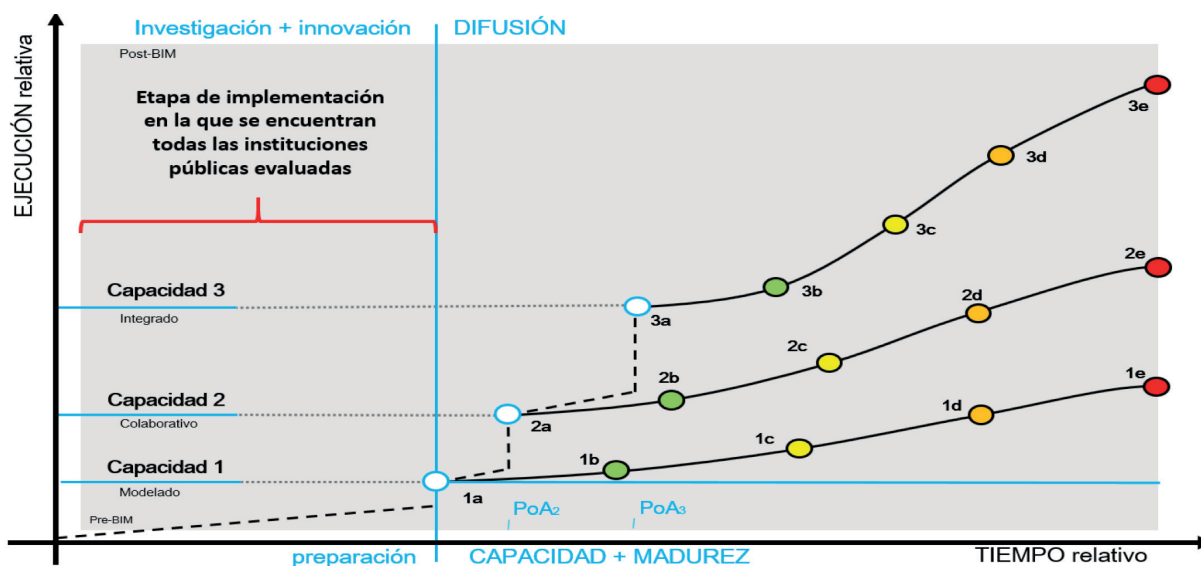


Figura 4. Resultado del modelo del punto de adopción para el sector público.
Modificado por autor

3.3. Propuesta De Implementación Costarricense

El propósito de este modelo es servir como una estrategia que permita a los responsables formular el programa a nivel nacional contemplando todos los posibles factores que faciliten el proceso de adopción. En este caso, se presenta una recomendación elaborada a partir de información procedente de tres fuentes diferentes, las cuales son:

- El modelo del “Punto de Adopción” utilizado como herramienta para elaborar el diagnóstico de la situación en Costa Rica. Suponiendo que el sector público debe trabajar de manera colaborativa y unificada, se puede esquematizar como una organización de gran tamaño.
- El modelo de “Componentes de Macro-Madurez”, el cual se utiliza como un complemento, ya que presenta 8 componentes utilizados para definir cuál es el nivel de madurez a una escala organizacional a nivel país. Considerando que el modelo continúa con los conceptos del modelo de adopción, se tiene la ventaja de que puede funcionar como un complemento para ampliar la propuesta desarrollada.
- La hoja de ruta presentada por el Plan BIM Chile, como primera estrategia formal para la implementación del BIM en América Latina.

En el modelo para desarrollar la propuesta de implementación (ver Figura 5) se consideraron tres dimensiones, mediante las

cuales se busca trabajar los diferentes impactos en las áreas o actividades que se deben realizar; además toma en cuenta el factor temporal para desarrollar en forma gradual el proceso de adopción y las capacidades necesarias para utilizar las herramientas y los nuevos flujos de trabajo de manera más eficiente. Se puede observar en la Figura 5, el modelo en forma gráfica, revelando la sincronización de las dimensiones en un único entorno de trabajo.

La dimensión de los “Campo de Impacto” se refiere a las tres áreas en las que se requieren modificaciones para trabajar en BIM y que deben modificarse para ir desarrollando los protocolos, las habilidades y recursos necesarios para apoyar el cambio cultural que representa el proceso de adopción para integrar la metodología BIM en los proyectos de obra pública. Al ser basado en el marco de referencia propuesto por Succar y Kassan (2015), esta dimensión contiene los campos de impacto denominados: Tecnologías, Procesos y Políticas.

Para los campos de impacto, la tecnología abarca las necesidades de incorporar dentro de las instituciones públicas las herramientas en materia de software y hardware para optimizar la eficiencia de sus flujos de trabajo. Además de generar plataformas virtuales de comunicación e intercambio de información que permitan una mayor trazabilidad y transparencia de los proyectos de obra pública.

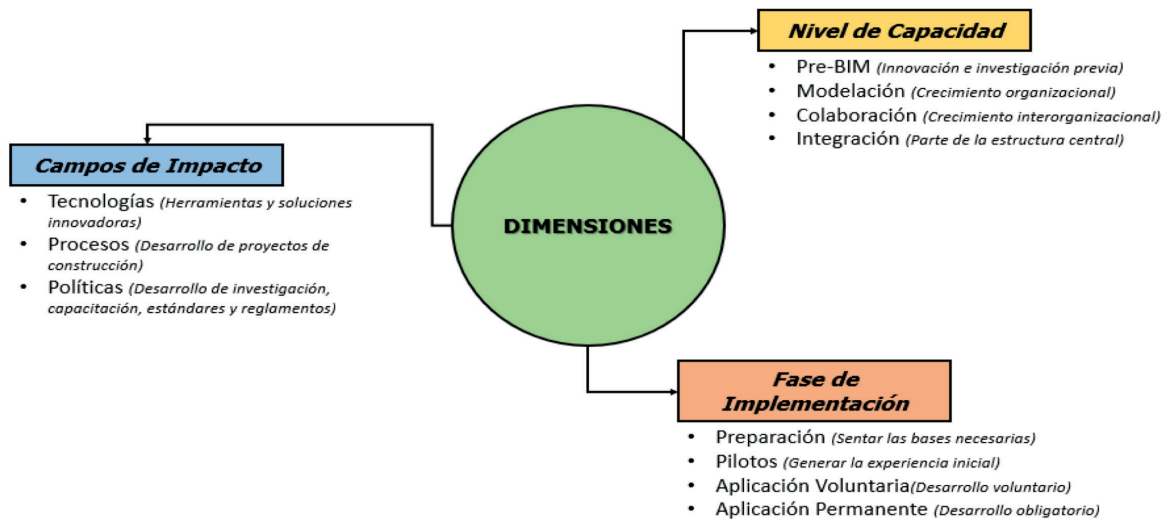


Figura 5. Dimensiones en las que se desarrollan las hojas de ruta

Elaborado por autor

El campo de los procesos incluye el desarrollo de los proyectos de construcción, enfocado en la aplicación de la metodología dentro de los proyectos, analizando su impacto para conocer cuáles son las ventajas de la implementación para el país a lo largo del proceso de adopción. Como es el campo práctico del modelo, va a desarrollar la planificación de los proyectos piloto y las experiencias necesarias para definir las necesidades en temas de capacitación, herramientas, estándares, protocolos y regulaciones.

El último campo de esta dimensión es el de las políticas, de las cuales sería responsable el comité central y cuyas funciones estarán enfocadas en generar la estrategia formal de implementación y seguimiento para la aplicación óptima de la metodología en los proyectos de obra pública. Además, también es el área en la que se van a desarrollar los procesos de capacitación para generar capital humano, impulsar los procesos de difusión a nivel nacional, desarrollar investigación y generar los protocolos y planes para que la estrategia funcione de manera integral en el desarrollo del país.

En seguimiento a lo antes mencionado, el “Nivel de Capacidad” es una dimensión que se basa en las etapas de implementación BIM trabajadas por el marco de referencia. Esta dimensión trabaja 4 tipos de capacidades que se deben ir implementado de forma progresiva, las cuales son:

- Pre-BIM: se trabaja en la estrategia y la planificación necesarias para llevar el proceso de implementación de manera organizada. Para esto se analizan las características actuales del país y la forma en la que se desarrollan los proyectos de obra pública. A su vez, se identifican los requerimientos en capacitación para el capital humano.

- Modelación: se basa en el desarrollo de las capacidades internas de la metodología dentro de cada una de las instituciones y en la obtención de las primeras experiencias en su uso dentro de los proyectos.
- Colaboración: nivel en el que se desarrollan herramientas y protocolos para facilitar los procesos de interacción y retroalimentación entre las instituciones que llevan a cabo los proyectos de obra pública. También impulsa los programas de capacitación y propone el desarrollo de alianzas multisectoriales.
- Integración: trabaja en la combinación de la estructura organizacional de las instituciones con las formas de trabajo BIM para que los trámites de todos los proyectos usen los mismos flujos de trabajo.

Por último, se tiene la “Fase de Implementación” que busca desarrollar una secuencia lógica dentro del proceso de adopción para que los trabajos se realicen de manera complementaria y con un fin común. La fase de preparación, con una duración estimada de 1 a 2 años, busca sentar las bases y formar los grupos de trabajo. Seguidamente, en la fase de pilotos, con duración entre 2 a 3 años, se obtienen las primeras experiencias en el uso de la metodología por parte del sector público, además se complementa con generación de herramientas prácticas como estándares o aumento en el capital humano. Para el caso de la aplicación voluntaria también se consideran de 2 a 3 años, es la fase en la que ya debería haber un mayor capital humano y los estándares ya deben estar conformados en su totalidad. Finalmente, la aplicación obligatoria se daría en 1 año, donde se empieza a solicitar la información de los proyectos a través de una comunicación ordenada que mejore la ejecución y coordinación de todos los proyectos de obra pública. Todo el periodo de implementación se realizaría en un rango entre los 6 y 9 años.

En general, apenas se han empezado a desarrollar objetivos en común a nivel país, sin establecer etapas de implementación que se vayan a evaluar. Han surgido algunos profesionales que han impulsado el uso de la metodología BIM en Costa Rica principalmente desde el sector privado en donde se han identificado algunas necesidades en cuanto al manejo del riesgo y la propiedad intelectual. No se encontró evidencia de publicaciones o algún documento elaborado que funcione como un protocolo para el uso del BIM, ya que la mayoría de las empresas utilizan documentos de otros países. Se ha iniciado el proceso de identificación de las capacidades BIM que deben incorporarse como temas de aprendizaje, pero no se han incluido de manera integral dentro de la formación o actualización de los profesionales. Asimismo, no se han elaborado métricas en el sector de la construcción que reflejen cuál ha sido el grado de difusión del BIM, la capacidad de las organizaciones para su aplicación o casos de éxito a nivel nacional.

En la Figura 6, se presenta la hoja de ruta propuesta en la que se agrupan de manera gráfica las 41 tareas divididas en los tres campos de impacto a través del tiempo para generar una adopción gradual y fluida de la metodología BIM en proyectos de obra pública. Cabe resaltar que la secuencia de las tareas busca generar una base de conocimiento y capacidades mínimas que permitan su desarrollo en forma secuencial y que, al final, busquen una integración completa donde la metodología se utilice de manera eficiente en todos los proyectos de obra pública. No deben omitirse las limitaciones que se presentan dentro de esta propuesta, donde destaca la relacionada con la voluntad política para impulsar la implementación del BIM en el desarrollo de los proyectos de obra pública.

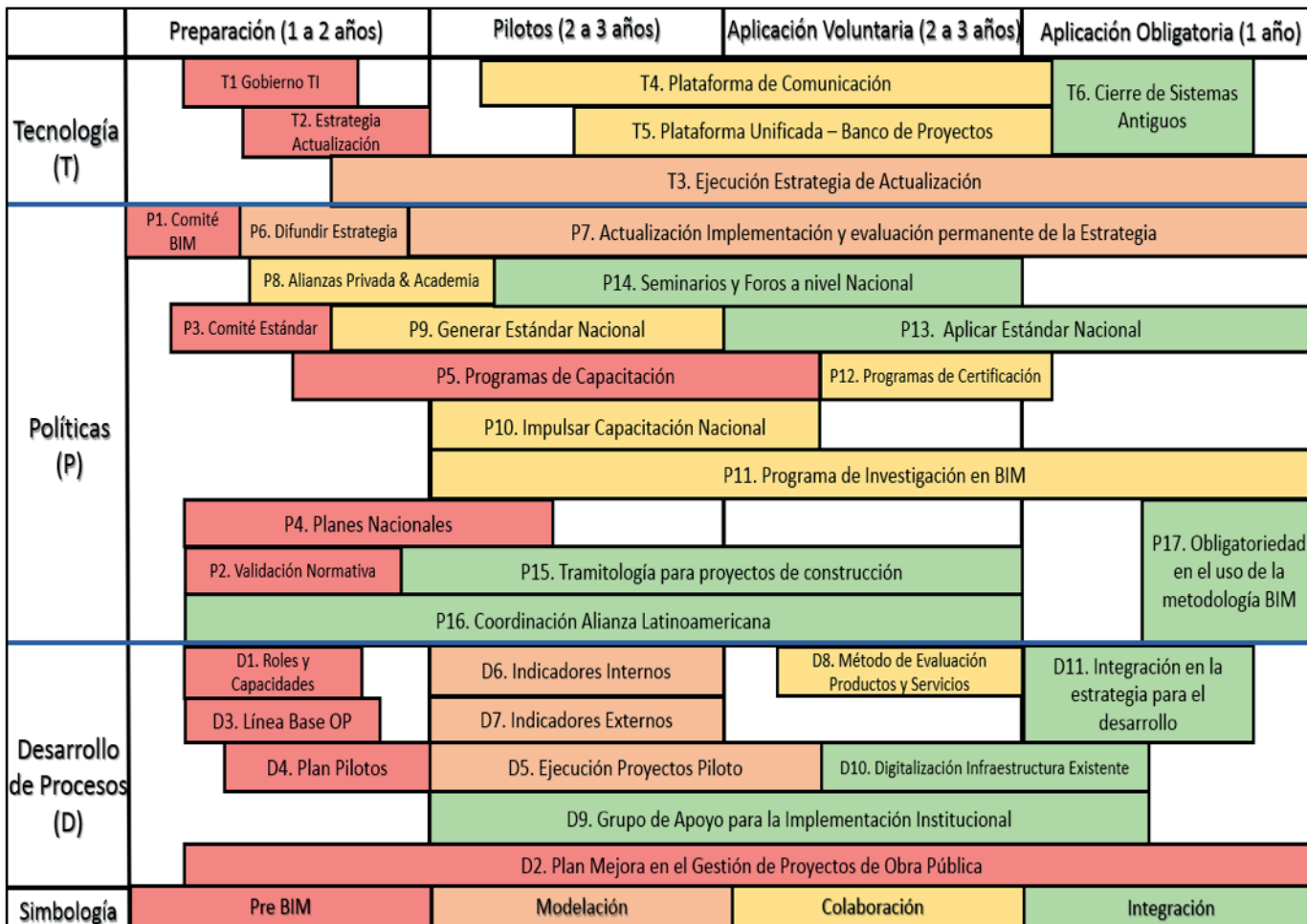


Figura 6. Hoja de ruta para la implementación de la metodología BIM en Costa Rica representada mediante un diagrama Gantt
Elaborado por autor

3.4. Validación De La Propuesta Elaborada

Contemplando la viabilidad de la propuesta, el resultado general indicó que la hoja de ruta que se propone puede ser aplicada en el contexto nacional como una herramienta que funcione para desarrollar la implementación de la metodología BIM en los proyectos de obra pública. Además, sienta las bases para la gobernabilidad en el proceso para que este se desarrolle de manera incremental, controlada y medible. Esto con base en que se obtuvo un nivel de aceptación general de 8,75 por parte del comité de evaluación.

Entre los comentarios se resalta la necesidad de que en un futuro se determine cuáles son los costos de la metodología a nivel nacional y cuáles son sus beneficios económicos a largo plazo. Si bien es cierto, en el país no se ha asumido un estándar en el reconocimiento de los costos de implementación, se debe recordar que a nivel mundial si se ha evidenciado el impacto en los costos de desarrollo para los proyectos donde se aplica la metodología BIM. Por lo tanto, la implementación de la metodología BIM puede verse como parte de la mejora continua de las empresas en el desarrollo de sus proyectos y por lo tanto deben asumir los gastos viéndolos como una inversión. Además, se deben establecer los tipos de estructuras organizacionales y de comunicación entre los diferentes sectores y detallar a mediano plazo cuales deben ser las acciones para iniciar el proceso de implementación.

En resumen, se logró obtener un alto nivel de satisfacción por parte del comité de validación en donde el promedio general de toda la propuesta es de 9,22. En este caso se puede afirmar que la propuesta elaborada puede servir como una primera aproximación para establecer una estrategia formal en el país, contemplando los diferentes aspectos necesarios para el proceso de adopción.

4. CONCLUSIONES

1. Se logró elaborar una hoja de ruta para la incorporación de la metodología BIM durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación de la obra pública en Costa Rica.
2. Las encuestas estudiadas, señalan que existe desconocimiento en cuanto a la metodología BIM por parte de los profesionales que laboran en el sector público para el desarrollo de sus labores con mayor eficiencia en cuanto a la administración de los proyectos que busquen mejorar la infraestructura del país. También las investigaciones

desarrolladas con base en la metodología BIM en el país son insuficientes, no obstante, a nivel internacional se cuenta con suficiente literatura y experiencia al respecto.

3. El BIM requiere poner en coordinación las distintas entidades públicas sin el desarrollo de interferencias o sobretabajo, uno de los retos actuales en vista de las principales deficiencias que tiene el país y la necesidad de sistematización de las obras. Se propone que sea el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica (MIDEPLAN) el ente encargado de asumir dicha coordinación.
4. El proceso de adopción de la metodología BIM en la academia está en sus fases iniciales, por lo que se propone que las universidades puedan incorporar dicha metodología dentro de sus mallas curriculares y fomentar la capacitación a través de posgrados y diplomados.
5. El sector privado es el que tiene un mayor avance y una mayor madurez en cuanto al uso de la metodología BIM, principalmente en las capacidades que tienen que ver con desarrollar modelos que faciliten los trabajos de gestión de proyectos. Por su parte, algunas instituciones públicas han mostrado interés de implementar dicha metodología, esto gracias al impulso desarrollado por el BIM Fórum y la Cámara Costarricense de la Construcción.
6. Hay una necesidad creciente de parte de las empresas que utilizan BIM para que el país desarrolle regulaciones necesarias para un uso más amplio de la metodología. También, destaca el interés de la Oficina de la Primera Dama, que ha logrado el apoyo del sector privado y la colaboración de una alianza latinoamericana para la adopción del BIM en la región.
7. Se revela una carencia en la gestión de los proyectos, especialmente en las fases de planificación, operación y mantenimiento en donde se desarrollan proyectos con pocos estudios y no se les da el mantenimiento adecuado. Asimismo, se evidenció la falta de canales de comunicación dentro de las entidades del sector público para la sincronización de los planes de inversión en infraestructura pública para coordinar los proyectos.
8. Se logró elaborar una hoja de ruta de alto nivel que permite determinar los primeros pasos que debe dar el sector público en camino hacia una completa implementación BIM en todos los proyectos de obra pública. Además, se logró hacer una corroboración de los resultados con la ayuda de un comité experto que aprobó el material elaborado.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arreola, J. (2018). *La productividad en la construcción, muy baja*. México. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/la-productividad-en-la-construccion-muy-baja/>
- BIM Community (2016). *La situación actual del BIM en el mundo*. Obtenido de BIMCommunity: https://www.bimcommunity.com/news/load/329/view_original
- BIM Forum Chile (2020). *BIM Forum Chile*. Recuperado de [https://www.bimforum.cl/que-es-bim-forum-chile/#:~:text=Es%20una%20instancia%20t%C3%A9cnica%20y,\(BIM\)%20en%20nuestro%20pa%C3%ADs.](https://www.bimforum.cl/que-es-bim-forum-chile/#:~:text=Es%20una%20instancia%20t%C3%A9cnica%20y,(BIM)%20en%20nuestro%20pa%C3%ADs.)
- British Standards Institution (2020). BIM BS 1192. Obtenido de <https://www.bsigroup.com/en-GB/our-services/training-courses/BIM-training-courses/bim-bs-1192-part-4-handover-information-exchange-training-course/>
- Chonkan, L. (2016). *Modelado de Información de la Edificación como Herramienta para la Programación de Obra y Mejoramiento de la Constructibilidad*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Designing Buildings (2011). BIM Level 2. Obtenido de https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_level_2#:~:text=There%20are%20a%20number%20of,created%20in%20separate%20discipline%20models.
- EUBIM TaskGroup (2018). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*. EUBIM TaskGroup.
- General Services Administration (GSA). (2003). *National 3D-4D-BIM Program*. Obtenido de <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling>
- González, L. (2015). *Modelado de un edificio habitacional utilizando la herramienta BIM para la cuantificación de elementos de construcción*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2020). ISO 19650: *Modelado de la Información de la Construcción (BIM)*. Obtenido de https://www.inteco.org/en_US/shop/product/organizacion-y-digitalizacion-de-la-informacion-sobre-edificaciones-e-infraestructura-incluyendo-modelado-de-la-informacion-de-la-construccion-bim-gestion-de-la-informacion-con-el-uso-del-modelado-de-la-informacion-de-la-construccion-bim-parte-1-conceptos-y-principios-7639
- International Organization for Standardization. (2019). *International Organization for Standardization*. Obtenido de International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/committee/49180.html?view=participation>
- Montenegro, J., Garro, D., Trejos, C., Murillo, P., Piedra, A., Sauma, R., Rojas, V. (2018). *Guía de Implementación BIM para las empresas*. San José: Camara Costarricense de la Construcción.
- Saldías, R. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. (Tesis de grado). Chile: Universidad de Chile.
- Soto, C. (2016). *Seminario BIM Estrategia Pública 2020, lineamientos, beneficios y avances*. Santiago, Chile.
- Succar, B., Kassem, M. (2015). *Macro-BIM adoption: Conceptual structures*. Melbourne: ELSEVIER.
- Succar, B., Kassem, M. (2016). *Building Information Modelling: Point of Adoption*. Tampere Finland: CIB World Congress.
- The British Standar Institute. (2018). bsi. Obtenido de BIM standards update from BSI: <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2018/june/bim-standards-update-from-bsi/>
- Vargas, A. (2015). *Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Villalobos, F. (2017). *Decálogo para el desarrollo de la obra pública*. San José, Costa Rica.