

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ESTUDIO DE POST-ADOPCIÓN BIM: ANÁLISIS DE LAS BARRERAS

DIGITALES PARA LA DIFUSIÓN BIM EN ORGANIZACIONES

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

David Alonso Diaz Olivera

Gotardo Álvaro Hernández Ramos

ASESOR:

Danny Eduardo Murguía Sánchez

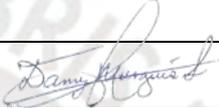
Lima, Setiembre, 2024

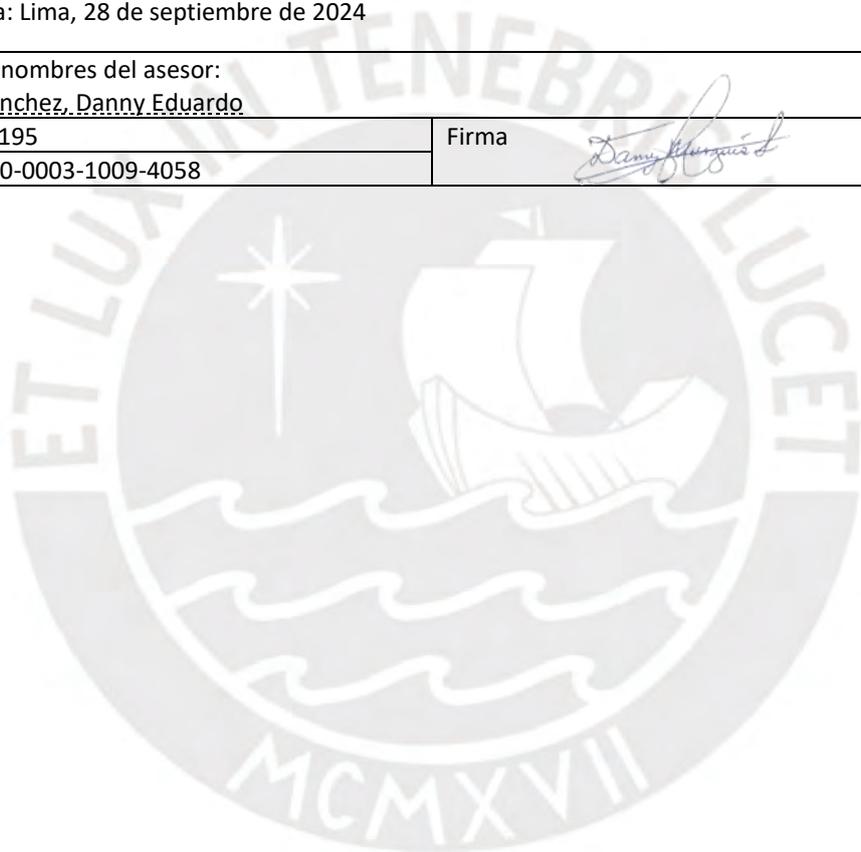
Informe de Similitud

Yo, Danny Eduardo Murguía Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: "ESTUDIO DE POST-ADOPCIÓN BIM: ANÁLISIS DE LAS BARRERAS DIGITALES PARA LA DIFUSIÓN BIM EN ORGANIZACIONES", de los autores David Alonso Díaz Olivera y Gotardo Álvaro Hernández Ramos, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 15%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 28/09/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 28 de septiembre de 2024

Apellidos y nombres del asesor: <u>Murguía Sánchez, Danny Eduardo</u>	
DNI: 42283195	Firma 
ORCID: 0000-0003-1009-4058	



RESUMEN

La implementación de BIM en el sector construcción se ha incrementado con el transcurso del tiempo. A lo largo del incremento exponencial en la adopción de esta metodología, se tiene como prioridad el aporte de beneficios al proyecto sin considerar necesariamente el propio hacia los trabajadores de las empresas. Esta situación hace que se generen problemas en la interacción de los profesionales con conocimientos de la metodología BIM con los que no los tienen.

El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo descubrir las barreras digitales suscitadas en empresas que han implementado BIM para así elaborar una propuesta para la reducción de esta mediante estrategias. Con esta finalidad, se realizó una entrevista para obtener la opinión de los profesionales sobre las diferentes barreras digitales y las posibles estrategias para mitigarlas. Cabe resaltar, además, que dichos profesionales trabajan en empresas que han implementado la metodología BIM.

Usando esta información, se parametrizaron las barreras digitales y estrategias mencionadas por los profesionales y, mediante gráficos, se observó la frecuencia con la que fueron mencionadas.

Como resultados notables, se tiene que no es un indicador de madurez digital la cantidad de usos BIM que aplica cada profesional ya que estos dependen de la naturaleza del proyecto. Asimismo, un cambio sustancial en la normativa BIM ayudaría a aumentar el conocimiento de los profesionales.

Finalmente, se elaboró una propuesta con estrategias para superar las diferentes barreras digitales. Estas estrategias buscan mejorar el factor humano, factor organización y factor actividades y flujos de trabajo. La implementación de estas puede lograr un correcto funcionamiento e implementación de la metodología BIM.

DEDICATORIA

*Dedicado a nuestros padres por siempre
estar presentes, a nuestro asesor Danny
Murguía por su abnegado apoyo y a todos
los entrevistados por su respaldo.*



Índice

Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Preguntas de investigación	3
1.3. Objetivos	4
Capítulo 2: Revisión literaria	6
2.1. Bases teóricas	6
2.1.1. Building Information Modeling	6
2.1.2. Modelos de madurez BIM en organizaciones	7
2.1.2.1 Niveles de madurez BIM	7
2.1.3. Gestión de Información BIM y sus partes involucradas	9
2.1.4 Herramientas BIM	14
2.1.4.1 Herramientas de modelado	14
2.1.4.2 Herramientas de simulación	15
2.1.4.3 Herramientas adicionales en el ciclo de vida de un proyecto	16
2.1.5 Usos BIM en el ciclo de vida de un proyecto	16
2.1.5.1 Usos BIM en la fase de planificación	17
2.1.5.2 Usos BIM en la fase de diseño	18
2.1.5.3 Usos BIM en la fase de construcción	20
2.1.5.4 Usos BIM en la fase de operación	20
2.2. Adopción BIM global y nacional	21
2.2.1. Adopción BIM global	21
2.2.2. Adopción BIM nacional	32
2.3. Barreras digitales	35
2.4. Síntesis de contraste con los objetivos planteados	39
Capítulo 3: Metodología	41
3.1. Metodología utilizada	41
3.2.1. Diseño de entrevistas	44
3.2.2. Formato/modelo de la entrevista	45
3.2.3. Perfil del entrevistado	48
3.2.4. Recolección de datos	48
3.2.5. Ordenamiento de datos	51
Capítulo 4: Resultados	52
4.1. Dinámica y problemas existentes	53

4.2. Causas de la barrera digital	58
4.3. Sugerencias y recomendaciones para reducir la barrera digital	62
Capítulo 5: Discusión	66
5.1. Elaboración de propuesta para superar los diferentes tipos de barreras	66
5.1.1. Definiciones de los diferentes tipos de barreras	66
5.1.2. Estrategias sugeridas para solucionar barreras	71
5.1.2.1. Factor Humano	72
5.1.2.2. Factor organización	73
5.1.2.3. Factor actividades y flujos de trabajo	76
5.2. Limitaciones de la investigación	82
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones	84
Referencias	87



Índice de tablas

Tabla 1. Estructura de la entrevista.	47
Tabla 2. Tabla resumen de los profesionales entrevistados	49
Tabla 3. Tabla resumen de los tipos de barrera	71
Tabla 4. Tabla resumen de los diferentes factores	72
Tabla 5. Tabla que relaciona cada barrera con el factor propuesto	77
Tabla 6. Tabla que relaciona cada barrera con el factor propuesto	78

Índice de figuras

Figura 1. Niveles de capacidad y áreas de difusión BIM.....	8
Figura 2. Niveles de capacidad de BIM	9
Figura 3. Proceso de gestión de la información BIM.....	10
Figura 4. Partes Involucradas en el Proceso de Gestión de la Información BIM.	11
Figura 5. Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de elaboración de expediente técnico.....	12
Figura 6. Modelos BIM 3D, 4D, 5D y 6D	16
Figura 7. Usos BIM.....	17
Figura 8. Uso de BIM en el futuro	23
Figura 9. Uso actual de BIM	24
Figura 10. Percepción de BIM	25
Figura 11. Opiniones respecto de BIM	26
Figura 12. Opiniones respecto de BIM	27
Figura 13. Adopción BIM en el tiempo	30
Figura 14. Opiniones respecto al BIM adoptado	31
Figura 15. Opiniones respecto al intercambio de información	32
Figura 16. Comparación de nivel de adopción BIM en Lima Metropolitana y Callao.....	35
Figura 17. Magnitud de gastos en las diferentes etapas de un proyecto	37
Figura 18. Softwares utilizados en proyectos (N=75).....	38
Figura 19. Esquema de la metodología	43
Figura 20. Decisión de la herramienta de recolección de información.....	45
Figura 21. Usos BIM según las fases de un proyecto de infraestructura	52
Figura 22. Frecuencia de cantidad de aplicaciones de los 25 usos	54
Figura 23. Frecuencia de medida de aplicación de los usos BIM.....	55
Figura 24. Frecuencia de actividades en las que no se aplican los usos BIM.....	56
Figura 25. Razones por las que se complica el trabajo aplicando usos BIM con los profesionales.....	57
Figura 26. Formación BIM por parte de los diferentes profesionales.....	58
Figura 27. Procesos de preparación para la adopción de BIM en las diferentes empresas.....	59
Figura 28. Importancia de BIM para los profesionales.....	60
Figura 29. Propuestas para reducir la barrera a corto plazo	63
Figura 30. Propuestas para reducir la barrera a largo plazo	64
Figura 31. Distribución de estrategias de acuerdo con factores.....	78

Capítulo 1: Introducción

1.1. Planteamiento del problema

Building Information Modeling (BIM) es un conjunto de políticas, procesos y tecnologías que interactúan entre sí. Asimismo, sugiere una manera eficiente de gestionar los datos esenciales del diseño de edificaciones y proyectos en formato digital durante todo su ciclo de vida. Este ciclo de vida empieza desde el planteamiento del diseño, el cual consiste en el inicio de las ideas de lo que pretende un proyecto y culmina una vez que se ha ejecutado el diseño planteado. El especialista y asesor en la metodología BIM, Bilal Succar, menciona que aplicar BIM en los proyectos de construcción en todo su ciclo de vida “representa un cambio tecnológico y de procedimiento en el sector de la ingeniería, arquitectura y construcción” (Succar, 2009). Este conjunto de políticas, procesos y tecnologías, que es considerada también una metodología, ha tenido gran acogida en el ámbito de la construcción en el Perú. Por ejemplo, la adopción de la industria de la construcción de esta metodología se ve reflejada en el tercer estudio de adopción BIM desarrollado por el doctor Danny Murguía (2023). Dicho estudio muestra que el nivel de adopción BIM incrementó de 14.6% a 36% desde el 2017 al 2023, respectivamente, en proyectos como viviendas, hoteles, oficinas, centros comerciales, centros educativos, edificaciones, comisarías, restaurantes, etc., y sostiene que la industria se encuentra en la segunda parte de la mayoría temprana.

Sin duda alguna, este cambio tecnológico ya es un hecho; sin embargo, el estudio en cuestión describe una falencia de los profesionales de la construcción: el 24% de estos asegura que BIM es una tecnología de modelado 3D y detección de incompatibilidades. Esto conduce a problemas como una mala colaboración entre especialidades, malentendidos para tomar decisiones y una brecha de conocimientos en general.

Ahora bien, otro hecho que podría generar los problemas anteriormente mencionados es que existe una inclinación por parte de las empresas que actúan como contratistas de optar por la implementación de BIM si esto genera un mejor desempeño para el proyecto, independientemente de su facilidad de implementación (Murguía et al., 2021). Este comportamiento trae consigo una tendencia de que las empresas de la industria de la construcción no opten por la capacitación de sus trabajadores para solucionar la carencia de

conocimiento tecnológico, sino que realicen un proceso de contratación de nuevo personal para conformar el equipo de trabajo. Esta situación, si bien conduce a un crecimiento del uso de la metodología de BIM (a nivel de empresa), a su vez, crea problemas en la dinámica laboral puesto que, al momento de poner la obra en marcha, profesionales que nunca fueron capacitados para trabajar con dicha metodología (arquitectos, ingenieros de costos, residentes, supervisores, etc) tienen conocimientos muy pobres o nulos en cuanto a BIM. Por esta razón, de alguna manera estos profesionales son excluidos al tener esa falta de conocimientos sobre este conjunto de políticas, procesos y tecnologías. Es decir, se generan barreras digitales entre los profesionales de la construcción. Por otro lado, existen ciertas desventajas como generar sobrecostos a la empresa al optar por subcontratistas, ya que se suscitarían dichas barreras digitales producto de la interacción entre estos dos grupos de profesionales. Así; como consecuencia, en todos sus proyectos se tendría que contratar a un área externa que tiene un valor adicional al que se genera contratando personal de casa.

Ahora bien, la superación de las barreras digitales dentro de empresas constructoras que adoptan BIM sería un logro muy importante ya que, como se observó en las estadísticas que se mencionaron inicialmente, es una falencia de índole nacional. Esta reducción presentaría a la capacitación como la respuesta inmediata frente a la contratación de nuevo personal ante la implementación de una nueva metodología. Además, traería consigo un crecimiento de conocimientos sobre BIM en profesionales de la construcción, lo cual repercutirá en un alivio económico a largo plazo, debido a que se hará una inversión inicial para capacitar y no una inversión mensual para pagar a alguien capacitado quien sí tiene conocimiento de las herramientas tecnológicas que ofrece BIM.

En ese sentido, de no superar las barreras digitales dentro de empresas constructoras que adoptan BIM se tendría, por un lado, una limitación de conocimientos sobre tecnología en los ingenieros y arquitectos, y, por otro lado, se presentarían concepciones erróneas en estos profesionales sobre el valor que genera BIM al proyecto en contraste con la metodología tradicional tal y como refleja el grupo que mencionó que BIM es una tecnología de modelado 3D y detección de incompatibilidades.

Por la problemática anteriormente expuesta es que, en el presente trabajo de tesis, en primer lugar, se estudiará la realidad actual de las barreras digitales en empresas que optaron por la implementación de BIM. En segundo lugar, se analizará la dinámica entre áreas de dichas

empresas. Por último, se elaborará una propuesta para la reducción de las barreras digitales existentes en empresas que utilizan la metodología BIM.

1.2. Preguntas de investigación

Saber la cantidad de empresas de la industria de la construcción que utilizan BIM en Lima Metropolitana merece un extenso estudio y un considerable muestreo; sin embargo, realizar una pregunta de control sobre ello sería provechoso en el sentido de que serviría como una noción de la realidad de adopción actual. Asimismo, si se pretende elaborar una propuesta para empresas que han implementado BIM, es un factor no negociable limitarse a analizar este tipo de empresas. Por esta razón, la primera pregunta propuesta es la siguiente:

¿Cuántas y cuál es el porcentaje de empresas de construcción que utilizan la metodología BIM actualmente en Lima Metropolitana?

Dos empresas que han implementado BIM no necesariamente tienen el mismo nivel de adopción. Una puede realizar diversas actividades como visualización 3D, detección de incompatibilidades, extracción de planos del modelo en 3D, extracción de metrados y, por otro lado, la otra empresa tan solo puede limitarse a alguno de los usos mencionados. Es por ello que sería muy provechoso saber lo siguiente:

¿Cuál es el nivel de BIM que se tiene actualmente en empresas que utilizan dicha metodología en Lima Metropolitana?

Ahora bien, los que toman la decisión de hacer uso o no de la metodología BIM en alguna empresa es la alta gerencia. A su vez, la primera suposición lógica es que, si el cliente solo desea tener resultados inmediatos y de bajo costo, a la alta gerencia le serviría tener resultados a corto plazo, independientemente de que implique implementar BIM o no. Sin embargo, debido a la realidad que se está viviendo en el Perú, esta situación se podría revertir para alinearse con las nuevas métricas estipuladas por el estado. De igual manera queda la interrogante de si:

¿Es la causa de la barrera digital presente en empresas de la industria de la construcción un espíritu, por parte de los contratistas, de tener en cuenta solo las mejoras en el proyecto por encima de la facilidad de aprendizaje?

Volviendo a la realidad de las empresas que han implementado la metodología BIM. Es un hecho que dichas empresas están conformadas por profesionales con todo tipo de experiencia profesional, desde años hasta décadas. Es una realidad, de igual manera, que la metodología BIM es inherente a la formación universitaria desde hace algunos años. Es por ello que, en una misma empresa, existen profesionales con distintos niveles de conocimiento de BIM. Desde conceptos diferentes hasta falta de trabajo colaborativo, es por ello que se necesita saber realmente:

¿Cómo afecta en los diferentes procesos de la empresa la existencia de un desfase de madurez del uso de la digitalización entre los profesionales de la construcción?

Finalmente, algo que se puede colegir de los estudios es que la adopción BIM de una empresa es de naturaleza cambiante a lo largo del tiempo. Puede darse el caso de que se comience haciendo uso de herramientas básicas e ir mejorando hasta usar herramientas más sofisticadas, como también que se deje de usar una determinada práctica por algún resultado adverso. Para realizar un análisis a profundidad de esta dinámica se debería conocer lo siguiente:

¿En qué medida las empresas de construcción utilizan los usos BIM en sus proyectos?

1.3. Objetivos

Objetivo general:

- Elaborar una propuesta para la reducción de las barreras digitales existentes en empresas que utilizan la metodología BIM.

Objetivos específicos:

- Descripción de los usos BIM en las empresas.

- Determinar las causas de las barreras digitales y verificar si hay concordancia con lo sostenido en la problemática.
- Elaborar una propuesta que contenga estrategias dirigidas hacia la alta gerencia para superar las barreras digitales.



Capítulo 2: Revisión literaria

En el presente capítulo se abordarán las bases teóricas utilizadas para el planteamiento de esta tesis; es decir, aquellos conceptos necesarios de la metodología BIM para entender, posteriormente, el análisis de las entrevistas que se expondrán en el capítulo 4 y se discutirán en el capítulo 5. Asimismo, se estudia la adopción BIM a nivel global y a nivel nacional para conocer la evolución de la metodología en el tiempo y el contexto de BIM en el Perú.

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Building Information Modeling

Building Information Modelling (BIM), cuya traducción al español es Modelado de Información de Edificios, es un conjunto de políticas, procesos y tecnologías que interactúan entre sí, y generan una “metodología para gestionar los datos esenciales durante todo el ciclo de vida del edificio” (Succar, 2009). Es importante precisar que no debe confundirse con el hecho de modelar tridimensionalmente, ya que esta es una metodología que contiene más herramientas pues abarca el trabajo colaborativo, información no gráfica, integración, planificación y simulación del cronograma maestro.

Ahora bien, para garantizar una correcta implementación y adopción de esta tecnología en proyectos de construcción, es necesario considerar las áreas de difusión: la educación y capacitación de los profesionales, la creación de estándares y guías de uso, y la comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados. En esa misma línea, las áreas de difusión abarcan, también, los congresos, seminarios y publicaciones con el fin de promocionar BIM.

Por otro lado, la cuantificación de la capacidad de implementación y uso de BIM en un determinado proyecto se mide con la capacidad BIM. Los factores con los cuales se muestra la capacidad BIM de una determinada organización son la infraestructura tecnológica disponible, el nivel de formación y competencias del personal, y los procesos y estándares internos que facilitan la integración de BIM.

Finalmente, una vez que se ha implementado BIM en una determinada empresa, se puede medir la sofisticación y profundidad de la implementación con la madurez BIM. Este espectro inicia

desde la implementación básica de modelos 3D hasta la integración completa de BIM en todos los procesos de gestión y ejecución del proyecto. En ese sentido, las organizaciones con una madurez BIM elevada garantizan una mayor eficiencia, reducción de errores y una colaboración más efectiva.

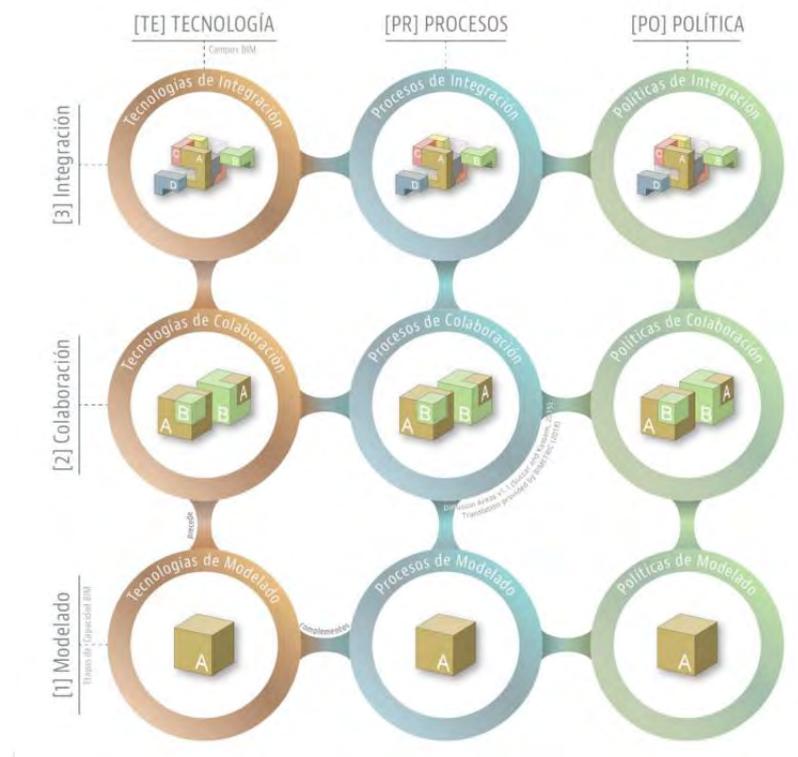
2.1.2. Modelos de madurez BIM en organizaciones

2.1.2.1 Niveles de madurez BIM

“Para iniciar la adopción de BIM a Nivel Organizacional es necesario evaluar el nivel de madurez de la gestión de la información BIM en la que se encuentra la entidad” (, 2021). En ese sentido, el nivel de madurez BIM se define como la capacidad en la que un grupo de involucrados de construcción correspondiente a una organización está desarrollado para llevar a cabo las tecnologías, políticas y procesos que demanda la metodología BIM, los cuales se definen en la Figura 1:

- **Tecnologías:** refiere al uso de herramientas o softwares según el nivel de capacidad BIM, por ejemplo, Revit, Tekla, Revizto, Naviswork, hardware, redes necesarias, integración en tiempo real y servidores de modelos.
- **Políticas:** refiere a toda documentación, estándares para la cadena de suministro, protocolos, contratos, estándares de modelado, protocolos de colaboración y protocolos de intercambio de información.
- **Procesos:** refiere a los procesos integrados de toda la cadena de suministro, flujos de trabajo en el ciclo de vida del proyecto, Roles BIM, flujos de trabajo colaborativos, flujos de trabajo y flujos de trabajo intra-organizacional para modelado.

Figura 1. Niveles de capacidad y áreas de difusión BIM



Nota. Tomado de “Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders”, por Succar, 2009.

Estas tres áreas mencionadas son los parámetros que están presentes en cada nivel de madurez. Según los establecimientos de Succar, estos niveles de madurez BIM constan de cinco etapas, las cuales se grafican en la Figura 2:

- Pre - BIM: Existe un acercamiento y una tendencia por adoptar BIM. Se cuenta con personal capacitado parcialmente en la metodología, pero no cuentan con experiencia alguna. Las herramientas típicas en este nivel son los planos CADs.
- Modelado: Para poder empezar con BIM, debemos tomar decisiones, implementar tecnologías, políticas y procesos. De esta manera, se evoluciona a la etapa de modelado, donde se parte de un primer modelo básico para ir avanzando según el nivel de información necesaria.
- Colaboración: En esta etapa, las tecnologías y procesos se incrementan basado en el modelo. Ahora se trata del inicio de intercambio de información colaborativamente, lo cual acelera los procesos de gestión de información.

- Integración: En esta fase, se sigue incrementando las tecnologías, políticas y procesos, pero, ahora, el cliente es parte, por lo que se trata de una integración basada en redes.
- Post - BIM: Es el máximo nivel de capacidad BIM. Pueden utilizarse herramientas como *machine learning*, inteligencia artificial, tecnologías, políticas y procesos muy avanzados.

Figura 2. Niveles de capacidad de BIM



Nota. Tomado de “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders”, por B. Succar, 2009, *Automation in Construction*, 18(1). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

2.1.3. Gestión de Información BIM y sus partes involucradas

El proceso de gestión de la información se inicia cada vez que existen designaciones, entiéndase designaciones como una tarea grande que se le da a determinados involucrados para realizarla. Para cada designación o tarea, empieza lo que se denomina gestión de la información BIM. Este proceso tiene como finalidad definir qué es lo que se necesita, cuándo se necesita, quién es la persona que debe realizar la información y quién la administra. En ese sentido, según la Guía Nacional BIM, se plantea 8 actividades y 6 agrupaciones para el proceso de gestión de información de los involucrados los cuales se ilustran en la leyenda de la Figura 3.

Figura 3. Proceso de gestión de la información BIM



Nota. Tomado de *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*, Dirección General del Programa Multianual de Inversiones, 2021, Ministerio de Economía y Finanzas.

https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf

Estas actividades y agrupaciones se deben realizar para cada proceso distinto. Por ejemplo, si nos encontramos en la etapa de diseño de un proyecto, primero, se evalúa la necesidad del diseño; segundo, se solicita ofertas para ese diseño; tercero, se presentan los postores para realizar el diseño; cuarto, se designa al ganador; quinto, se genera la movilización para traspasar toda la información necesaria para que el ganador ejecute el proyecto; sexto, se ejecuta la información; séptimo, se obtiene la entrega del modelo de información; y, por último, se obtiene el fin de la fase de ejecución del diseño.

Asimismo, se plantean agrupaciones en letras para representar el estado de actividades realizadas. La letra A refiere a que, si se alcanza la séptima actividad que es la entrega de modelo de la información, por ejemplo, del diseño de una puerta metálica, con esta información retorno a la segunda actividad para aplicar otra fase la cual podría ser la petición de ofertas ya no para diseñadores (porque el diseño ya está entregado), sino para fabricantes de puertas. La letra B se asocia a una representación de todas las actividades realizadas en el proceso desde la primera hasta la octava actividad. La letra C corresponde a las actividades realizadas por cada

designación. La letra D refiere a las actividades realizadas durante la etapa de designación, o sea petición de oferta, presentación de ofertas, el responde qué y cuándo, que en base a la evaluación de necesidades se tiene que solicitar y para cuándo. La letra E equivale a la actividad realizada durante la planificación de la información: quién lo va a realizar, la designación y la movilización, que involucra, inicialmente, la designación y, posteriormente, se traslada toda la información al que se designa para que tenga la base para iniciar la ejecución, la cual corresponde a la letra F, pues concierne a las actividades realizadas durante la ejecución misma del proceso planteado.

Ahora bien, a partir de esta explicación sobre cómo funciona el flujo de gestión de la información, se continua con el esquema de los involucrados en la gestión de la información para un proceso de un proyecto. La Guía Nacional BIM Perú del Ministerio de Economía y Finanzas (2021), plasma este proceso en un esquema que es de utilidad para todos los profesionales, pues tiene como objetivo que sea comprensible, estándar y uniforme en los procesos de licitación. En la Figura 4, se presenta un esquema que ilustra las secciones involucradas en el proceso: la parte que designa, la parte designada principal y la parte designada, las cuales tendrán interacción constante unos con otros.

Figura 4. Partes Involucradas en el Proceso de Gestión de la Información BIM.



Nota. Tomado de *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*, Dirección General del Programa Multianual de Inversiones, 2021, Ministerio de Economía y Finanzas.

https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf

En cuanto a la parte que designa, este refiere a que el dueño o cliente es quien tiene en cartera construir el proyecto y lo que cada uno de los integrantes de este esquema realiza es delegar actividades y responsabilidades a otro involucrado que se encuentre más capacitado en el área para que, en unión, todo equipo logre el objetivo. Por ejemplo, si el Estado, quien sería la parte que designa, busca ejecutar un hospital, no lo va a hacer independientemente, sino que necesita de especialistas para este fin. De esta manera, el Estado empieza a derivar las partes designadas principales, por ejemplo, a especialistas de arquitectura, estructuras e instalaciones. Así, no es necesario que exista solo una parte designada principal, sino pueden existir más. Estas partes designadas principales, a su vez, delegan funciones a equipos de trabajo. Por ejemplo, dentro de cada especialidad, se puede organizar subáreas de costos con BIM, coordinación BIM o modelamiento BIM, y estas subáreas actúan como las partes designadas que son la categoría menor de este esquema.

Finalmente, dentro del marco de partes designadas, la Guía Nacional BIM 2021 plantea esquemas de roles según el proceso para el cual se aplica la gestión de la información. Por ejemplo, en la Figura 5, se presenta el esquema del desarrollo de la fase de desarrollo de expediente técnico bajo la aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado.

Figura 5. Esquema organizacional de las partes involucradas y roles en el desarrollo de elaboración de expediente técnico.



Nota. Tomado de *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*, Dirección General del Programa Multianual de Inversiones, 2021, Ministerio de Economía y Finanzas.

https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf

Dichos roles BIM dentro de cada parte se explicarán, a continuación, según la información que presenta la Guía Nacional BIM (2021):

- Líder BIM: Tiene como objetivo liderar y gestionar el proyecto BIM, y salvaguardar la obtención de los objetivos con el fin de satisfacer al cliente; asimismo, cabe resaltar que es este último quien lo designa.
- Gestor BIM: Es el responsable de la calidad tanto digital como estructural del diferente contenido de información que se pueda realizar en el proyecto. Cabe resaltar que el presente rol debe mantener la comunicación y coordinación con el coordinador BIM, por lo que es el encargado del dinamismo entre los agentes quien interviene en el proyecto.
- Supervisor BIM: Es el encargado de realizar inspecciones temporales a los contenidos de información y de verificar que el modelo de información sea el adecuado para un correcto flujo entre los involucrados.
- Modelador BIM: Es el encargado de representar la información de las diversas especialidades del proyecto a través de modelos BIM. Además, deberá tener amplio conocimiento de los diversos formatos con el fin de intercambiar información.
- Coordinador BIM: Gestiona el trabajo dentro de una misma especialidad con el fin de salvaguardar los requerimientos brindados por el BIM *Project Manager*, jefe de calidad de modelado y plasmado de data, así como verificar la no existencia de interferencias entre especialidades.

Luego de la presentación de los principales roles BIM en un ambiente colaborativo, la explicación del funcionamiento del flujo de información y su gestión para un determinado proceso, merece la pena saber cuáles son las herramientas que cada uno de estos profesionales manejan para la correcta gestión de la información, las cuales se presentarán en la sección 2.1.4..

2.1.4 Herramientas BIM

2.1.4.1 Herramientas de modelado

Para la realización correcta de un proyecto, es de vital importancia saber la distribución espacial del proyecto en cuestión, ya sea para tener una noción de la magnitud de dicho proyecto o para obtener datos específicos. Es por ello que se debe tener especial consideración a los modelos tridimensionales de las diferentes partidas del proyecto; así, cada especialidad del proyecto en cuestión desarrollará el modelado de sus diversos componentes y lo unirá en amalgama para generar el modelo tridimensional final del proyecto. Para cumplir con las tareas propuestas, BIM se sirve de diversos programas digitales, entre los más importantes se encuentran los siguientes:

- Revit: es un software desarrollado por Autodesk que permite la creación de elementos en tres dimensiones con las particularidades que sugiera el proyecto; asimismo, el programa mencionado cuenta con una biblioteca que tiene una diversidad de opciones que serán de gran ayuda al momento de la realización del modelado. Además de ello, cabe resaltar que Revit tiene la capacidad de realizar el cómputo de los elementos diseñados en las diferentes partidas. Este programa, además, es compatible con Navisworks, AutoCAD Civil 3D, entre otros.
- Archicad: es un *software*, desarrollado por la empresa de Hungría Graphisoft, de modelado de información y construcción BIM, el cual es específico de arquitectura e interiores y no solo permite modelar la infraestructura, sino también generar la documentación del proyecto a la par durante sus fases de vida. Su desarrollo comenzó en 1982 donde se reconoció como el primer software CAD para computadora para modelar proyectos. Este programa facilita el trabajo con objetos paramétricos que contienen datos mejorados, conocidos como *smart objects*, el cual genera un modelo completo de datos con información constructiva de diversos tipos.
- Tekla: es un software desarrollado por Trimble con la especialización en el área estructural. Existen ramas de Tekla según la fase de construcción que se presente. Por ejemplo, Tekla structures que se dedica al modelado, Tekla structures design para el diseño estructural, Tekla tedds y Tekla civil para la gestión BIM de información. Se trata de un *software* paramétrico con el cual podemos generar elementos de fabricación. Por lo general, está más dedicado a los contratistas que se dedican a generar estructuras

metálicas o de concreto, o a diseñadores que optan por el tipo de licitación *design-build* (diseño y construcción).

2.1.4.2 Herramientas de simulación

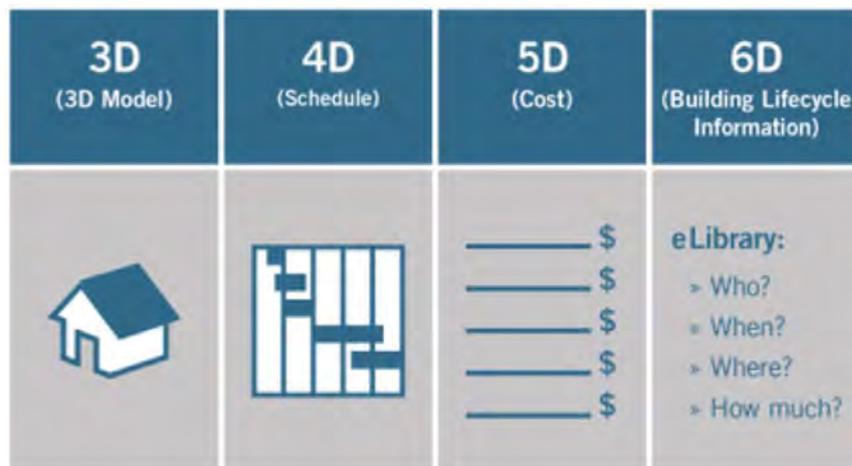
Como se mencionó en la sección 2.1.4.1., es vital un modelo tridimensional para la noción espacial. De hecho, resultaría de gran provecho conocer cuándo se desarrollará cada etapa para realizar un análisis de rendimientos. Por esta razón, a las tres dimensiones espaciales se le añadirá una dimensión temporal que ese encontrará asociada al momento en el que se realizó cada elemento diseñado. Esto es importante puesto que nos brinda el momento exacto en donde se desarrolla cada partida en la etapa de construcción, lo que conduce a un producto más atractivo y completo para el cliente; en esa línea el *software* por excelencia, cuando a modelamiento en 4D se trata, es Navisworks.

Particularmente, Navisworks permite combinar los modelos tridimensionales de las diferentes partidas en un solo modelo que definirá el proyecto, lo cual, en consecuencia, permitirá revelar las interferencias que puedan existir entre especialidades para que, así, se pueda replantear cuanto antes el modelo. Sin embargo, la principal utilidad del programa en cuestión, y por la cual se le considera en este acápite, es la simulación en 4D, que considera el tiempo en que se realizará cada partida; para ello, se suele dividir al proyecto en diferentes sectores.

2.1.4.3 Herramientas adicionales en el ciclo de vida de un proyecto

BIM cuenta con herramientas adicionales además del modelado y simulación que lo complementan para un mayor beneficio. Por un lado, se encuentra el 5D, que está conformado por el modelo 3D agregando el factor costo. A partir de este factor agregado, se pueden obtener los costos estimados en cualquier fase del proyecto de manera precisa y en un modelo de información visual (Azhar et al., 2010). Por otro lado, se encuentra el 6D, que es la representación del modelo *as-built* que permite la evaluación del impacto ambiental de los edificios de inicio a fin, sobre todo en las etapas de operación y mantenimiento (Smith, 2014). A continuación, se muestra en la Figura 6 el resumen de las herramientas de modelos BIM para proyectos de construcción:

Figura 6. Modelos BIM 3D, 4D, 5D y 6D



Nota. Tomado de *Building Information Modeling: What is B.I.M.?*, por P. Fowler, 2014, Pete Fowler Construction Services, Inc. <https://www.petefowler.com/blog/2014/03/26/building-information-modeling>

2.1.5 Usos BIM en el ciclo de vida de un proyecto

Existen varios usos BIM según los países e instituciones en los que se han desarrollado; sin embargo, todas las versiones convergen en una misma descripción, la cual brinda la Guía Nacional BIM realizado por la Dirección General del Programa Multianual de Inversiones (2021): “son métodos de aplicación BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para poder lograr sus objetivos”. Es decir, dichos usos sustituyen actividades por metodologías que se deben emplear en el desarrollo de cierto proyecto que, posteriormente, se transformarán en ingresos económicos. Asimismo, según la página web de Planificación de Ejecución BIM del PennState College of Engineering, estos son 25 y están distribuidos en cada una de las cuatro siguientes fases de un proyecto: planificación, diseño, construcción y operación. Cada uno de los usos puede estar en una o más de las 4 fases, como se ilustra en la Figura 7.

Figura 7. Usos BIM

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
1. Levantamiento de condiciones			
2. Estimación de cantidades y costos			
3. Planificación de las fases			
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial			
5. Análisis de ubicación			
6. Coordinación 3D			
	7. Diseño de especialidades		
	8. Revisión de diseño		
	9. Análisis estructural		
	10. Análisis lumínico		
	11. Análisis energético		
	12. Análisis mecánico		
	13. Análisis de ingenierías		
	14. Evaluación de sustentabilidad		
	15. Validación normativa		
		16. Planificación de obra	
		17. Diseño sistemas constructivos	
		18. Fabricación Digital	
		19. Control de Obra	
		20. Modelación as-Built	
			21. Gestión de activos
			22. Análisis de sistemas
			23. Mantenimiento preventivo
			24. Gest. Y seg. De espacios
			25. Plani. Y gest. emergencias

Nota. Adaptado de *BIM Uses*, por PennState Collage of Engineerin, <https://bim.psu.edu/uses/>

Estos usos BIM se definen según los objetivos de una empresa. Por ejemplo, si una empresa tiene el objetivo de mejorar el trabajo entre los especialistas del proyecto, se podría plantear utilizar el uso número 6 de la Figura 7: coordinación 3D. Por otro lado, cabe resaltar que un uso BIM puede no solo estar en una fase, sino en más. Por ejemplo, el uso BIM número 6, coordinación 3D, inicia su implementación en la fase de planificación, extendiéndose a la fase de diseño y termina en el fin de la fase de construcción.

2.1.5.1 Usos BIM en la fase de planificación

La fase de planificación marca el inicio en un proyecto de infraestructura, en donde se prepara toda actividad necesaria para, posteriormente, derivar al diseño del proyecto y su ejecución. Dentro de esta etapa, el modelo del PennState College of Engineering define los siguientes usos:

- Uso N°1: Levantamiento de condiciones existentes: Consiste en un proceso en el cual se desarrollan modelos BIM del proyecto *in situ*. Dicho modelo, se puede desarrollar por técnicas topográficas. Además, el modelo servirá como fuente de información ya sea para una remodelación o una nueva construcción.
- Uso N°2: Estimación de cantidades y costos: En este proceso se utilizan los modelos BIM para extraer información como cantidades de cierto material o componente, con lo

cual se puede estimar el costo del proyecto en sus diversas etapas. Es conveniente desarrollar este uso en etapas tempranas para prevenir sobrecostos o sobretiempos debido a variaciones del proyecto.

- Uso N°3: Planificación de fases: Proceso en el cual se utilizan los modelos 3D al cual se le agrega el componente tiempo para desarrollar un modelo 4D en el que se planifique la secuencia constructiva del proyecto.
- Uso N°4: Análisis del cumplimiento del programa espacial: A partir de los modelos BIM previstos, se evalúa si el diseño está cumpliendo eficientemente las áreas que involucra el proyecto, considerando las normas establecidas.
- Uso N°5: Análisis de ubicación: A partir de los modelos BIM previstos, se analizan las características de un área y se determina la ubicación para un futuro proyecto.
- Uso N°6: Coordinación 3D: En este proceso se planifican las especialidades del diseño para evitar posibles incompatibilidades entre ellas. Asimismo, involucra la detección de dichas incompatibilidades, de manera que sean evitadas en su ejecución.

2.1.5.2 Usos BIM en la fase de diseño

La fase de diseño es la etapa en la que se esquematizan las ideas, procesos y recursos para, posteriormente, materializar dicha idea de manera que ninguno de sus componentes falle. Dentro de esta etapa, el modelo del PennState College of Engineering define los siguientes usos:

- Uso N°7: Diseño de especialidades: Este es el proceso de desarrollar diferentes modelos BIM para las diversas especialidades del proyecto. Además, se integra información en una base de datos que permite obtener detalles como metrajes, costos y presupuestos, planificación y programación, etc.
- Uso N°8: Revisión del diseño: Procedimiento en el que se evalúan las posibles soluciones a los requisitos del proyecto, como áreas, diseño estético, seguridad, acústica y materialidad, utilizando modelos BIM que ofrecen diversas alternativas.
- Uso N°9: Análisis estructural: Proceso en el que se evalúa el rendimiento de una estructura a partir de modelos BIM. Con dicho análisis, se reajusta el diseño con el fin de desarrollar sistemas que se ajusten a la normativa vigente, asegurando así la seguridad del sistema.

- Uso N°10: Análisis lumínico: En este proceso se decreta el comportamiento de la iluminación del ambiente a partir de modelos BIM. Con un análisis, se replantea el diseño para obtener una iluminación eficiente. Dicho análisis permite elaborar representaciones para optimizar el diseño y desempeño energético.
- Uso N°11: Análisis energético: Consiste en un procedimiento de análisis del proyecto utilizando modelos BIM, enfocado en criterios energéticos. Esta evaluación puede llevarse a cabo en todas las etapas del proyecto, siendo más efectiva durante la fase de diseño para facilitar su implementación en la construcción y operación.
- Uso N°12: Análisis mecánico: Es el procedimiento en el que se examinan y valoran los procesos mecánicos según las especificaciones de diseño para el proyecto a partir de modelos BIM.
- Uso N°13: Otros análisis de ingeniería: Consiste en la determinación de métodos de ingeniería no tradicionales fundamentados en las especificaciones de diseño derivadas de modelos BIM.
- Uso N°14: Evaluación de sustentabilidad: En este procedimiento, se analiza el proyecto con directrices de sustentabilidad a mediante modelos BIM. El procedimiento debe llevarse a cabo a lo largo de las distintas fases del proyecto, que abarcan la planificación, el diseño, la construcción y la operación.
- Uso N°15: Validación normativa: Se trata de la comprobación de la conformidad con las normas pertinentes al proyecto utilizando modelos BIM.

2.1.5.3 Usos BIM en la fase de construcción

La fase de construcción es la ejecución del proyecto desde el inicio de la obra hasta su entrega. En esta etapa, se sirve del diseño para ser plasmado y ejecutado en campo. El modelo de la PennState College of Engineering (2018) plantea los siguientes usos:

- Uso N°16: Planificación de obra: Es el procedimiento en el que, a partir de modelos BIM, se planifica de manera gráfica todas las actividades a realizar propuestas para el proyecto durante su ejecución. Incluye información como el costo de la mano de obra, materiales, entre otros.
- Uso N°17: Diseño de sistemas constructivos: Es el procedimiento de diseño y evaluación de la implementación de sistemas constructivos adicionales para que, a partir de modelos BIM, se pueda optimizar su planificación.

- Uso N°18: Fabricación digital: En este proceso, se emplean modelos BIM para facilitar la producción de componentes de construcción o ensamblajes; por ejemplo, chapas metálicas, acero estructural, corte de tuberías y entre otros.
- Uso N°19: Control de obra: Proceso de supervisión, evaluación y mejora utilizando modelos BIM en la construcción. Es necesario garantizar que la construcción se ajuste a las especificaciones técnicas de acuerdo con las normativas, la seguridad y los requisitos, además de respaldar los estados de pago por el avance en cada entrega parcial.
- Uso N°20: Modelación *as-built*: Es el proceso de modelado que refleja con precisión las condiciones físicas de toda la construcción o infraestructura. Los componentes de estos modelos incluyen información requerida como código de barras, números de serie, garantías, entre otros.

2.1.5.4 Usos BIM en la fase de operación

La fase de operación es el periodo en el que se pone a prueba todas las instalaciones de la infraestructura que podría implicar la ocurrencia de alguna falla o error, desde la entrega de la obra hasta su operación y la culminación del periodo de garantía. Dentro de esta etapa, el modelo del PennState College of Engineering define los siguientes usos:

- Uso N°21: Gestión de activos: Es el proceso en el que un sistema de gestión se integra en modelos *as-built* BIM. Este sirve para apoyar eficientemente en la operación y conservación de activos. Estos modelos incluyen información sobre la construcción física, así como los sistemas y equipos que deben mantenerse, actualizarse y operar de manera eficiente y sostenible.
- Uso N°22: Análisis de sistemas: Es el proceso en el que, a partir de modelos BIM, se analiza el rendimiento de una construcción o infraestructura según el planteamiento de las disciplinas en el diseño. Incluye el análisis energético, incidencia solar en fachadas, análisis lumínicos, entre otros.
- Uso N°23: Mantenimiento preventivo: Es el proceso en el que, a partir de modelos BIM, se lleva a cabo el mantenimiento operativo de la estructura y su equipamiento durante su funcionamiento.
- Uso N°24: Gestión y seguimiento de espacio: Es el procedimiento en el que se utilizan modelos BIM para administrar los espacios y recursos de la edificación o

infraestructura. Estos modelos permiten al equipo la gestión del análisis del uso de espacios, y planificar los posibles cambios en la renovación o expansión del proyecto.

- Uso N°25: Planificación y gestión de emergencias: Es el proceso mediante el cual se obtiene la información del proyecto a través de modelos BIM, con el fin de mejorar la eficacia en la respuesta a emergencias y reducir los riesgos de seguridad.

Una vez ya descritos aquellos conceptos necesarios de la metodología BIM, las cuales se emplearán en la presente tesis, se expondrá, a continuación, un estudio general del nivel de adopción BIM a nivel global y a nivel nacional. Esto será de utilidad para tener una idea de cómo ha ido evolucionando la metodología en algunos países y, así, realizar una comparación de estos con la evolución de la metodología en Perú. Los usos BIM mencionados anteriormente son uno de los parámetros con los cuales se puede medir el nivel de adopción a nivel proyecto; por ello, la importancia de definirlos y de definir los tipos de herramientas, así como quiénes son los involucrados en los proyectos de construcción ya que son estos profesionales a quienes se realizará una futura entrevista para medir el nivel de adopción.

2.2. Adopción BIM global y nacional

2.2.1. Adopción BIM global

BIM comienza en el año 1975 con el nombre de *Building Description System* (BDS), en este periodo, se solía emplear planos, computadoras y modelar elementos. Después de este acontecimiento, distintos autores como Charles Eastman, Rafael Sacks y Bilal Succar han evolucionado a BIM con nuevos conceptos, entre los cuales se encuentran el componente de trabajo y el componente de trabajo colaborativo, para, así, mantener el principal objetivo: facilitar la transmisión de información en las etapas de un proyecto de construcción y maximizar sus beneficios tanto en el costo, alcance y tiempo (Malleon, 2016).

A partir del año 2000, los países desarrollados como Estados Unidos, Australia, Japón y países del norte de Europa, han empleado BIM en la ejecución de los proyectos; en su uso, pudieron identificar las ventajas, desventajas y potencial para el desarrollo del mercado de la construcción (Alvarado y Jurado, 2016). Empezaron a exponerse cómo se mejoraban las estrategias de ejecución de proyectos y la prevención de riesgos asociados a los involucrados

en proyectos de construcción debido a un trabajo colaborativo, lo cual conduce al éxito del proyecto.

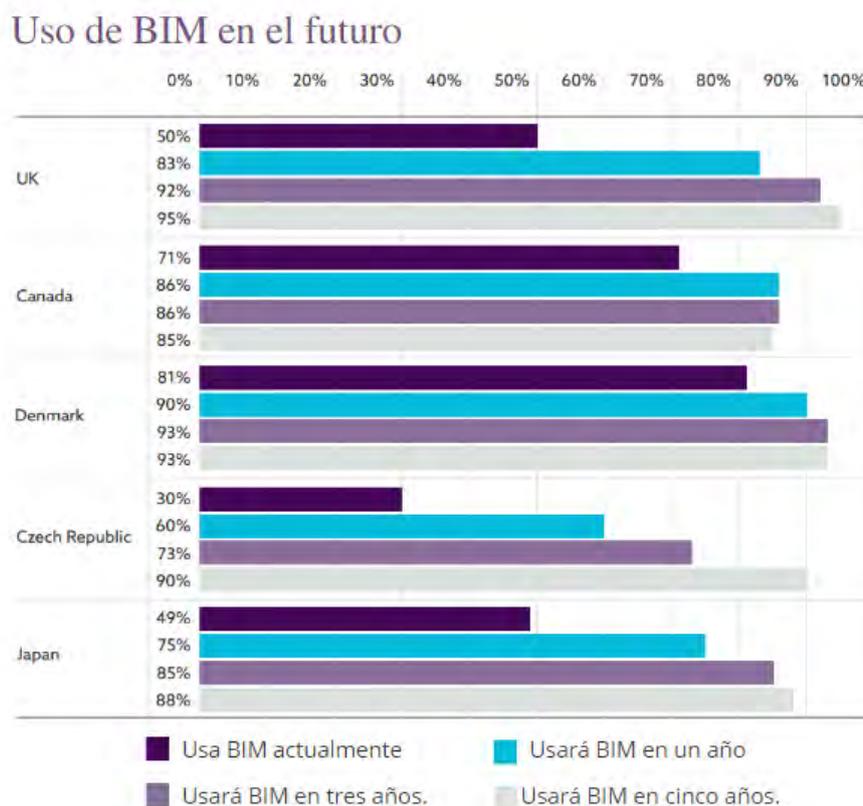
En el 2016, la NBS National BIM Library (2016) analizó el desarrollo de conceptos de BIM a partir de encuestas a ingenieros y arquitectos, en una selección de países con economías maduras y con un sector de construcción desarrollado. Estos son Canadá, Reino Unido, Dinamarca, Japón y República Checa. Todos tienen una larga trayectoria en el trabajo colaborativo para mejorar la construcción e información para la ingeniería, arquitectura y construcción (NBS National BIM Library, 2016). A continuación, se expondrán algunos de los resultados obtenidos en dicho artículo.

En primer lugar, se indagó sobre BIM y su futuro como herramienta de construcción. Para ello, la consulta se orientó a identificar las perspectivas de los encuestados sobre si consideraban que BIM es el futuro de la información de proyectos. Entre los resultados, se obtuvo que el 77 % de los profesionales encuestados de Reino Unido estuvieron de acuerdo en señalar que BIM, efectivamente, constituía el futuro de la información de proyectos; de Canadá, el 83 %; de Dinamarca, el 88 %; de República Checa, el 87 %; y, de Japón, el 75 %. Segundo, se consultó a los encuestados si sabían de la existencia de BIM. En todos los países, excepto en República Checa, la coincidencia fue superior al 90 %, un monto casi universal, mientras que en República Checa la conciencia fue de 51%. Tercero, se consultó a los encuestados si utilizan actualmente BIM. Entre las respuestas, Dinamarca obtuvo la respuesta más positiva con 78% de sus profesionales, mientras que Canadá, el 67 %; Reino Unido, el 48%; Japón, el 46 %; y República Checa, el 25 %. Cuarto, se consultó si la industria aún no tiene lo suficientemente claro qué es BIM. En Japón, se obtuvo que el 78 % de sus encuestados consideran que aún no hay claridad sobre el concepto de BIM; en Dinamarca, el 77 %; en Reino Unido, el 67%; en Canadá, 56 %; y, en República Checa, 49 %.

En segundo lugar, se consultó si próximamente utilizarán BIM en proyectos de construcción, siempre que se tenga en cuenta el plazo de entrega de un proyecto. Se preguntó si actualmente lo usan y si consideran que lo usarán de acá a un año, tres años y cinco años. República Checa tomó la iniciativa con más incremento de adopción de BIM conforme pasan los años. En general, se obtuvieron los siguientes resultados para cada país: en Reino Unido, actualmente, el 50% utiliza BIM; en Canadá, el 71 %; en Dinamarca, el 81 %; en República Checa, el 30 %; y, en Japón, el 49%. Asimismo, los encuestados creen que después de 5 años, en Reino Unido,

el 95 % utilizará BIM; en Canadá, el 85 %; en Dinamarca, el 93 %; en República Checa, el 90 % ; y, en Japón, el 88 %, resultados que se ilustran en la Figura 8

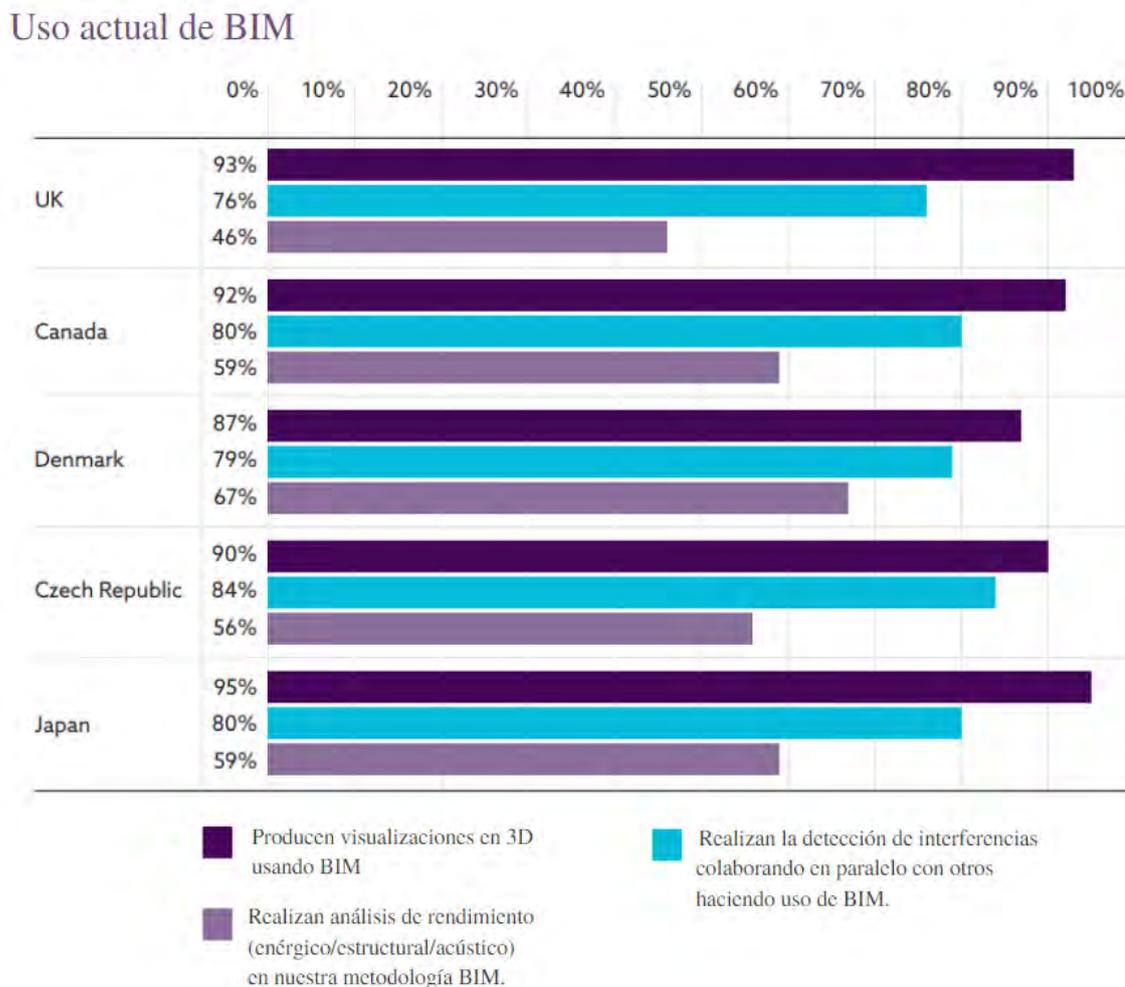
Figura 8. Uso de BIM en el futuro



Nota. Adaptado de *NBS International BIM report 2016*, por A. Malleon, 2016, National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/-/media/uk/files/pdf/nbs-international-bim-report-2016.pdf?la=en>

En tercer lugar, debido al auge de BIM en el momento de aplicación de la encuesta, se consultó a los encuestados sobre tres escenarios: si producen visualizaciones 3D usando BIM, si realizan análisis de desempeño (estructural, de consumo de energía o de acústica) en BIM y si realizan detección de conflictos de manera colaborativa con otros compañeros de trabajo mediante herramientas BIM. Los resultados, como se presentará en la Figura 9, arrojan que, para el primer escenario, por lo general, el 90 % o más utilizan BIM para producir visualizaciones en 3D. En relación con el segundo escenario, al menos del 60 % realizan análisis de desempeño en BIM, con una proporción menor en Reino Unido (46 %). Por último, para el tercer escenario, la detección de conflictos es utilizada por más del 75 % de los usuarios BIM en todos los países.

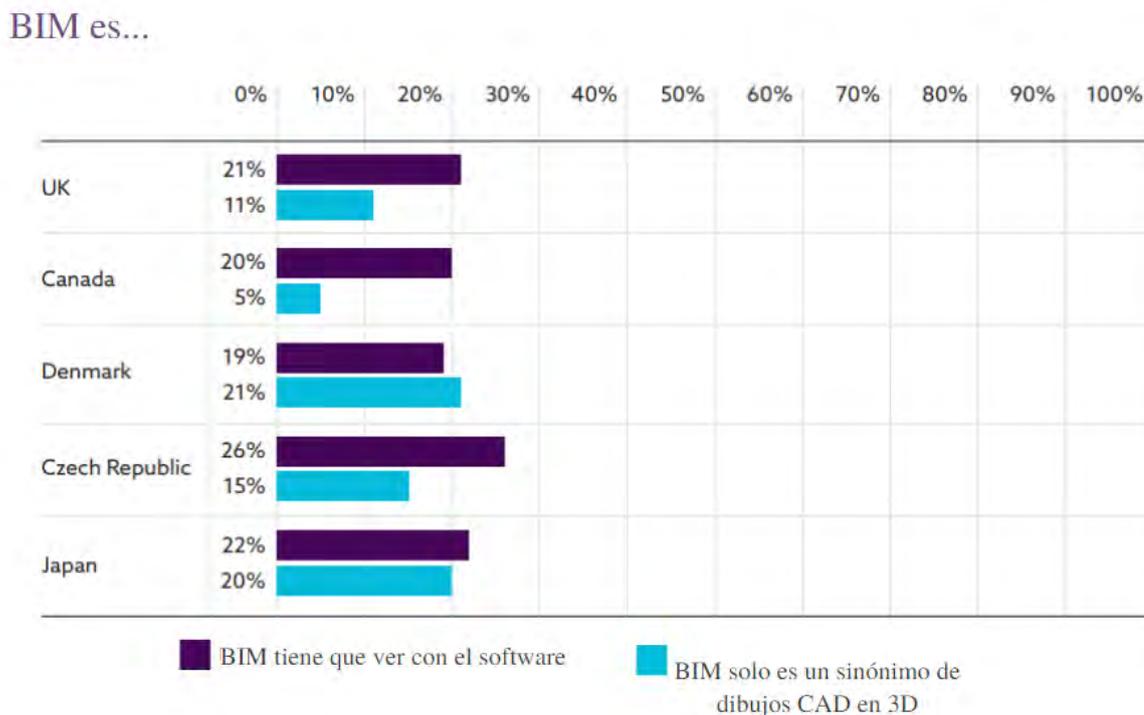
Figura 9. Uso actual de BIM



Nota. Adaptado de *NBS International BIM report 2016*, por A. Malleon, 2016, National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/-/media/uk/files/pdf/nbs-international-bim-report-2016.pdf?la=en>

En cuarto lugar, se consultó sobre los conceptos de BIM para saber si los encuestados lo perciben únicamente como una herramienta de *software* que facilita el acceso a la información y la transparencia, en lugar de una forma colaborativa de trabajar. Los resultados exponen que, de los encuestados de República Checa, el 26 % pensó que BIM se relaciona con *softwares*; en Reino Unido, el 21 %; en Canadá; el 20 %; en Dinamarca, el 19 %; y, en Japón, el 22 %. También, se consultó a los profesionales si consideran a BIM solo como sinónimo de dibujos en 3D. Los resultados indicaron que, en Reino Unido, el 11% lo considera; en Canadá, el 5%; en Dinamarca, el 21%; en República Checa, el 15%; y, en Japón, el 20%. A continuación, la Figura 10 ilustra los resultados mencionados.

Figura 10. Percepción de BIM

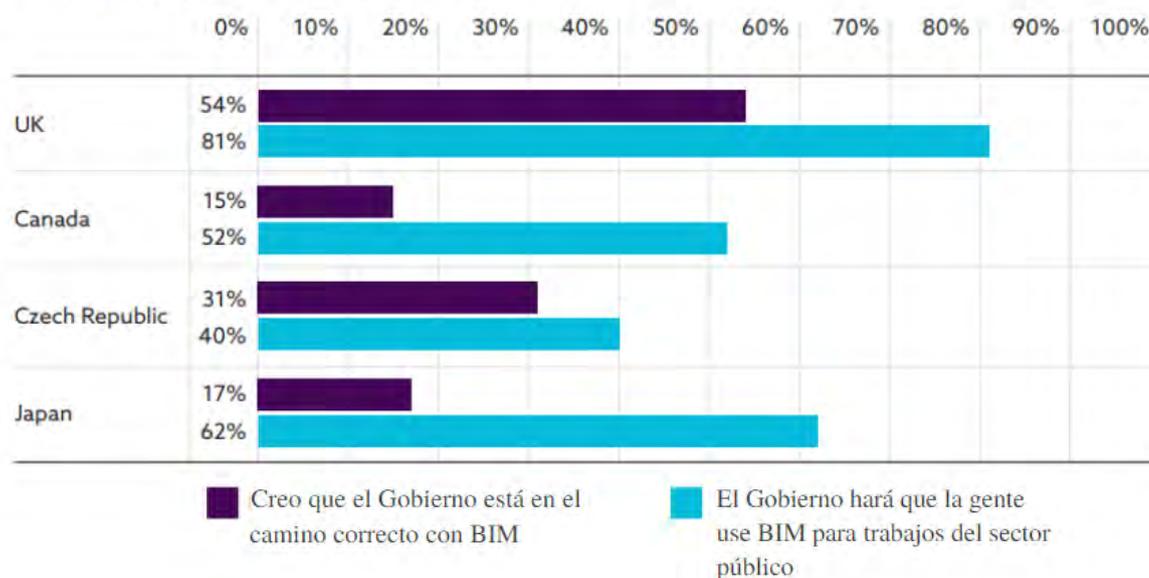


Nota. Adaptado de *NBS International BIM report 2016*, por A. Malleon, 2016, National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/-/media/uk/files/pdf/nbs-international-bim-report-2016.pdf?la=en>

En quinto lugar, se consultó a los encuestados sobre qué piensan del gobierno de su nación respecto a las estrategias para la adopción de BIM. Los resultados, representados en la Figura 11, evidenciaron que, en Reino Unido, cuyos porcentajes fueron elevados, un 54% de los encuestados creen que el gobierno está en buen camino con BIM; en Canadá, el 15%; en República Checa, el 31%; y, en Japón, el 17%. Además un 81% de Reino Unido concuerda que el gobierno exigirá que los profesionales de construcción usen BIM para el trabajo del sector público, en Canadá un 52%, en República Checa un 40% y en Japón un 62%.

Figura 11. Opiniones respecto de BIM

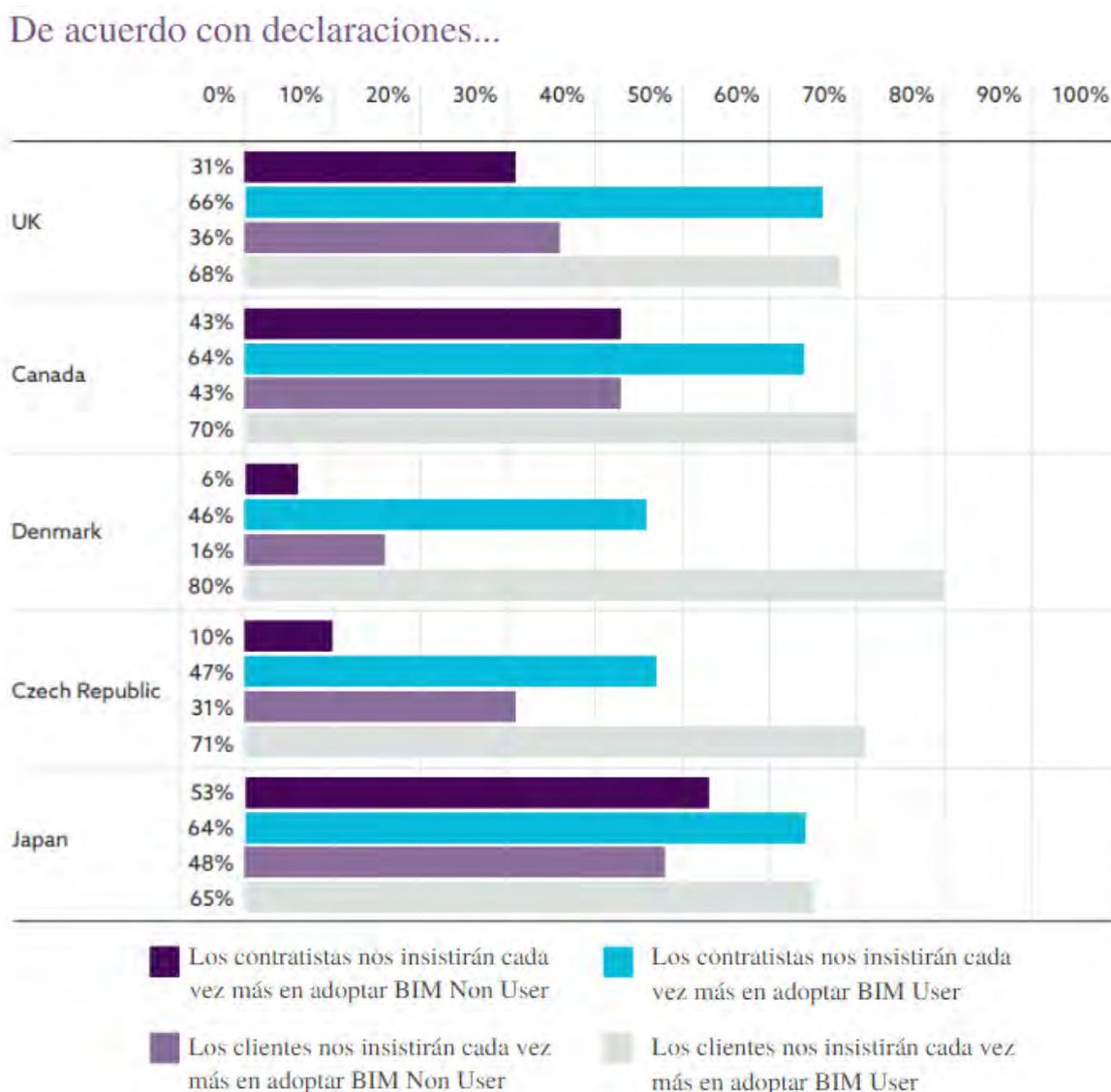
De acuerdo con declaraciones...



Nota. Adaptado de *NBS International BIM report 2016*, por A. Malleon, 2016, National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/-/media/uk/files/pdf/nbs-international-bim-report-2016.pdf?la=en>

Finalmente, se consultó sobre cómo perciben los encuestados a BIM en un futuro aplicado a los proyectos de construcción. Las respuestas mostraron que, en Canadá, donde se obtuvo mayores porcentajes, el 43% cree que los contratistas insistirán cada vez más en adoptar no usuarios BIM y el 64% cree que los contratistas insistirán cada vez más en adoptar usuarios BIM. Asimismo, el 64% cree que los clientes insistirán cada vez más en adoptar no usuarios BIM, mientras que el 70% creen que los clientes cada vez más insistirán en adoptar usuarios BIM. Estos resultados se encuentran detallados en la Figura 12.

Figura 12. Opiniones respecto de BIM



Nota. Adaptado de *NBS International BIM report 2016*, por A. Malleon, 2016, National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/-/media/uk/files/pdf/nbs-international-bim-report-2016.pdf?la=en>

La situación actual del BIM en el mundo ha crecido de manera exponencial, impulsada por un aumento económico de países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que, desde 2016, ya apuestan por incorporar BIM en su estrategia en los sectores de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. El estado actual del BIM en el mundo a través de la página web BIM Community (2016), se estima que, para el 2020, el mercado BIM crecerá hasta en un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo. Según los resultados del Cambashi Insight mencionados en el BIM Community (2016), se demuestra,

también, que los países que han realizado desde 2016 o están realizando mayores inversiones son Australia, Países Bajos, por delante de Reino Unido y Alemania.

Ello pone en manifiesto que los países más desarrollados lideran, pues se encuentran encabezados por una fuerte iniciativa europea. Por ejemplo, Reino Unido con el Level 2 obligatorio para 2016, parecida a la iniciativa escocesa que prevé el uso del BIM para 2017 en proyectos de más de 4 millones. Por otro lado, en Francia y Alemania hay diversas organizaciones que buscan guiar la implementación del BIM: se trata de Plan Transition Numérique dans le Batiment y el Planen Bauen 4.0, respectivamente. En España, también se establece un requisito obligatorio para proyectos públicos durante el año 2018. Los países escandinavos, que ya iniciaron con BIM hace años, son los más adelantados en la materia. En Finlandia, Dinamarca y Noruega el uso del BIM es obligatorio y en la actualidad se enfocan más en aumentar la eficiencia energética de sus edificios. En Países Bajos, la mayor parte de las carreteras del país se han construido utilizando la metodología BIM mediante el programa SAA (BIM Community, 2016).

A nivel global, la adopción de BIM es más uniforme, destacando países de Latinoamérica como Chile, Perú o Colombia, donde la demanda de perfiles BIM es muy alta. También en el norte del continente, como Estados Unidos, que recientemente, en 2016, lanzó la primera versión de la *National BIM Guide for Owners*, y Canadá. En Corea del Sur y China, BIM tiene una sólida presencia; de hecho, en Corea del Sur se realizó la primera conferencia sobre BIM, mientras que en China ya se cuenta con un estándar unificado para su implementación. La página web del BIM Community (2016) expone que sí es una buena opción invertir en formación BIM. En efecto, la oferta educativa es cada vez más diversa y competitiva, lo que permite adquirir los conocimientos necesarios para dominar las herramientas BIM. Norteamérica se presenta como uno de los destinos más adecuados, dado que tiene más experiencia en BIM, seguida de Europa y Corea del Sur. Lo que queda por reforzar es el perfil de los usuarios en Norteamérica, quienes aún dominan más la metodología, con casi un 75%, seguido de Corea del Sur con un 51% y Australia y Nueva Zelanda con un 49%.

Es un hecho que, en 2016, tal como menciona el estudio realizado por el Malleson (2016) a partir de la *NBS National BIM Library* o el artículo de la página web BIM Community, existía

el uso de la metodología BIM en los países como Reino Unido, Canadá, Dinamarca, República Checa y Japón. Tal como revelan las estadísticas, existe ya la peculiaridad de algunas empresas en optar por contar con contratistas para la implementación de la metodología y esto por encima de apostar por la capacitación de su propio personal. En contraste a la estadística de este estudio, ya en 2023, la National Building Specification realiza un estudio, de manera más general, pero que nos da una visión panorámica de la situación de BIM a nivel global. Este estudio fue realizado a 723 profesionales entre clientes entre consultores (68%), constructores o contratistas (13%), proveedores (11%) y clientes (8%). Un 72% de los encuestados son de Reino Unido, mientras que un 28% de Europa (fuera de Reino Unido) y Asia. A continuación, se presentan los datos que revela dicho estudio en contraste al anteriormente mencionado.

En relación con la adopción de estándares internacionales descritos en la ISO 19650, norma internacional de gestión de la información durante todo el ciclo de vida de un activo construido mediante BIM, según la NBS, actualmente existen nuevos estándares y pueden llevar más tiempo leerlos y aprender a aplicarlos. Dicho esto, el número de personas que relacionan BIM con BS/PAS 1192 solo son el 22% de los encuestados, que, según la NBS, el marco PAS 1192 define los requisitos para el nivel de detalle del modelo (el contenido gráfico), la información del modelo (el contenido no gráfico, como los datos de especificación), la definición del modelo (su significado) y los intercambios de información relacionados con el modelo (National Building Specification, 2023). Para otros, puede ser importante adoptar los últimos estándares internacionales, como los descritos en BS EN ISO 19650, que tal como lo describe la NBS, el documento BS EN ISO 19650 ofrece un estándar creado por la industria para detallar el estado de desarrollo de diversos sistemas, ensamblajes y componentes en un modelo BIM, siendo que el 27% se refiere a BIM de esta forma. Además, se descubrió que las organizaciones más pequeñas, con 25 empleados (17%) o menos, tienen menos probabilidades de considerar que BIM sigue este conjunto de estándares. En términos de disciplina, son los especialistas quienes tienen más probabilidades de ver BIM en términos del proceso BS EN ISO 19650 (55%), como una mejor gestión de la información (38%) y una base de transformación digital (41%). En cuanto a requisitos de crear datos estructurados a partir de inteligencia artificial y otras formas de tecnología digital, el 29% de los encuestados ven a BIM de esta manera. Cuando se observaron los resultados sobre la adopción BIM por parte de las personas, aquellos que no la han adoptado son menos propensos a describirlo como si siguieran los procesos de las normas: el 18% lo ve en relación BS EN ISO 19650, en contraste el 31% de quienes utilizan BIM. Ahora, quienes no utilizan BIM son más propensos a verlo como una mejor gestión de la

información (30%), y una mayor parte de ellos lo describe de otra manera, el 15% en comparación con el 9% de los que adoptan BIM.

Por otra parte, el estudio realizado por el National Building Specification (2023) demuestra un crecimiento de adopción BIM a nivel mundial. Desde 2018 la proporción que adopta BIM se ha mantenido prácticamente sin cambios, tal como se aprecia a continuación en la Figura 13. Sin embargo, existe algunas diferencias entre los roles, con una adición que aumenta al 73% entre los consultores y para clientes es menor (53%)

Figura 13. Adopción BIM en el tiempo

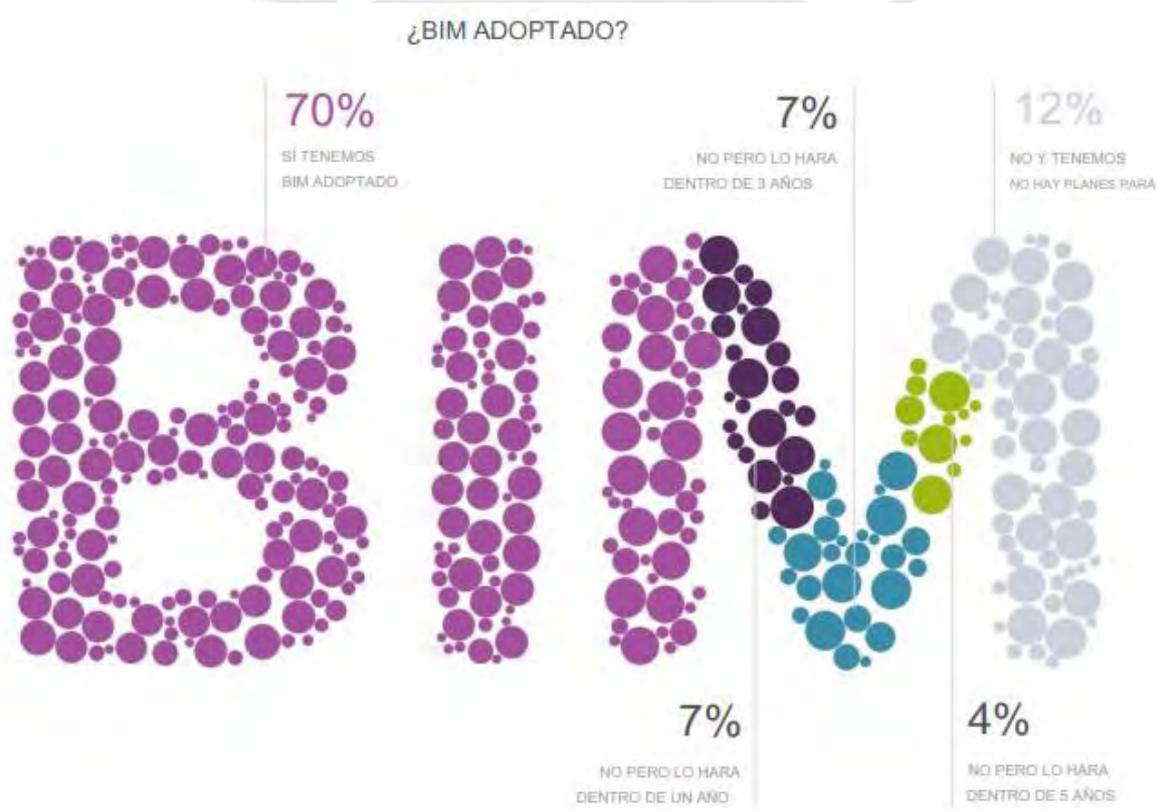


Nota. Adaptado de *Digital Construction Report 2023*, por National Building Specification, 2023 https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2023/_pdfs/digital-construction-report-2023.pdf

La adopción de BIM entre las prácticas de la arquitectura y el paisajismo es mayor, con un 77%. Todavía existen grandes diferencias en relación con el tamaño de la organización: la adopción cae al 60 % entre las organizaciones con menos de 25 empleados y al 56% para aquellas con menos de 15 empleados. La edad también es un factor importante, ya que aquellos profesionales de 55 años a más tienen menos probabilidad de haber adoptado BIM (59 %) y más probabilidades de no tener planes de hacerlo (22 %). El 18 % de los encuestados planea adoptar BIM: el 7 % dentro de un año mientras que el 12 % no tiene planes de hacerlo. Alrededor del 20 % tiene la intención de utilizar BIM, lo que sugiere que la adopción continuaría aumentando, especialmente porque, según el estudio, encuestas anteriores también

han demostrado esta intención. El que no lo hayan hecho sugiere que todavía existen barreras para algunos profesionales que les dificultan la adopción de BIM. La porción sin planes aumenta al 19 % entre las organizaciones con menos de 25 empleados y, al 23 %, entre aquellas con menos de 15 empleados. Estos datos demuestran que es probable que persistan algunos desafíos para la adopción de BIM que afectan, particularmente, a las organizaciones más pequeñas y que se plantearon hace años factores como la falta de demanda de clientes, tiempo, costos adicionales y proyectos percibidos como demasiado pequeños para justificar el uso de la metodología. Frente a ello, el estudio de la NBS también realiza una interrogante a los encuestados a cerca del estado de adopción que tienen de BIM, cuyo resultado se revela en la Figura 14, el cual es bueno ya que el 70 % admite tener BIM adoptado, mientras que existe un 12% que no lo adopta y no tiene pensado adoptarlo en los próximos años.

Figura 14. Opiniones respecto al BIM adoptado



Nota. Adaptado de *Digital Construction Report 2023*, por National Building Specification, 2023 https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2023/_pdfs/digital-construction-report-2023.pdf

Ahora, el estudio también plantea un análisis respecto al intercambio de información que se maneja en el mundo. Si bien la adopción de BIM en cuanto a tareas no parece haber aumentado mucho, el 77 % señalan que su organización sigue en una convención de nomenclatura para toda la información que se comparte. Además, el 56 % intercambia información en formato IFC y el 36% en formato COBie. La proporción que intercambia en formato IFC es mayor entre las prácticas de la ingeniería, con un 75%.

Figura 15. Opiniones respecto al intercambio de información



Nota. Adaptado de *Digital Construction Report 2023*, por National Building Specification, 2023 https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2023/_pdfs/digital-construction-report-2023.pdf

2.2.2. Adopción BIM nacional

En la actualidad, los planes nacionales BIM apuntan a la construcción de infraestructuras en un entorno en el cual hay información digital más allá de un modelo tridimensional, asociada a información no gráfica y documentación. No obstante, a pesar de los grandes avances por su implementación, aún se tiene un bajo avance en el desarrollo del sector construcción.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en junio de 2022, el índice de producción del sector construcción registró un aporte del 6 % del PBI nacional mientras que, en otros sectores, dicho porcentaje de aporte está más elevado: en manufactura, 12.6 %; extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos, 11 %; y agricultura, 5 %. Según el planteamiento de Barbosa et al. (2017), esto se debe a que el sector construcción no es homogéneo; es decir, se divide en actores que se dedican a gran número de oficios especializados fragmentados, que actúan como grandes empresas (gerencia de proyectos) o trabajan como pequeñas empresas (subcontratistas), donde el primer grupo manifiesta una productividad mucho más alta que el segundo grupo, quienes muestran poca integración en el diseño, la planificación y el cronograma maestro del proyecto. Asimismo, los problemas con mayor impacto en la productividad se resumen en cuatro: colaboración y contratación, diseño e ingeniería, gestión de compras y cadena de suministros, y tecnología (Barbosa et al., 2017). Asimismo, según el World Economic Forum, en el 2019, en cuanto a infraestructura, el Perú está en el puesto 88 a nivel mundial en cuanto a desarrollo y calidad de infraestructura (Schwab, 2019).

Frente a esta problemática, se plantea el uso de BIM como una promesa de mejora de productividad en proyectos de construcción para la innovación y transparencia de información. Para entender el contexto, a continuación, se presentan algunos resultados a nivel nacional sobre el Tercer Estudio de Adopción de BIM, realizado por Murguía et al. (2023). Dicho estudio consta de una serie de preguntas conceptuales a nivel de investigación cualitativa a 211 empresas del sector construcción.

Cabe resaltar que, antes de la tercera investigación, se realizaron el primer y segundo estudio con el fin de contrastar los resultados a lo largo del tiempo. En ese sentido, se comentarán cifras de estos para tener una mejor referencia de la evolución de la adopción de BIM en el Perú.

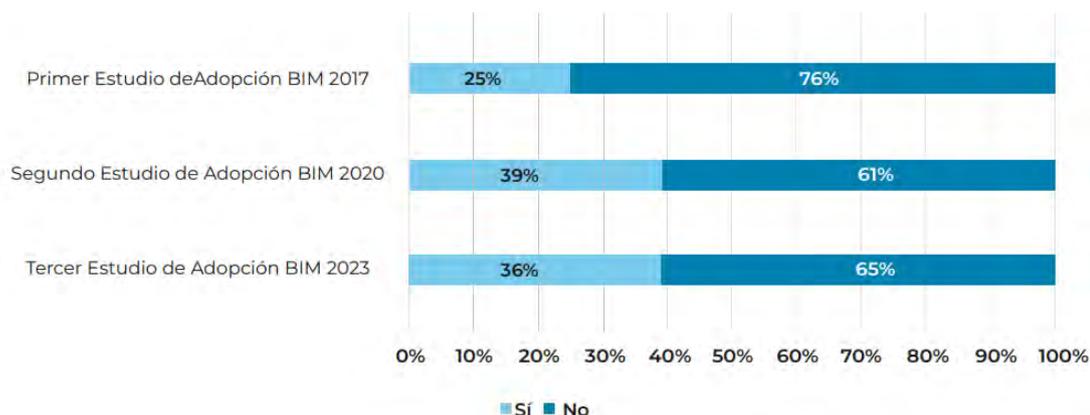
En primer lugar, en el primer estudio, desarrollado por Murguía et al. (2017), los autores consultaron a los involucrados de las constructoras si BIM les permite el trabajo colaborativo.

Alrededor del 93 % estuvieron totalmente de acuerdo o de acuerdo, el 4% estuvieron ni en acuerdo ni en desacuerdo, el 2 % en desacuerdo y el 1 % totalmente en desacuerdo. En segundo lugar, se indagó si la implementación de BIM en el estándar peruano necesita modificaciones en las políticas empresariales. El 70 % estuvieron totalmente de acuerdo o de acuerdo, el 11 % ni en acuerdo ni en desacuerdo, el 17 % en desacuerdo y un 2 % en total desacuerdo. En tercer lugar, se preguntó si BIM implica un cambio en los procesos laborales de las empresas. El 82 % estuvieron totalmente de acuerdo o de acuerdo, el 8 % ni en acuerdo ni en desacuerdo, el 8 % en desacuerdo y un 2 % en total desacuerdo. En cuarto lugar, se indagó si BIM es una tecnología para crear modelos en 3D. El 67 % estuvieron totalmente de acuerdo o de acuerdo, el 10 % ni en acuerdo ni en desacuerdo, el 15% en desacuerdo y el 8 % en total desacuerdo. En quinto lugar, se consultó si BIM requiere de especialistas que brinden asesoría a la empresa. El 85 % estuvieron en total acuerdo o de acuerdo; el 11 % ni en acuerdo ni en desacuerdo; y el 4 % en desacuerdo. Finalmente, se consultó si BIM presenta un bajo retorno de la inversión. El 22 % estuvieron totalmente de acuerdo o en acuerdo, el 26 % ni en acuerdo ni en desacuerdo, el 38 % en desacuerdo y el 14 % en total desacuerdo.

Por otro lado, en el Segundo Estudio de Adopción BIM en el Perú, realizado por Murguía et al. (2020), se revelan algunos incrementos respecto al 2017, dato que refleja un avance importante en la adopción y control de la metodología. Primero, en cuanto a la adopción misma de BIM en proyectos, esta ha aumentado de 25 % a 39 % entre 2017 a 2020. Segundo, alrededor del 20 % de los modelos son generados de manera nativa por diseñadores de arquitectura e ingeniería, lo cual es un ligero incremento entre 2017 a 2020. No obstante, si bien ha habido un incremento de uso BIM, aún existen problemáticas en cuanto a nivel de adopción se refiere. Aún existe un 60.9 % de proyectos en Perú que no ha adoptado BIM, lo cual es un porcentaje elevado en el actual contexto en el que ya los países desarrollados toman la delantera en el sector construcción.

Finalmente, en el Tercer Estudio de Adopción BIM, se vio un decremento en la velocidad de adopción (Murguía et al., 2023). Así, se puede ver que la adopción se redujo en 3% pasando a 36%, tal como se ilustra a continuación en la Figura 16, lo que podría suponer un decremento; sin embargo, tal y como lo indica el estudio, esta diferencia es inferior al margen de error y, por lo tanto, se puede concluir que la adopción no disminuyó (Murguía et al., 2023). Con respecto a la autoría de modelos, según el estudio, la opción de tercerizar este servicio se ha vuelto la favorita de las empresas tanto en arquitectura como en estructuras y acero.

Figura 16. Comparación de nivel de adopción BIM en Lima Metropolitana y Callao



Nota. Tomado de *Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima*, por D. Murguía, C. Vasquez, D. Culqui, J. Ley, O. Supanta y S. Yañez, 2023, Departamento Académico de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>

Ahora bien, una primera reflexión del decremento de la velocidad de adopción es que las empresas tienen como objetivo primordial brindar al cliente el entregable en el menor tiempo posible independientemente si esto implique adoptar BIM. En ese sentido, la manera más idónea de contrarrestar esto sería con normativas que garanticen el uso de BIM en dichas empresas.

Existen dos razones cruciales que podrían generar problemas en el trabajo y planificación dentro de una empresa. Por un lado, se encuentra que existe una tendencia por parte de las empresas de tercerizar el modelado y, por otro lado, la educación y concepto que tienen los profesionales respecto a BIM en las empresas. Esto último es alarmante pues, según el tercer estudio, un 24 % de profesionales encasilla a BIM en una tecnología de modelado en 3D y detección de incompatibilidades. Al tener modelos con diferentes métricas, creados por diversos especialistas no colaborativamente y profesionales con distintos conceptos sobre la metodología se generarán, inevitablemente, barreras digitales dentro de las empresas del sector construcción que ha implementado BIM.

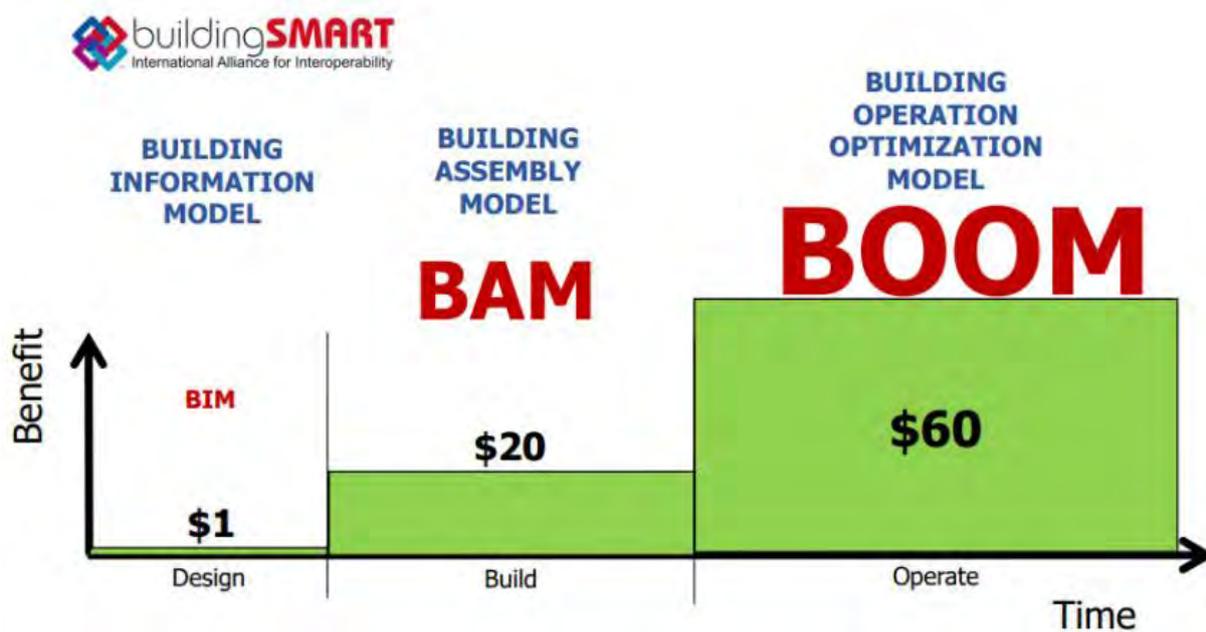
2.3. Barreras digitales

En una empresa de construcción que usa la metodología BIM, como ya se mencionó en acápites previos, se suele contratar a personal calificado para desempeñar las labores correspondientes de un equipo de digitalización, en vez de capacitar al personal existente para realizar las tareas antes mencionadas. La afirmación que se acaba de mencionar se realiza sobre la base del artículo *BIM Adoption Among Contractors: A Longitudinal Study in Peru*, realizado por Murguía et al., 2022, en donde se desarrollan dos factores claves: el primero, es que un contratista promedio adopta BIM si cree que dicha metodología contribuye a mejorar el rendimiento del proyecto aunque esto no necesariamente implique mejorar su rendimiento individual; el segundo factor clave es que los profesionales de la construcción se preocupan más por la facilidad de implantación de la metodología BIM, tanto en empresas como proyectos, que por la facilidad de su aprendizaje. En los siguientes párrafos se desarrollarán a profundidad los factores antes mencionados.

Con respecto a la percepción de la utilidad en el proyecto; por un lado, la investigación de Sabet y Chong (2020) sostiene que el uso de la metodología BIM tiene el potencial de mejorar la productividad. Por otro lado, el flujo de operaciones en los proyectos de construcción también se ve significativamente potenciado porque BIM no busca que cada involucrado trabaje aisladamente, sino de manera colaborativa, lo cual crea un entorno en el cual la resolución de conflictos sea más efectiva.

Asimismo, a partir de una rápida cuantificación de los beneficios de la implementación de BIM, se estima que cada dólar invertido en su implementación produce un beneficio financiero de tres dólares (Ahn et al., 2016). Esto debido a que se reducen costos por interferencias entre las diversas partidas de un proyecto y el retrabajo que estas implican, a la par que se aumenta la productividad y se mejora la comunicación. Según Patrick MacLeamy (2022), presidente del Building Smart International, se define el ciclo de vida de un proyecto en seis fases consecutivas: definición del proyecto, desarrollo del diseño, detalles ingenieriles, construcción, entrega y operación. Mientras a más temprana etapa descubramos los cambios ingenieriles del proyecto, tendremos mayor posibilidad de controlar los costos. Por cada dólar invertido en el costo del diseño, el cliente paga 20 dólares en construcción y 60 dólares en operación, por lo que es crucial realizar los cambios en la etapa de diseño y no en etapas avanzadas (MacLeamy; 2022). Esto podemos verlo mejor ilustrado a continuación en la Figura 17:

Figura 17. Magnitud de gastos en las diferentes etapas de un proyecto



Nota: Tomado de <https://www.buildingsmart.org/openbim-for-the-entire-building-lifecycle/>

MacLeamy (2022) propone el desarrollo de BIM desde la etapa de diseño para mejorar la productividad en un proyecto. Esto a largo plazo permitirá reducir el costo, ya que, al mejorar la calidad en una etapa inicial, se evitarán cambios traducidos en sobrecostos por alguna nueva actividad en construcción sin precio fijado en el contrato, es decir, adicionales de obra. Aquí la utilidad de BIM es que permite realizar deductivos en etapas prematuras.

En síntesis, de estas primeras ideas mencionadas sobre la adopción de la metodología BIM, se tiene que los contratistas tienen una buena percepción de la utilidad del proyecto. Se mencionó, además, que se mejora la productividad, como también se mejora el flujo de operaciones en los diversos proyectos de construcción.

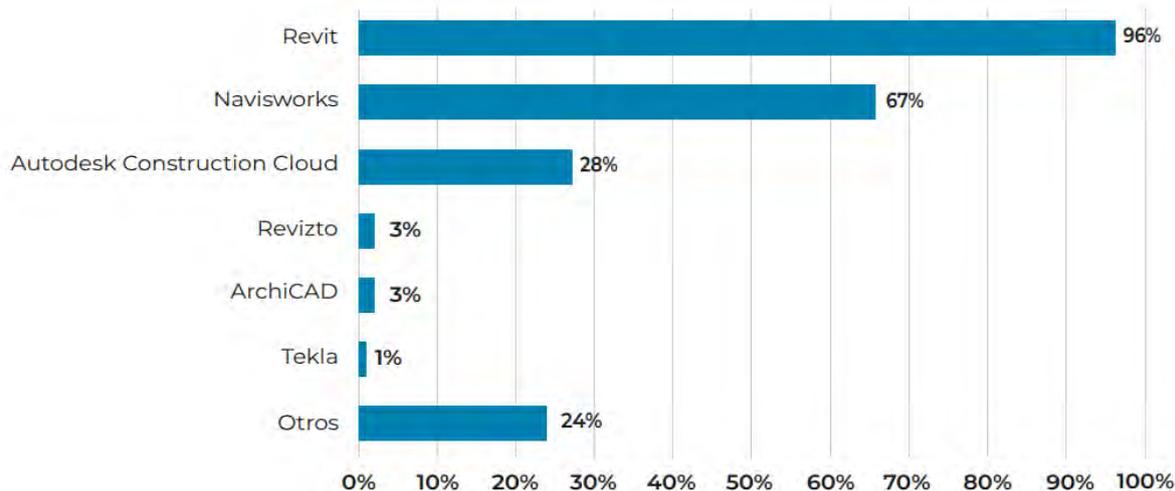
Ahora bien, con respecto a la facilidad de aplicación percibida, Ahankoob (2018) plantea que, en la realización de un determinado proyecto, algunos contratistas y diseñadores no están totalmente cualificados para utilizar la metodología BIM. Esto genera que los profesionales de la construcción que sí están capacitados con esta herramienta de trabajo tengan que volver al diseño tradicional utilizando CAD y modelos en dos dimensiones. La situación descrita anteriormente tiene como consecuencia que los esfuerzos por la adopción de la metodología

BIM, tanto en empresas de construcción y diseño como en proyectos a realizar, sean difíciles de gestionar y es un factor por el cual no se decide adoptar dicha metodología.

Al momento de optar por el uso de BIM en una empresa de construcción, un factor a tomar en cuenta es la actitud hacia el BIM; esto se define como el cúmulo de sentimientos, ya sea negativo o positivo, del usuario en cuestión ante una determinada actitud (Fishbein y Ajzen, 1977). Un dato que enriquece el factor antes presentado es el caso de los contratistas suecos, por sobre la presión del cliente o la capacidad interna de la empresa, deciden si optar o no por BIM sobre la base de la actitud hacia dicha metodología (Bosch y Sijtsema, 2017).

El factor más notorio que representa un estancamiento en cuanto a la aplicación de BIM es el cambio digital que esta implica, es decir, la facilidad de entender las herramientas digitales para la correcta adopción. Por ejemplo, según el tercer estudio de adopción BIM realizado por el ingeniero Murguía et al. (AÑO), se revela, en la Figura 18, la estadística de usos de *softwares*

Figura 18. Softwares utilizados en proyectos (N=75)



BIM para proyectos que adoptan la metodología.

Nota. Tomado de *Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima*, por D. Murguía, C. Vasquez, D. Culqui, J. Ley, O. Supanta y S. Yañez, 2023, Departamento Académico de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>

Como se observa en la Figura 18, se ha determinado que el *software* más usado en la industria de construcción peruana es Autodesk Revit. No obstante Revit es solo una herramienta de modelado. Además, se tiene un 67 % de uso del *software* Naviswork, que es una herramienta de simulación, conocido también como 4D. Si bien el uso de ambos *softwares* es elevado, hacen falta herramientas de colaboración en la que los involucrados puedan juntarse a resolver las incompatibilidades entre especialidades y un entorno común de datos para un flujo de información más efectivo. Revizto es una herramienta de colaboración, sin embargo, su porcentaje de uso es muy bajo (3 %). También Autodesk Construction Cloud es una herramienta de entorno común de datos, la cual también tiene un porcentaje bajo de uso (28 %). Entonces, al no contar con conocimiento suficiente de herramientas de colaboración y entorno común de datos, se generan barreras digitales por parte de los involucrados la cual hace que BIM no pueda desarrollarse en su máximo esplendor. En consecuencia, no podrá aprovecharse los beneficios que permite BIM, sobre todo la reducción de tiempo ya que es la herramienta colaborativa la que permite mejorar el flujo de información y la velocidad para la correcta gestión de cambios en el proyecto.

2.4. Síntesis de contraste con los objetivos planteados

En síntesis, conocer el estado actual, a nivel nacional y nivel mundial, en los países con más margen de adopción BIM nos permitirá saber qué propuestas para la reducción de las barreras digital se pueden definir ya que, así, se sabrá cuáles son los principales orígenes de los problemas de las brechas digitales, no solo en nuestro país, sino en los demás países, y así poder contrastar la información. En este análisis, se estudiaron países como Reino Unido, Canadá, Dinamarca, República Checa y Japón, países que ya, en 2016, según el NBS National BIM Library (AÑO), tenían un alto nivel de adopción en sus proyectos. Estos países, realizando una comparativa con lo que dicta el Primer Estudio de adopción BIM del Ing. Danny Murguía et al. (AÑO), tienen un porcentaje superior de adopción (todos con más del 30 %) mientras que, en Perú, 1 año después, en 2017, solo el 24 % de los proyectos en Lima metropolitana y Callao se encontraban adoptando la metodología. Evidentemente, existe un desfase superior en cuánto a adopción de la metodología BIM en aquellos países que en Perú.

Por otra parte, definir la metodología BIM, los modelos de madurez BIM en las organizaciones, los involucrados en los proyectos de construcción, las herramientas BIM y los usos BIM en el

ciclo de vida de un proyecto nos permitirán detectar cuáles son las definiciones de la metodología BIM que utilizan las empresas y también cuáles serán los parámetros a utilizar en nuestra entrevista a realizar, la cual se explicará posteriormente en la metodología, para, finalmente, determinar cuáles son las causas de las barreras digitales y, según ello, poder elaborar una propuesta dirigida hacia la alta gerencia sobre estrategias para superar dichas barreras digitales.



Capítulo 3: Metodología

3.1. Metodología utilizada

- Compilación de fuentes literarias

En esta primera etapa se obtendrá la información necesaria para realizar el desarrollo del presente trabajo. En un primer momento, se recopilará información requerida para definir BIM y demostrar sus ventajas frente a una metodología tradicional. En un segundo momento, se describirá la realidad actual de BIM en Lima metropolitana, a nivel organizacional, así como su madurez. Finalmente, partiendo de la adopción de BIM, se enfatizará en recolectar información acerca de las barreras digitales. En paralelo, se buscará conocer las realidades extranjeras sobre esta problemática y las acciones realizadas.

- Planteamiento de la metodología y del modo de recolección de datos

Se optó por recolectar la información mediante una entrevista semiestructurada (preguntas abiertas y cerradas), esto debido a que, si bien se tiene una temática central para el desarrollo de las entrevistas, se quiere obtener toda la información posible de la experiencia personal de los profesionales. Se realizarán las preguntas sobre la base de la problemática planteada y, en un primer momento, se someterá a la evaluación de nuestro asesor. Cabe resaltar que la elección de preguntas cerradas o abiertas obedece al aporte que cada tipo de pregunta pueda otorgar al desarrollo de la entrevista.

- Investigación del estado actual de las barreras en empresas de la industria de la construcción que utilizan BIM

Una vez aprobado el modelo, se realizarán las preguntas a los profesionales de la construcción encargados de las diferentes áreas de la empresa; sin embargo, se modificará la estructura de dicha entrevista ante las sugerencias de los profesionales y la experiencia que se vaya ganando a medida que se realizan dichas entrevistas. La entrevista en cuestión tiene como fin describir la realidad en una empresa que utiliza BIM; es decir, los malentendidos que puedan existir entre profesionales y trabajadores que no estén capacitados para desenvolverse con dicha metodología frente a los que sí lo están.

- Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas

Se espera contrastar la información obtenida con lo planteado inicialmente en la problemática sobre el origen de la barrera digital en las empresas de la industria de la construcción, así como qué tanto afecta dicha barrera a la realización de proyectos: dinamismo en el diseño y construcción del proyecto. Cabe resaltar que, para el tratamiento de datos, se utilizará un análisis cualitativo, mediante el cual se agrupan las diferentes ideas propuestas en las entrevistas en variables ya delimitadas. Finalmente, se plasmará toda la información en gráficos y tablas, de manera que sea más amigable al público en general.

- Discusión de resultados

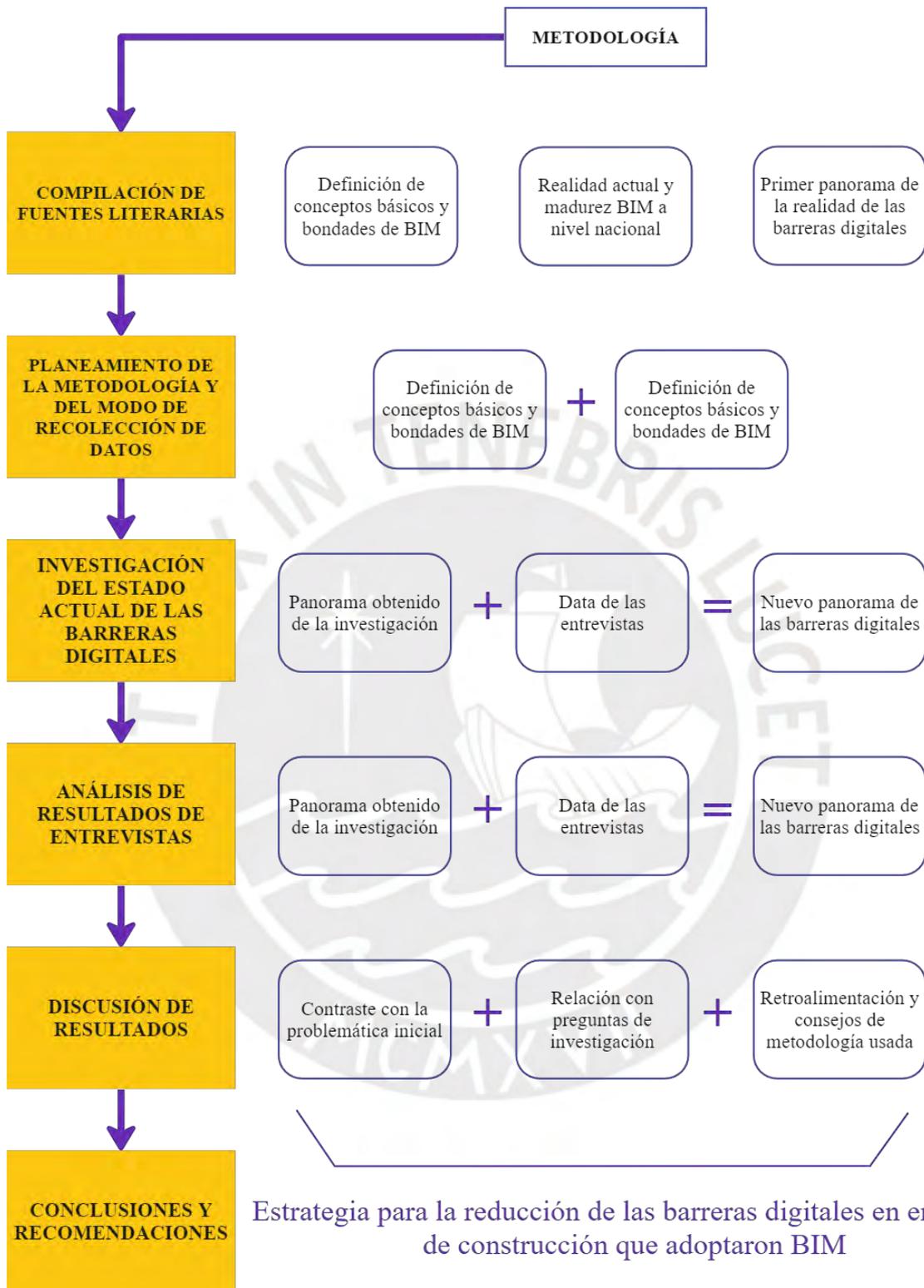
Sobre la base de los datos anteriormente mencionados, se constatará la problemática planteada en el presente trabajo de tesis: origen de las barreras digitales en empresas de la industria de la construcción que adoptan BIM. Asimismo, se responderán a las preguntas propuestas en el primer capítulo. También, se criticará la metodología empleada y el respectivo muestreo, con el fin de guiar trabajos futuros.

- Conclusiones y recomendaciones

Se realizarán las conclusiones sobre la base de todo lo anteriormente presentado. Como resultado final, se espera develar los problemas que trae consigo una implementación BIM mediante equipos aislados dentro de la empresa y realizar una propuesta dirigida hacia la alta gerencia con alternativas viables para reducir la barrera digital en empresas que utilizan la metodología BIM.

El flujo de actividades seguidas se muestra en la figura 19.

Figura 19. Esquema de la metodología



La recolección de datos mediante una entrevista requirió de consideraciones que valen la pena exponer. Por la razón anteriormente expuesta es que, en 3.2.1, se detalla paso a paso dicho proceso.

3.2.1. Diseño de entrevistas

Cuando se tiene una cantidad limitada de conocimiento sobre algún tema en específico, es conveniente usar la investigación exploratoria. Los investigadores realizan investigaciones exploratorias con tres propósitos interrelacionados: diagnosticar una situación, seleccionar alternativas y descubrir nuevas ideas (Zikmund, 1997). Por otro lado, se requiere la apreciación de los profesionales de la industria de la construcción con respecto a la problemática propuesta y que dichos profesionales propongan soluciones viables, característica de la investigación actitudinal, la cual busca evaluar la percepción de una persona hacia un objeto de estudio. Por lo descrito anteriormente, es que se decidió por usar una investigación cualitativa ya que este tipo de investigación uniformiza tanto el componente exploratorio y el componente actitudinal de la investigación.

Para la técnica de recopilación de datos, se tendrá un enfoque de resolución de problemas, el cual consiste en el análisis de la situación actual, identificación del problema, proposición de ideas nuevas para mejorar la problemática y, si es posible, evaluación de dichas nuevas ideas. Cabe resaltar que el entregable final de este trabajo es una estrategia para superar las barreras digitales en empresas de la industria de la construcción que utilizan la metodología BIM.

Ahora bien, la investigación cualitativa tiene como instrumento de recopilación de datos por excelencia a la entrevista, la cual sirve para recolectar información fáctica y opiniones. Esta se puede dividir en tres: la entrevista estructurada, semiestructurada y no estructurada.

- (1) La entrevista estructurada se caracteriza por un ordenamiento y redacción rígidos independientemente de a quién se aplique, en la que el significado y contexto de cada pregunta será idéntico para cada encuestado. Además de esto, si bien se pueden aplicar algunas preguntas abiertas, predominan las preguntas cerradas.
- (2) Por otro lado, la entrevista semiestructurada se caracteriza porque el orden de las preguntas no es el mismo necesariamente, las cuales se centran en las experiencias de

los encuestados con respecto a las situaciones de estudio. Otro factor rescatable de este tipo de entrevista es que se centra en develar tanto como sea posible sobre la temática preestablecida.

- (3) Finalmente, la entrevista no estructurada hace uso exclusivamente de preguntas abiertas, no se tiene un orden fijo de secuencia de preguntas, el entrevistador solo observa en qué dirección el entrevistado responde a las preguntas. Es decir, es una herramienta íntegra de análisis exploratorio sin que se tenga un camino al cual llegar.

Es por las consideraciones anteriormente mencionadas, y por el hecho de que nuestra entrevista está diseñada de tal manera que las preguntas ayuden a cumplir con los objetivos planteados (estructura no modificable) que la entrevista propuesta es una mezcla de la estructurada y la semiestructurada (Figura 20).

Figura 20. *Decisión de la herramienta de recolección de información*



Como se señaló antes, se estructuró la entrevista de tal manera que las preguntas estén relacionadas con el cumplimiento de los objetivos específicos mencionados en acápites previos. De esta manera, se obtuvo como resultado un cuadro de doble entrada el cual fue aprobado por el asesor de la tesis Cabe mencionar que, en el transcurso de las entrevistas se pueden hacer aclaraciones y preguntas adicionales que ayuden al respectivo profesional a explayarse más y así descubrir más del tema.

3.2.2. Formato/modelo de la entrevista

Para la construcción del cuestionario, según nuestro diseño de entrevista, se han considerado los dos tipos de preguntas: preguntas abiertas, las cuales buscan una respuesta libre y expandida, sin necesidad de tener una respuesta preparada basada en su experiencia siendo útiles de adoptar cuando se requiere información confidencial del encuestado. Asimismo, preguntas cerradas, las cuales requieren de una respuesta puntual y concisa con pocas opciones de respuesta, y serán utilizadas como complemento de las preguntas abiertas.

En primer lugar, se presenta una sección de preguntas de control. Aquí no solo utilizamos las preguntas según su tipo, sino que incluimos un formato de pregunta. Para ello, definimos en este bloque las preguntas fácticas, las cuales son relacionadas a antecedentes de la persona relacionados con eventos o proyectos. La sección de preguntas de control que consta de preguntas fácticas servirá para conocer el perfil del entrevistado y, además, validarlo según el perfil definido que se explicará posteriormente en la sección 4.3. Dado que estas preguntas abundan más en aspectos personales del profesional, se le hizo saber la consistencia de estas en la carta de presentación donde se garantiza la reserva de los resultados en caso sea la voluntad del entrevistado.

1. ¿Cuál es su profesión?
2. ¿Cuántos años de experiencia profesional tiene?
3. ¿Cuál es el nombre de la empresa en la cual trabaja?
4. ¿Qué tipo de empresa es?
5. ¿Cuál es su rol en la empresa? ¿Usted pertenece al área BIM de la empresa?
6. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la empresa?
7. Defina brevemente lo que entiende por BIM.

En segundo lugar, se presenta la sección de preguntas relacionadas a los objetivos de la investigación. En esta sección, también se utilizaron preguntas cerradas solo como complemento de preguntas abiertas para nutrir la información. Sin embargo, se busca que el profesional se sienta cómodo, se exprese, responda según su experiencia y no tenga dificultades para responder, por lo que las preguntas abiertas predominan con mucha mayor incidencia. De acuerdo al diseño de entrevistas, se dividen las preguntas en tres bloques, cada uno comprende un objetivo y de manera consecutiva, según la metodología. La composición de las preguntas se presenta en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Estructura de la entrevista.

Objetivo	Pregunta
<p>Objetivo 1:</p> <p>Descripción de los usos BIM en las empresas.</p>	<p>P1: ¿Cuáles son los usos BIM que aplica a las actividades que realiza o supervisa? ¿Qué tan familiarizado se encuentra con los softwares BIM y sus aplicaciones? Por ejemplo: detección de interferencias, estimación de cantidades y costos, generar planos a partir del modelo 3D, planificación de la fase de ejecución, etc.</p>
	<p>P2: ¿En qué medida aplica los usos BIM para los entregables que desarrolla? (Por ejemplo: Si Ud. es ingeniero de planeamiento y quiere realizar la programación de obra, ¿Realiza un 4D para visualizar un tren de actividades?)</p>
	<p>P3: ¿Cuáles son las actividades o entregables en los que todavía no usa BIM? ¿Por qué? Por ejemplo: Metrados y presupuestos en Excel, recolección manual de datos de campo, etc.</p>
	<p>P4: ¿Cuáles son los retos que ha encontrado cuando trabaja con un profesional con una madurez digital diferente a la de usted?</p>
<p>Objetivo 2:</p> <p>Determinar las causas de las barreras digitales y verificar si hay concordancia con lo sostenido en la problemática.</p>	<p>P5: ¿Ha recibido formación respecto a BIM? ¿Qué tipo de formación ha recibido (autodidacta, curso libre, curso de maestría, etc.)? ¿Cómo cree que influyó en el actual uso que le da?</p>
	<p>P6: ¿Cómo fue el proceso de implementación de BIM en la empresa?</p>
	<p>P7: ¿Durante el proceso de implementación hubo algún motivo por el cual le hizo pensar que BIM no era necesario y podía aplicar otra estrategia?</p>
	<p>P8: Una vez que empieza a trabajar con la metodología BIM ¿Se vio por necesario redefinir la dinámica con que se trabajaba con dicha metodología? ¿Qué tan fácil o difícil le pareció el proceso y por qué?</p>

<p>Objetivo 3: Elaborar una propuesta que contenga estrategias dirigidas hacia la alta gerencia para superar las barreras digitales.</p>	<p>P9: En caso haya mencionado problemas debido a las diferencias en la madurez del uso de la digitalización ¿Cuál ve usted como una opción u opciones viables para solucionar dichos problemas a corto plazo?</p> <p>P10: ¿Qué estrategia propondría para que todos los profesionales que trabajan actualmente en la empresa utilicen la metodología BIM a largo plazo?</p>

3.2.3. Perfil del entrevistado

Se ha considerado un perfil de profesionales relacionados a la industria de la construcción, tales como ingenieros, arquitectos y demás. Como primer requerimiento, los encuestados deberán trabajar en una empresa la cual utilice la metodología BIM en sus proyectos. Como segundo requerimiento, deberán tener al menos un año y medio de experiencia en el sector de la construcción. Los roles pueden incluir los siguientes: gerentes de proyectos, ingenieros residentes, ingenieros estructurales, ingenieros sanitarios, ingenieros eléctricos, ingenieros de producción, BIM managers, coordinadores BIM, jefes de oficina técnica, planners, jefes de seguridad, jefes de calidad, entre otros. Como último requerimiento, se busca que el entrevistado acepte ser grabado, cabe resaltar que, posteriormente a la sesión de entrevista, el audio será analizado e, inmediatamente después, será destruido para garantizar la confidencialidad de la información brindada por el profesional.

3.2.4. Recolección de datos

Una vez establecida la técnica de recolección de datos y delimitado el perfil requerido de los profesionales, se realizarán las entrevistas requeridas para el presente trabajo de tesis. Para esto, en primer lugar, se elaboró una carta de presentación con la intención de hacer más formal la solicitud de entrevista a los diferentes profesionales. En la carta de presentación, se incluyó nuestra información personal (nombre completo y DNI) para asegurar la transparencia de este

proceso, el propósito del presente trabajo de tesis, el responsable del proyecto (nuestro asesor), los datos personales a solicitar a los profesionales, los beneficios por la participación del proceso y la aclaración de que los datos personales serán protegidos. Esta carta de presentación fue aprobada y firmada por el asesor de la tesis.

En segundo lugar, se procedió a elaborar una estrategia para contactar con los profesionales del sector de la construcción que trabajan en las empresas que han implementado BIM. El primer paso de la estrategia consistía en indagar cuáles son las empresas en las que implementan BIM en sus proyectos en Lima Metropolitana; para esto, se investigó y se realizó un listado con las empresas en cuestión. El segundo paso de la estrategia fue contactar a estas empresas mediante visitas presenciales a sus oficinas principales, esta estrategia no tuvo mucho éxito debido a los trámites que requerían de considerable documentación y mucho tiempo de espera propios de las empresas en cuestión. Ante esto, se tuvo que redefinir rápidamente la estrategia para no perder tiempo; por ello, se optó por contactar a los profesionales que trabajan en estas empresas mediante la red social LinkedIn. Esta segunda estrategia tuvo un rotundo éxito, puesto que la mayoría de los profesionales tuvo una gran predisposición para colaborar con la investigación.

Los ingenieros tuvieron la posibilidad de elegir el medio de ser entrevistados ya sea presencial, a través de una llamada telefónica o a través de una videollamada. La última opción fue la que todos los ingenieros indicaron como más conveniente, puesto que la mayoría no tenía el tiempo suficiente para una entrevista presencial o se encontraban en provincia. De esta manera, se consiguió realizar 27 entrevistas durante tres semanas en el mes de mayo del 2023 a profesionales de la industria de la construcción que trabajan en empresas constructoras en su mayoría.

A continuación, la Tabla 2 recopila la información de los entrevistados. Estos fueron etiquetados como “Profesionales” con el objetivo de proteger su identidad. En la tabla, los criterios incluyen su profesión, años de experiencia, rol en su respectiva empresa y la duración de la entrevista.

Tabla 2. *Tabla resumen de los profesionales entrevistados*

Etiqueta	Profesión	Exp. Profesional	Rol en la empresa	Duración de la entrevista
----------	-----------	------------------	-------------------	---------------------------

		(años)		(min)
Profesional 1	Ingeniería Civil	7	Coordinador BIM	22:11
Profesional 2	Ingeniería Civil	1	Analista BIM	20:46
Profesional 3	Ingeniería Civil	13	Coordinador de obras	36:11
Profesional 4	Ingeniería Civil	30	Gerente de proyecto	14:35
Profesional 5	Ingeniería Industrial	8	Ingeniero de control de proyectos	16:58
Profesional 6	Ingeniería Civil	3	Coordinador BIM	29:05
Profesional 7	Arquitectura	27	Director BIM	24:47
Profesional 8	Ingeniería Civil	2,5	Coordinadora BIM	01:09:41
Profesional 9	Ingeniería Civil	4	Ingeniero de planeamiento	38:42
Profesional 10	Ingeniería Civil	21	Gerente de sitio	28:34
Profesional 11	Ingeniería Civil	5	Gerente BIM	39:29
Profesional 12	Ingeniería Civil	6,5	Ingeniero de planeamiento	14:52
Profesional 13	Ingeniería Civil	7	Jefe VDC	16:01
Profesional 14	Ingeniería Civil	4	Coordinador BIM	27:15
Profesional 15	Ingeniería Civil	5	Ingeniera de planeamiento BIM	50:03
Profesional 16	Ingeniería Civil	9	Administrador de contratos	19:11

Profesional 17	Ingeniería Civil	13	Jefe de oficina técnica	24:41
Profesional 18	Ingeniería Civil	5,5	Ingeniera de productividad	21:39
Profesional 19	Ingeniería Civil	4	Ingeniero de productividad y planeamiento	35:51
Profesional 20	Arquitectura	19	Arquitecto de producción	01:00:51
Profesional 21	Ingeniería Civil	10	Jefe de planeamiento	16:39
Profesional 22	Ingeniería Civil	6	Coordinador BIM	27:51
Profesional 23	Ingeniería Civil	7	Gestor de proyectos y planeamiento	18:01
Profesional 24	Ingeniería Civil	2,5	Metrador	34:19
Profesional 25	Arquitectura	20	Jefe de producción	32:07
Profesional 26	Arquitectura	23	Cubicador civil	29:19
Profesional 27	Ingeniería Civil	17	Ingeniero de subcontratos	35:46

3.2.5. Ordenamiento de datos

Una vez realizada las entrevistas a los profesionales descritos anteriormente y con las etiquetas puestas a cada uno de estos, se organizó la información en carpetas compartidas mediante Drive (<https://drive.google.com/drive/folders/1ZzuybNzlcefImErT1WYRjvo9rJbhoiGe>). En dichas carpetas se creó un documento de texto con la transcripción literal de cada reunión. Luego de esto, y con el fin de sintetizar la información aún más, se crearon mapas mentales con las ideas principales aportadas por cada profesional.

Capítulo 4: Resultados

Como se mencionó en ítems anteriores, se estructuró la entrevista de tal manera que cada bloque de preguntas aporte a alguno de los objetivos específicos propuestos. Cada profesional tuvo diferentes respuestas, haciendo énfasis en que, dentro de las fases de un proyecto de construcción, la aplicación de la metodología BIM se realiza más en las tres primeras fases: planificación, diseño, y construcción. Tal y como se mencionó en la revisión literaria, nos servimos del modelo propuesto, detallado en la Figura 21, por el PennState College of Engineering (2018):

Figura 21. Usos BIM según las fases de un proyecto de infraestructura



Nota. Adaptado de *BIM Uses*, por PennState College of Engineering. (2018).

<https://bim.psu.edu/uses/>

Con el fin de identificar las ideas principales de cada profesional y usando la ayuda de herramientas tecnológicas, se elaboraron resúmenes en donde solo figuraban las ideas principales sobre cada pregunta.

Para presentar los resultados, se siguió el siguiente flujo de actividades:

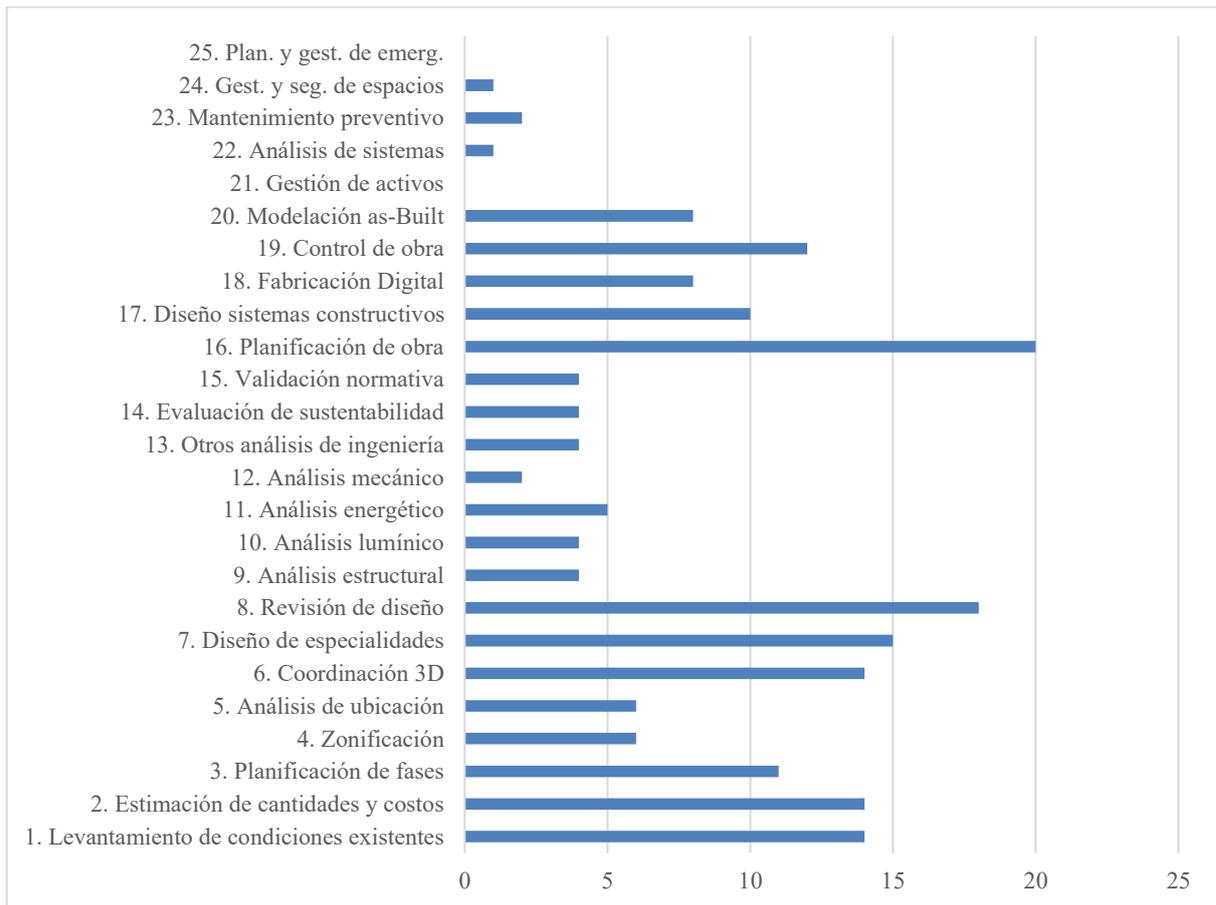
- Ordenar la respuesta, de manera resumida, en una celda de Excel. Esto hará que se tenga una o varias ideas asociadas a cada pregunta y se genere una base de datos.
- Una vez obtenidas las ideas principales de cada pregunta, y habiendo revisado cada una de estas ideas de manera detenida, se crearán parámetros para cada una de estas. Cabe resaltar que la creación de estos parámetros tiene como criterio la similitud entre las diferentes ideas.
- Con los parámetros creados, las ideas principales asignadas a cada parámetro y la frecuencia de ideas por cada parámetro. Se procederán a crear gráficos que expongan lo anteriormente mencionado, la elección del tipo de gráfico dependerá de la naturaleza del parámetro.

A continuación, en la sección 4.1., se presentarán los resultados de las preguntas de aporte de cada profesional.

4.1. Dinámica y problemas existentes

- La primera pregunta realizada para el primer objetivo fue “¿Cuáles son los usos BIM que aplica a las actividades que realiza o supervisa? ¿Qué tan familiarizado se encuentra con los softwares BIM y sus aplicaciones?”. La frecuencia de aplicaciones de los 25 usos BIM se muestran en la Figura 22:

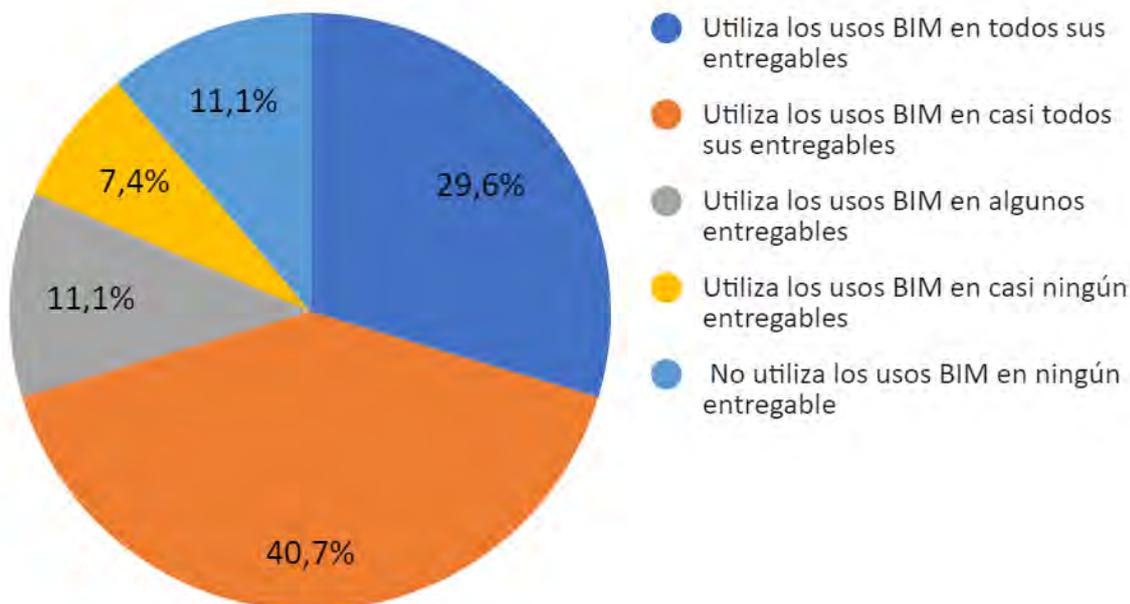
Figura 22. Frecuencia de cantidad de aplicaciones de los 25 usos



Según los resultados, dentro de la fase de planeamiento de un proyecto, el uso que más se aplicó fueron levantamiento de condiciones existentes, estimación de cantidades y costos, y coordinación 3D (N°1, N°2 y N°6). En la fase de diseño de un proyecto, el uso que más se aplica según la encuesta es la revisión del diseño (N°8). En la fase de construcción de un proyecto, el uso que más se aplica según la encuesta es la planificación de obra (N°16). En la fase de operación, son muy pocos los profesionales que utilizan BIM, siendo solo el análisis de sistemas, mantenimiento preventivo, y gestión y seguimientos de espacios (N°22, N°23 y N°24) las únicas aplicaciones que se encontró por los profesionales entrevistados.

- La segunda pregunta realizada fue “¿En qué medida aplica los usos BIM para los entregables que desarrolla?”. La frecuencia de medida de aplicación de usos BIM se muestra en la Figura 23.

Figura 23. Frecuencia de medida de aplicación de los usos BIM

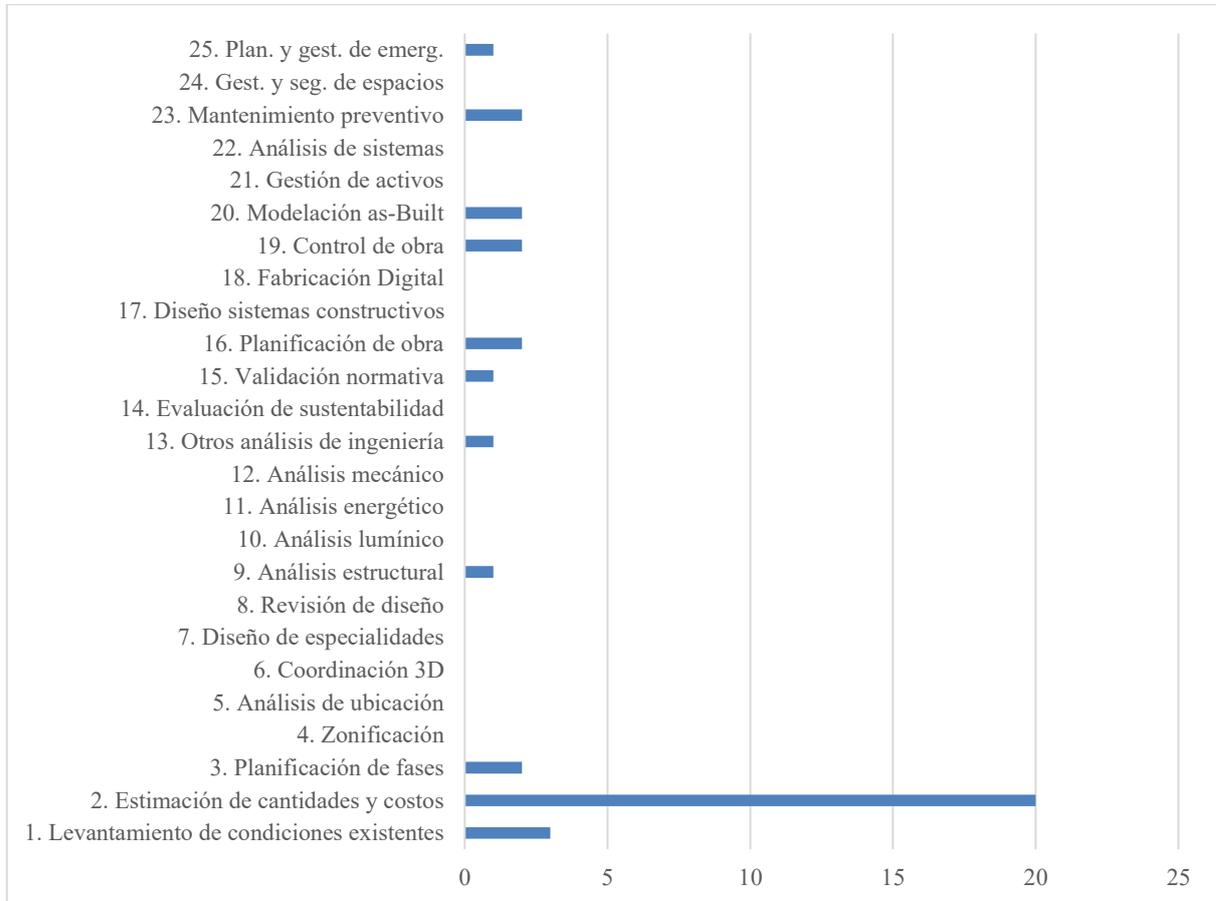


De los 27 profesionales entrevistados, el 29.6% se sirve de los usos BIM en todos sus entregables o actividades que realiza; el 40.7% en casi todos sus entregables; y el 11.1% en algunos entregables, los cuales son resultados que reflejan el dominio de los usos BIM en la mayoría de los profesionales encuestados quienes cumplen con el perfil previsto. No obstante, en menor cantidad, un 7.4% utiliza los usos BIM en casi ningún entregable y un 11.1% en absolutamente ninguno de los entregables, porcentajes encontrados más en profesionales de mayor edad.

Sin embargo, existen dos hechos a resaltar sobre estos porcentajes. Como se aprecia en la Figura 23, la mayoría de los profesionales se sirven de los usos BIM en casi todos sus entregables, este hecho obedece a una afirmación que reiteraron varios de estos y es que no necesariamente se tiene que utilizar BIM para todo, sino se tiene que considerar el tipo de proyecto y si es conveniente o no utilizar un uso determinado para las responsabilidades. El segundo hecho es que la mayoría de profesionales que indicaron no servirse de los usos BIM en absoluto eran ingenieros de rangos gerenciales que, por lo general, sí que interactúan con *softwares* de visualización como Revizto o Dalux; es decir, que el hecho de que no se sirvan de los usos BIM no significa que sean ajenos a esta metodología en lo absoluto.

- La tercera pregunta realizada fue: “¿Cuáles son las actividades o entregables en los que todavía no usa BIM? ¿Por qué?”. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 24.

Figura 24. Frecuencia de actividades en las que no se aplican los usos BIM

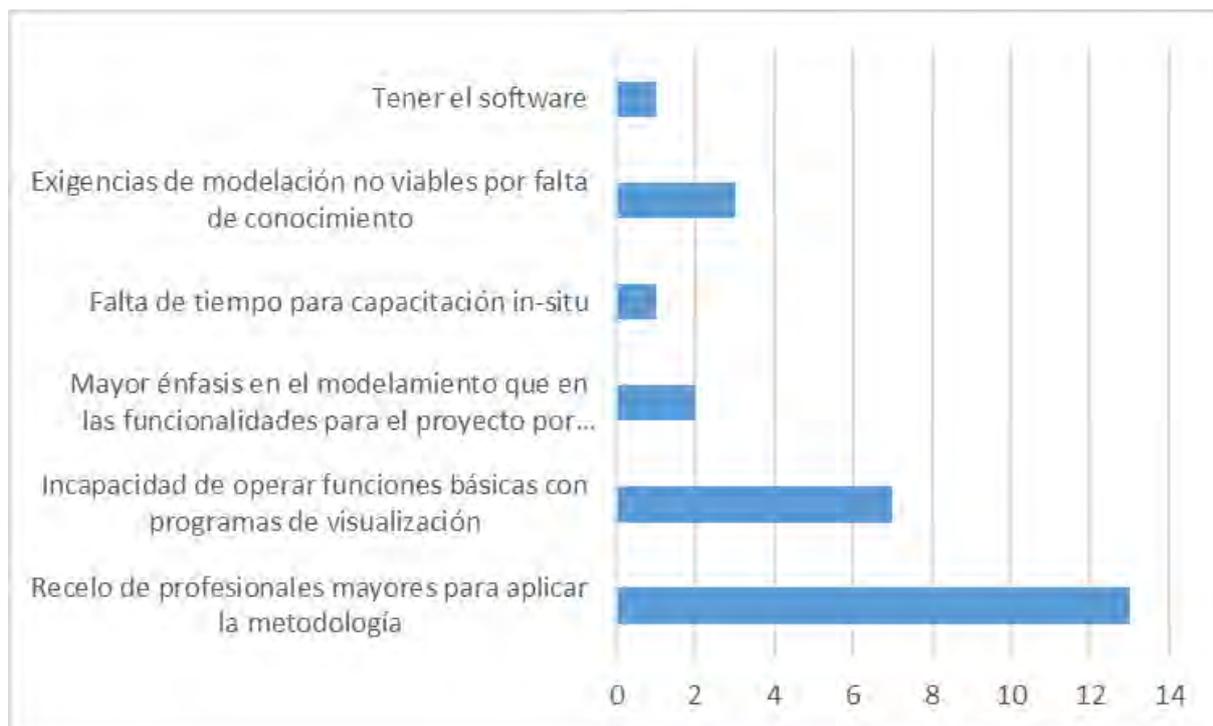


De los 27 profesionales entrevistados, la actividad que en mayor frecuencia no se aplica con los usos BIM fue la realización de metrados. Según los profesionales que confirmaron esto, prefieren realizar metrados manualmente con ayuda del programa de hoja de cálculo Excel ya que aplicar los usos BIM al metrar, según estos, es muy sensible a cometer errores, sobre todo en la partida de encofrado. Luego, el análisis de costos y presupuestos fue la segunda actividad en la que, con mayor frecuencia, no se aplican los usos BIM, en la que los profesionales revelaron que prefieren hacer el análisis en programas como S10 Costos y Presupuestos. Finalmente, los datos revelan que, en menor medida, la actividad en la que menos se aplican los usos BIM es el Análisis Estructural. En la búsqueda de profesionales, fueron muy pocos aquellos que aplican BIM para el análisis estructural. Solamente se encontró un profesional que lo realiza, quien afirmó que el diseño en *software* BIM de estructuras metálicas es más eficiente

ya que permite hacerlo colaborativamente y agregar información o detalles técnicos a los elementos es accesible.

- La cuarta pregunta realizada fue: “¿Cuáles son los retos que ha encontrado cuando trabaja con un profesional con una madurez digital diferente a la de usted?”. Los resultados se muestran en la Figura 25.

Figura 25. Razones por las que se complica el trabajo aplicando usos BIM con los profesionales



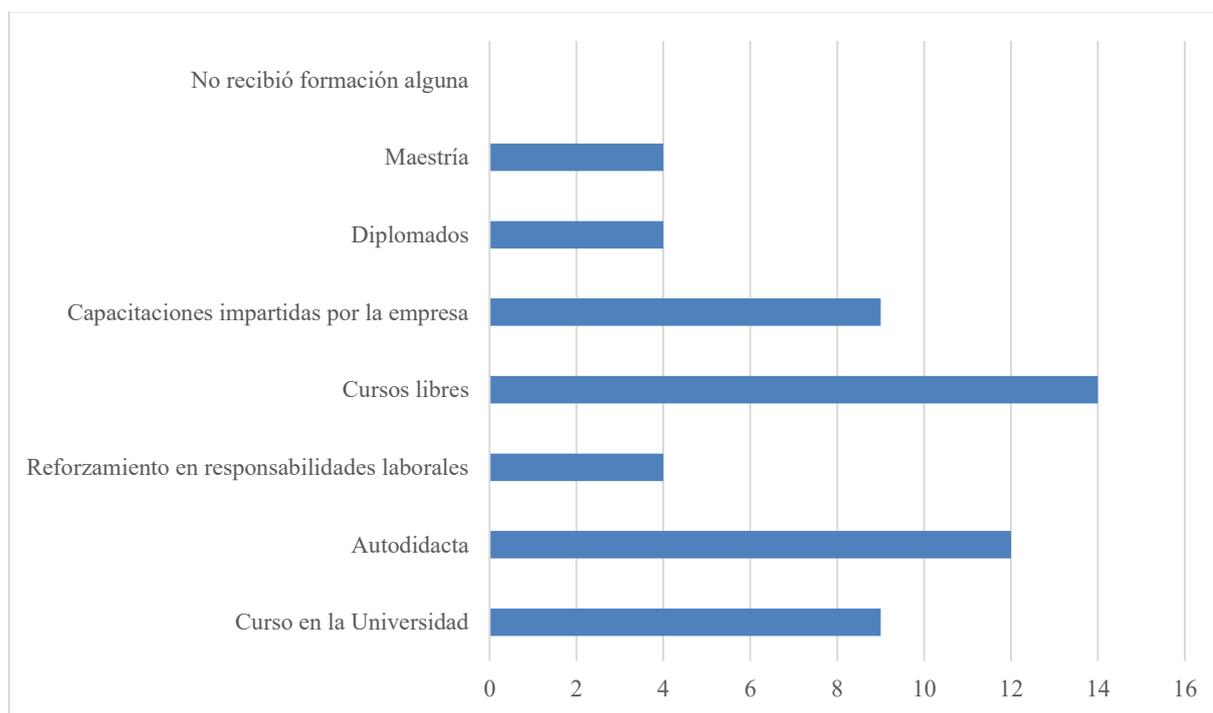
De los 27 profesionales entrevistados, 13 de ellos opinan que la principal razón por la que se complica el trabajo aplicando los usos BIM es por el recelo de los profesionales *senior* para aplicar la metodología. Entre las razones principales están que los profesionales veteranos están acostumbrados a trabajar con la metodología tradicional o no confían en BIM ya que no son conscientes de su potencial como metodología. El segundo problema con mayor frecuencia según 7 de los profesionales es que no están capacitados en operaciones básicas de los *softwares*, por ejemplo, la visualización del modelo. Además, el problema con menos frecuencia es contar con el *software*, lo cual es un principal requisito para aplicar la metodología BIM. Según el testimonio de uno de los profesionales, el costo del *software* es excesivo, tal que empresas pequeñas o micro empresas no tienen la capacidad de contar con dichas herramientas

ya que no poseen el presupuesto suficiente para adquirirlas. Asimismo, se encuentra la falta de capacitación sobre la metodología BIM, al menos 1 usuario opinó que muchas veces, en su empresa, se brindan capacitaciones en temas relacionados a BIM y sus usos, pero son pocos aquellos trabajadores quienes participan en estas sesiones debido a la falta de tiempo disponible por estos trabajadores.

4.2. Causas de la barrera digital

- La primera pregunta realizada para el segundo objetivo fue “¿Ha recibido formación respecto a BIM? ¿Qué tipo de formación ha recibido (autodidacta, curso libre, curso de maestría, etc.)? ¿Cómo cree que influenció en el actual uso que le da?”. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Figura 26.

Figura 26. Formación BIM por parte de los diferentes profesionales

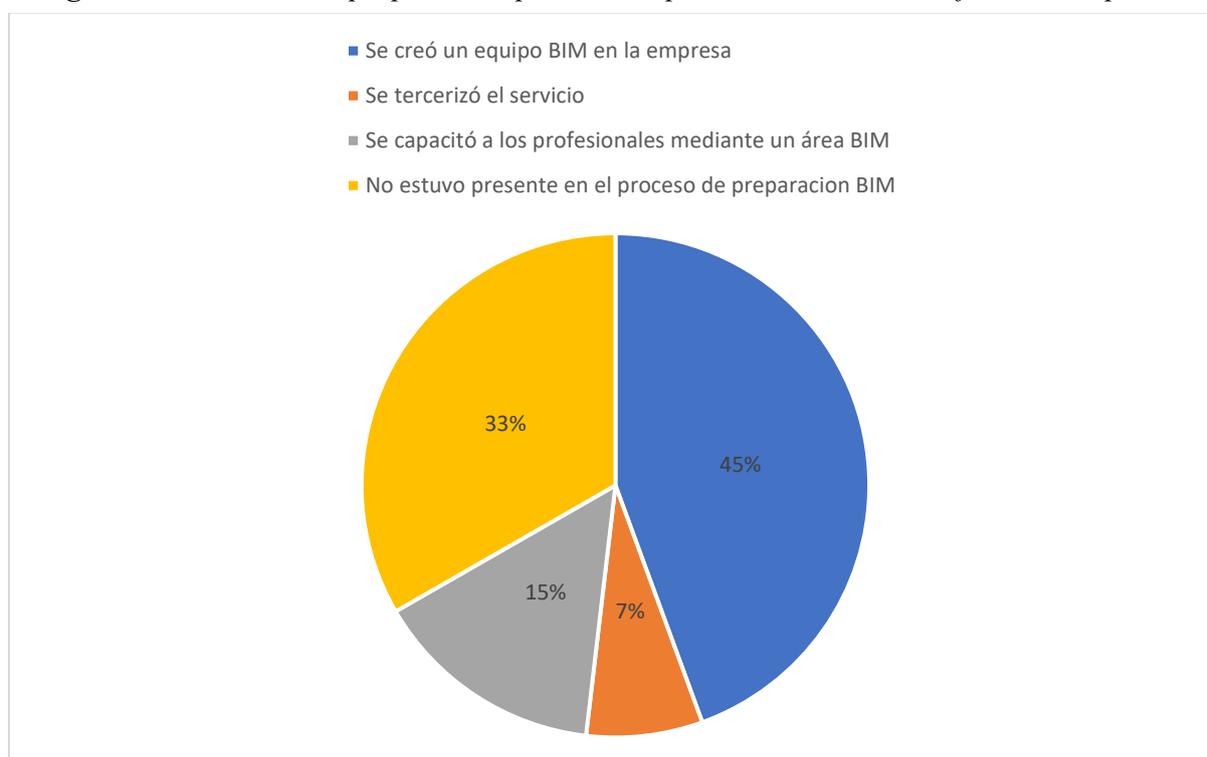


Podemos apreciar que la opción que más prefieren los profesionales es la de capacitarse con cursos libres, como cursos de modelamiento impartidos por institutos respaldados por Autodesk, cursos teóricos de corta duración impartidos por SENSICO, etc.. Este hecho puede obedecer a que este tipo de cursos son de corta duración y de gran provecho para las diferentes actividades profesionales. La opción de formación BIM que le sigue es la de educarse de manera autodidacta, esto refleja gran interés por parte de los profesionales ante esta metodología, pues buscan nutrirse de conocimientos con videos tutoriales, libros o clases grabadas. Algo que es

lógico es que los profesionales más jóvenes son los que han recibido formación acerca de BIM en diferentes cursos de la universidad, mientras que los profesionales más veteranos son los que recibieron formación BIM por parte de inducciones o capacitaciones de la empresa en la que trabajan o en las que trabajaron. Sin embargo, algunos profesionales más preparados en la metodología afirmaron que estas inducciones no son muy completas y que se deben preparar capacitaciones acompañadas de seguimiento al profesional objetivo con el fin de que no solo sea un requisito más aprobar esta capacitación. Finalmente, un hecho muy gratificante fue que todos los profesionales tenían formación BIM, lo cual se veía reflejado en la pregunta de control de “¿Qué es lo que entiende usted por BIM?”, puesto que todos los profesionales tenían idea de la dinámica de la metodología.

- La segunda pregunta fue: “¿Cómo fue la preparación para la adopción de BIM en la empresa?”. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Figura 27.

Figura 27. *Procesos de preparación para la adopción de BIM en las diferentes empresas*



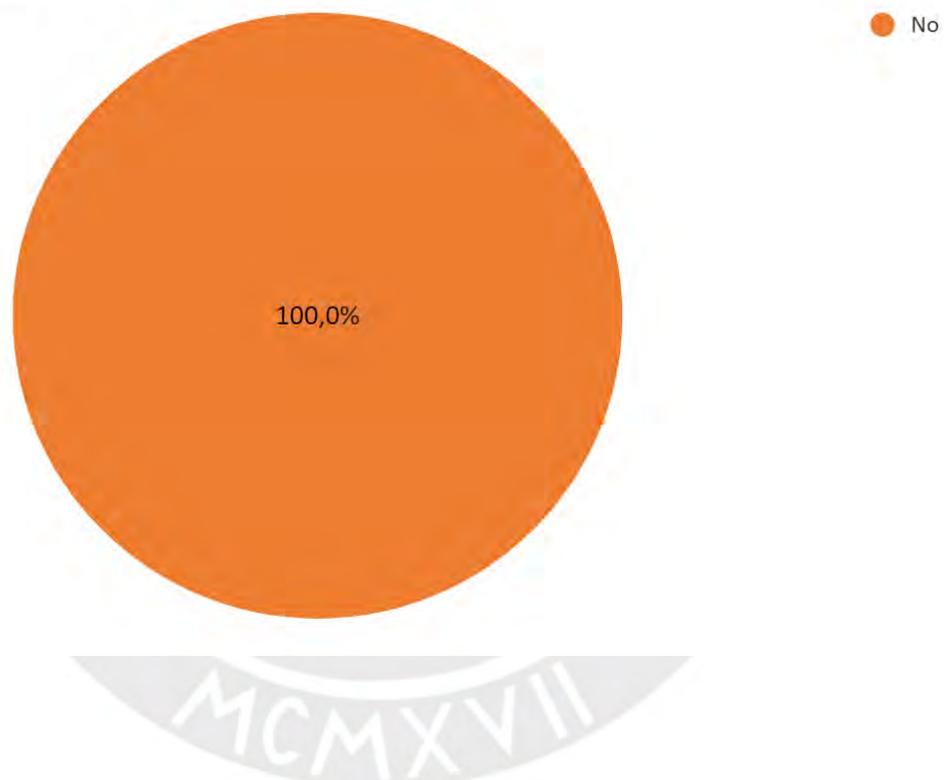
La mayoría de las empresas (59.2%) optó por formar un equipo BIM dentro de la empresa; sin embargo, existe una distinción dentro de este grupo de empresas. Por un lado, tenemos a las empresas que se sirvieron de esta área BIM para capacitar a los demás profesionales. Por el otro lado, están las empresas que simplemente crearon esta área para cumplir con los entregables pertinentes de los usos BIM, este tipo de accionar es similar al parámetro de

tercerizar el servicio (7.4%). Finalmente, se encontró un número de profesionales, por lo general los más jóvenes, que no estuvieron en el proceso de adopción de BIM en la empresa en la que se desempeñaban, esto no afecta mucho a la investigación ya que no fueron muchos.

- La tercera pregunta fue: “¿Durante el proceso de implementación hubo algún motivo por el cual le hizo pensar que BIM no era necesario y podía aplicar otra estrategia?”. Los resultados de esta pregunta se detallan en la Figura 28.

Figura 28. *Importancia de BIM para los profesionales*

Porcentaje del total



Esta pregunta se realizó con el fin de corroborar que la metodología BIM es en realidad una manera de ahorrar tiempo y dinero, o que podría suscitarse que algún profesional estuvo insatisfecho luego de aplicar los distintos usos BIM para sus entregables diarios. La respuesta por parte de los profesionales fue rotunda, pues en unanimidad afirmaron que BIM sí que era necesario y que no estarían dispuestos a volver a una metodología tradicional. Esto solamente confirma que, cuando los profesionales son conscientes de los beneficios de BIM, cuando son conscientes de cuándo recuperará la inversión realizada y cuando no existen limitaciones de

obtención de licencias de programas, no habría razones por las cuales no hacer uso de esta metodología.

- La cuarta pregunta fue: “Una vez que empieza a trabajar con la metodología BIM ¿Se vio por necesario redefinir la dinámica con que se trabajaba con dicha metodología? ¿Qué tan fácil o difícil le pareció el proceso y por qué?”.

Ahora bien, luego de leer detalladamente todas las respuestas de esta pregunta, se detectó que todos los profesionales coincidían en que, desde el día que se implementó BIM en la empresa, se tuvo una mejora continua y constante de dicha metodología, es decir, una mejora en la madurez. En ese sentido, los profesionales indicaron diferentes mejoras, desde la implementación de nuevos usos BIM que ahorran tiempo y dinero hasta nuevas maneras de trabajar y nuevos flujos de trabajo. Los resultados más notables se presentan a continuación:

- Modelamiento en un detalle más alto.
- Implementación de sesiones de ingeniería o entre involucrados.
- Implementación de nuevos puestos para coordinar BIM.
- Se exigieron modelos BIM a los subcontratistas.
- Implementación de nuevos entregables, tanto internos como externos.
- Implementación de sesiones ICE.
- Implementación de Autodesk Build (programa para administrar, compartir y acceder a los documentos de los proyectos).
- Implementación de planificación 4D.
- Dejar de tercerizar el servicio y habilitar un área BIM propia de la empresa.
- Pasar de solo identificar las incompatibilidades a realizar metrados y verificar el control del avance con el software.

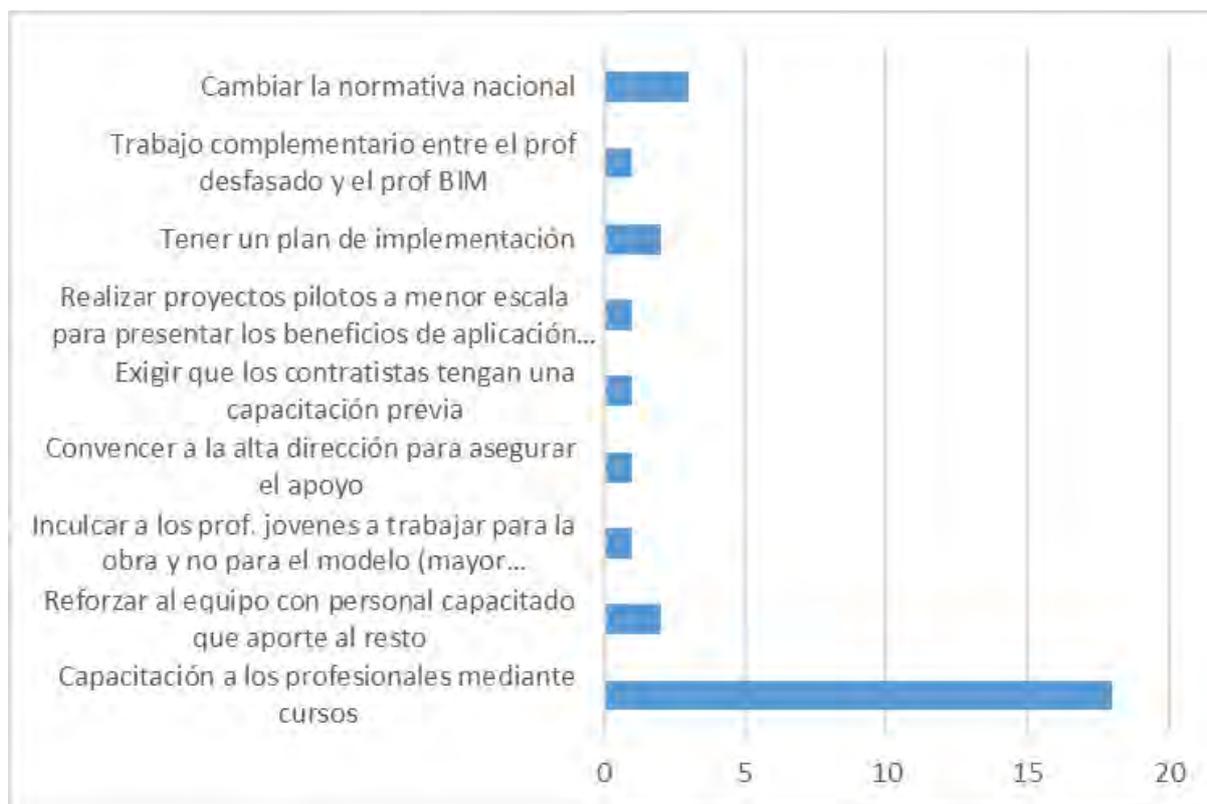
No obstante, también se debe rescatar que este no fue un camino necesariamente creciente, pues cabe mencionar que, para lograr todo lo anteriormente expuesto, se realizaron observaciones e incluso fallas, las cuales dejaron diversas enseñanzas:

- Los profesionales descubrieron en qué etapa de construcción se debe hacer el modelado y que los planos as-built se deben realizar a medida que se construye más no al final.
- Varios profesionales coincidieron en que no necesariamente todos los usos BIM se deben aplicar en todos los proyectos. Se debe analizar la naturaleza de cada uno y ver en cuál es conveniente aplicar un determinado uso.
- La implementación de esta nueva metodología trajo consigo dificultad de manejo de las herramientas por parte de los profesionales, esto se fue solucionando con capacitaciones constantes.
- Algunos profesionales indicaron que al momento de cambiar de metodología se tuvo que capacitar también al cliente para que exista un adecuado funcionamiento de esta.
- Se realizaron proyectos piloto con el fin de pulir la forma de trabajo

4.3. Sugerencias y recomendaciones para reducir la barrera digital

- La primera pregunta realizada para el tercer objetivo fue “En caso haya mencionado problemas debido a las diferencias en la madurez del uso de la digitalización ¿Cuál ve usted como una opción u opciones viables para solucionar dichos problemas a corto plazo?” las frecuencias de respuestas se presentan en la Figura 29.

Figura 29. *Propuestas para reducir la barrera a corto plazo*



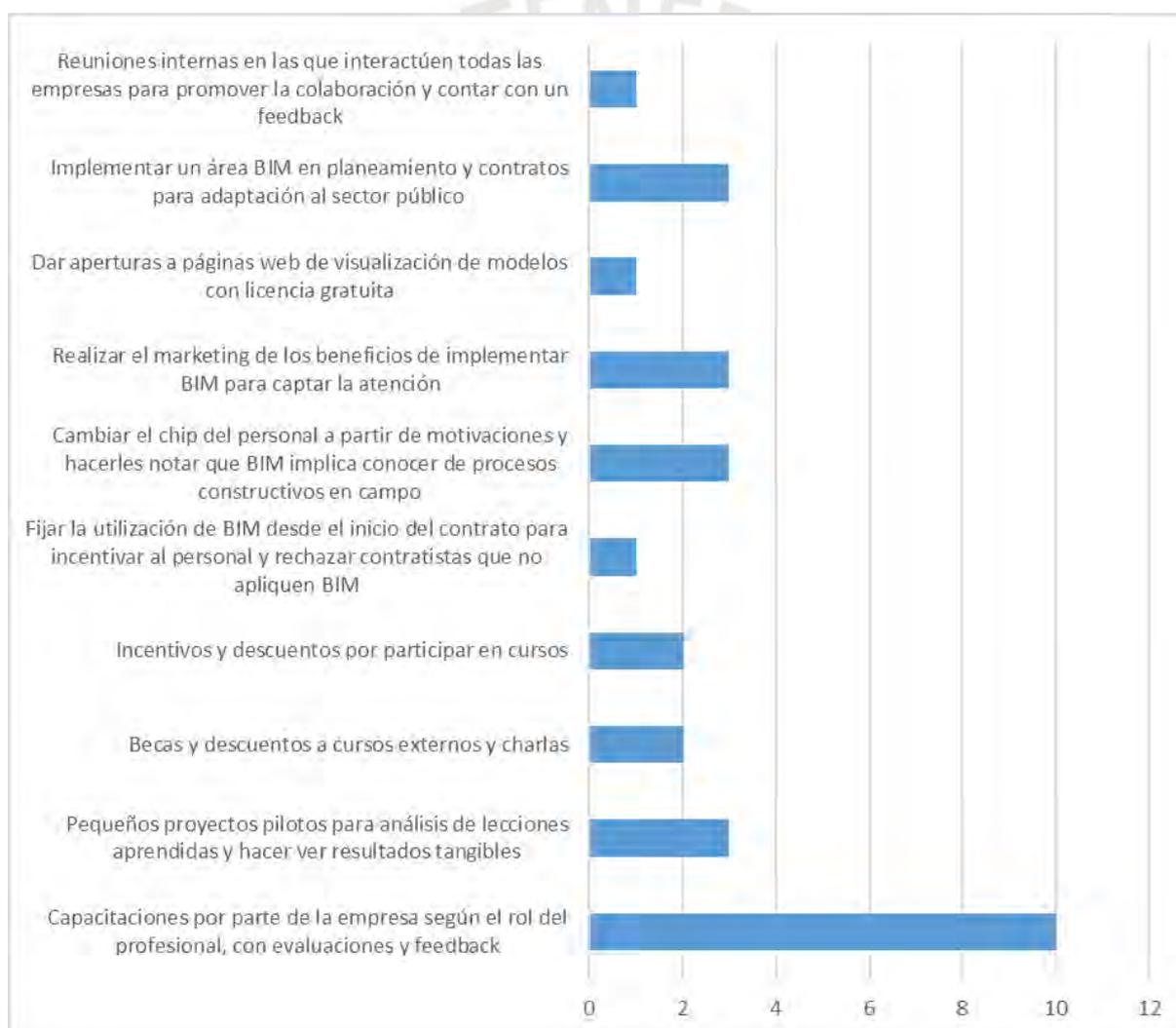
Como se puede apreciar en la Figura 29, la opción mayormente sugerida por los profesionales del sector de la construcción es la capacitación a los trabajadores de la empresa; sin embargo, es conveniente realizar varias aclaraciones sobre estas capacitaciones. La principal es que, por el motivo de que las soluciones son a corto plazo, estas deben ser realizadas de acuerdo al rol del profesional, no será igual la capacitación instruida a un personal gerencial que a uno que tenga como responsabilidad el modelamiento de la información. Otra aclaración es que, en estas sesiones de capacitación, se tomará un tiempo importante para enseñar cuáles son los beneficios de aplicar la metodología BIM, esto ya que es muy importante que los profesionales tengan muy en cuenta lo anteriormente mencionado.

Por otro lado, se tuvieron otras sugerencias de igual importancia como la de reforzar a la empresa (momentáneamente) con un personal capaz de realizar las labores que en ese momento no estén en capacidad de hacer los demás profesionales, este realizará dichas labores a medida que instruye al resto del personal hasta que no sea necesaria su presencia. Otra de gran valor es inculcar un trabajo muy estrecho entre los profesionales BIM y los que estén desfasados en dicha metodología, con el fin de que ambos aprendieran del otro y se complementen. Lo dicho

anteriormente tiene mucho sentido pues una sugerencia adicional fue que los profesionales BIM tuvieran más experiencia en campo.

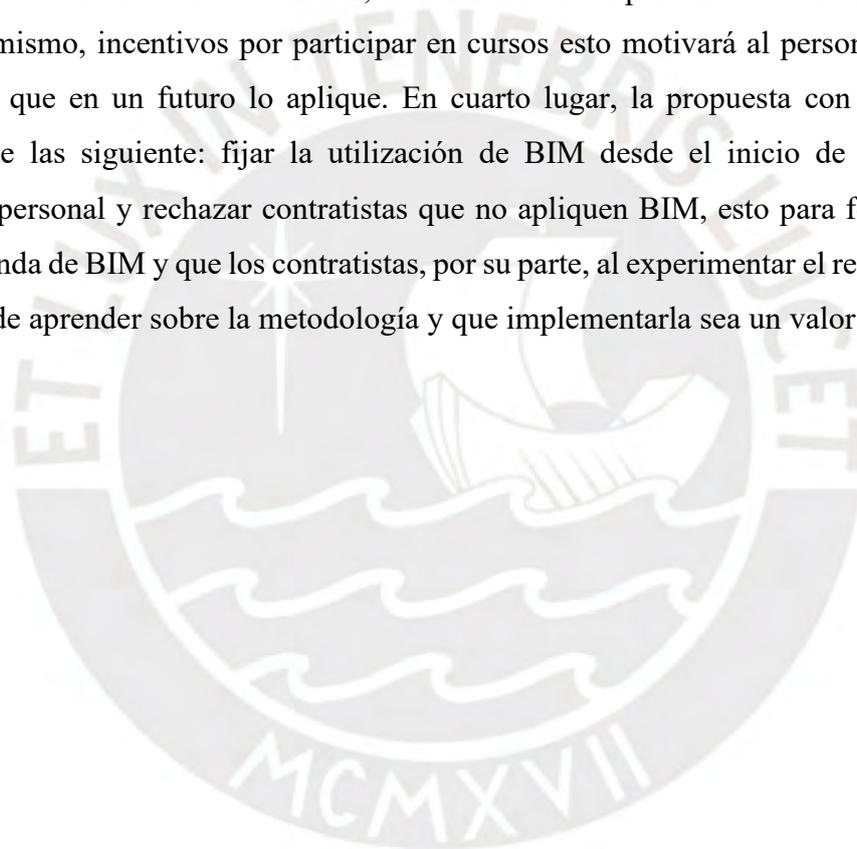
- La segunda pregunta realizada para el tercer objetivo fue “¿Qué estrategia propondría para que todos los profesionales que trabajan actualmente en la empresa utilicen la metodología BIM a largo plazo?” las frecuencias de respuestas se presentan en la Figura 30.

Figura 30. *Propuestas para reducir la barrera a largo plazo*



Como se puede apreciar en la Figura 30, la opción mayormente sugerida por los profesionales del sector de la construcción es la capacitación por parte de la empresa, según su rol a cargo, sea gerente, jefe o modelador BIM, y esta capacitación contenga evaluaciones y un feedback.

Esta propuesta también se mencionó en las soluciones a corto plazo como la más mencionada por los profesionales; sin embargo, debido a que es a largo plazo, los profesionales complementan la propuesta con las evaluaciones y el *feedback*, con el fin de que el profesional pueda mejorar continuamente en el tiempo. En segundo lugar, la segunda propuesta favorita fue: pequeños proyectos pilotos para analizar lecciones aprendidas y mostrar resultados tangibles y beneficios con el fin de convencer a los profesionales de que BIM realmente es útil. Luego, realizar el *marketing* de los beneficios de implementar BIM para captar la atención y hacer entender sobre la metodología colaborativa. Así resultaría más fácil la adaptación de BIM aplicada a proyectos privados. En tercer lugar, la tercera propuesta mayormente mencionada fue: becas y descuentos a cursos externos, esto incentivará al personal a estar en capacitación continua; asimismo, incentivos por participar en cursos esto motivará al personal a aprender sobre BIM y que en un futuro lo aplique. En cuarto lugar, la propuesta con cuarta mayor frecuencia fue la siguiente: fijar la utilización de BIM desde el inicio de contrato para incentivar al personal y rechazar contratistas que no apliquen BIM, esto para forzar a que el personal aprenda de BIM y que los contratistas, por su parte, al experimentar el rechazo, sientan la necesidad de aprender sobre la metodología y que implementarla sea un valor agregado.



Capítulo 5: Discusión

En este capítulo se presentará el entregable resultante del proceso de recolección y ordenamiento de datos, el cual consiste en una propuesta con estrategias realizadas para superar las barreras digitales propuestas. Asimismo, se fundamentarán y contrastarán las problemáticas del asunto con estudios previos. Finalmente, se presentarán las limitaciones de la investigación.

5.1. Elaboración de propuesta para superar los diferentes tipos de barreras

Con el fin de completar el objetivo principal del presente trabajo de tesis, se realizará una propuesta con estrategias dirigidas a las empresas que han adoptado BIM y que pueden presentar algún tipo de barrera digital mencionada por los entrevistados. Para la realización de la estrategia, en primer lugar, se acotarán los diferentes tipos de barreras digitales que pueden existir en este tipo de empresas con la ayuda de las preguntas realizadas en el primer bloque. Luego, teniendo en cuenta las respuestas a las últimas dos preguntas de la entrevista, se propondrán acciones puntuales para superar las diferentes barreras digitales propuestas. Finalmente, se indicarán, como de un manual se tratase, la o las acciones puntuales para cada tipo de barrera digital.

5.1.1. Definiciones de los diferentes tipos de barreras

Las diferentes barreras se propusieron sobre la base de las respuestas sobre los retos con los que se encuentran frecuentemente los profesionales de la industria de la construcción que trabajan en empresas que han implementado BIM. Tomando como un ejemplo la problemática de un profesional que exige detalles de modelamiento no viables, ya sea por el tiempo que requiere modelar a ese nivel o porque simplemente no corresponde a los requerimientos del proyecto, esto se genera debido a la falta de información que se tiene sobre la metodología y se tendría la primera barrera propuesta. Las siguientes barreras se realizaron con el mismo razonamiento y se presentan a continuación:

- Barrera 1: Falta de conocimientos teóricos-prácticos de la metodología

Como se mencionó anteriormente, este tipo de barrera digital trae consigo muchos problemas al trabajar colaborativamente. Entre los principales problemas que se pueden suscitar, está la poca colaboración de los profesionales para el adecuado trabajo con la metodología colaborativa.

Las razones por las cuales la barrera pudo haber surgido, sobre la base de las respuestas sobre la implementación de BIM por parte de los profesionales, pueden ser las siguientes. En primer lugar, se encuentra la poca o nula capacitación de estos personales ya sea porque la empresa no consideró necesario que conocieran la metodología o porque el personal no tuvo interés en aprenderla. Otra razón por la cual el profesional no tiene un adecuado dominio de conceptos es que este se haya incorporado a la empresa tiempo después de la implementación y no se tuvo un protocolo para que sea nivelado en conocimiento. Se comentará más sobre estas posibles razones en el capítulo 6 del presente trabajo.

Como se pudo observar, el hecho de que los profesionales no tengan conocimiento de la metodología genera muchos problemas a la hora de trabajar que se traducen en pérdida de tiempo importante y, por ende, de dinero. Otro aspecto a destacar es que, según lo mencionaron la mayoría de entrevistados, los profesionales que suelen tener esta falencia son los que poseen más años de experiencia y, por lo general, ocupan cargos más altos. Por ello, es crucial que no exista este desfase de conocimientos, ya que estos profesionales, al tener más poder en la toma de decisiones influyen significativamente en el resto del equipo de profesionales que presentan la falencia.

Esta última afirmación de la mayoría de los entrevistados guarda relación con el estudio titulado *Transformation from the inside: the role of pockets of change for digitally driven development*, realizado por Linderoth et al. (2022), el cual detalla que son los empleados de más antigüedad los que, por falta de interés, no tienen suficiente conocimiento de los posibles beneficios de BIM; por ejemplo, personas con 10 a 15 años de experiencia gestionando proyectos. Esta circunstancia puede obstaculizar el desarrollo de BIM, ya que los empleados se centran en el *software* más que en esta metodología, así se les enfatice que no se trata de un *software* en específico

- **Barrera 2: Falta de convencimiento y conocimiento de los beneficios de la metodología**
Como su nombre lo indica, se puede suscitar en la empresa una barrera si no se tiene siempre presentes los beneficios monetarios y de ahorro de tiempo que conlleva aplicar esta metodología. Esto es importante, ya que un profesional que no conozca los beneficios que obtendrá de aplicar una metodología diferente a la que siempre ha aplicado hará que realice sus labores de manera desmotivada o simplemente opte por seguir realizando estas de la manera

tradicional, y, más aún, si este profesional tiene un cargo importante. De esa manera, no todos los proyectos en las empresas tratadas hacían uso de BIM, por ende, de darse la oportunidad de implementar la metodología en un nuevo proyecto, un factor crucial sería que el responsable de la toma de la decisión tenga muy presente cuáles son los beneficios de la implementación; de lo contrario, optará por continuar trabajando de la manera habitual.

Esta barrera se evidencia en el estudio *Transformation from the inside: the role of pockets of change for digitally driven development* de Linderoth et al. (2022), el cual explica que existe una tendencia entre los profesionales a no comprender los beneficios a largo plazo de los procesos relacionados con BIM. Si no perciben beneficios inmediatos, prefieren evitar nuevos procesos de trabajo y se quedan con la metodología tradicional en lugar de innovar con BIM. Sobre todo, en aquellos profesionales que tienen influencia, como gerentes de ciertas asignaturas, quienes toman decisiones sobre el ahorro de costos y cambios de plan en el tiempo, es importante influir en ellos para poder obtener los beneficios de BIM en un proyecto.

- Barrera 3: Incapacidad de operar con las herramientas BIM

De acuerdo con lo indicado por un grupo importante de profesionales, un problema que hacía que las reuniones entre especialistas no se dieran de manera fluida o de que existan inconvenientes durante las labores diarias es el hecho de que los ingenieros no sepan operar las herramientas BIM.

Ahora bien, es necesario hacer una salvedad en este apartado. No sería viable ni conveniente para el proyecto que profesionales con cargos más gerenciales sean capacitados en labores mecánicas como modelamientos porque son asignaciones que no le corresponden o le corresponden con poca utilidad; por ello, se debe analizar cuál herramienta es más conveniente dominar de acuerdo con el cargo del profesional. Tomando un ejemplo, sería más factible que un ingeniero residente domine *softwares* de visualización como BIM 360 o Dalux a que sea capacitado para modelar estructuras, ya que su asignación es velar por la ejecución del proyecto, para lo cual requerirá de la información técnica del diseño y pueda ser materializado.

Según la tesis *Evaluación de las percepciones individuales sobre la aceptación y uso de BIM de los profesionales de la construcción* de Balboa (2021), concluye, a partir de su estudio, que un serio problema de la aceptación de BIM como metodología es la dificultad para navegar en los *softwares* BIM y, cuando los profesionales reciban apoyo de alguien capacitado ante

dificultades en el uso de tecnologías, usarán BIM con más frecuencia. Asimismo, el estudio titulado *Understanding digitalisation in construction: for what and for whom?*, desarrollado por Engström et al. (2022), revela que la digitalización se percibe como algo excluyente por parte de los profesionales de obra. Según estos, las plataformas y los sistemas no estaban disponibles para todos debido a la falta de conocimiento informático, falta de alineación y de interoperabilidad de plataformas, lo que hace que la digitalización obstaculice la comunicación en vez de facilitarla, así complique la implementación de la metodología.

- Barrera 4: Falta de experiencia en campo de profesionales junior

Un hecho que fue remarcado por varios profesionales, en especial los que tenían más años de experiencia y cargos gerenciales, era de que los profesionales nuevos que mayormente se desempeñan como modeladores y coordinadores BIM se centran mucho en trabajar para el modelamiento en sí que para contribuir con este al desarrollo del proyecto. Esto tiene sentido puesto que, en la mayoría de los casos, los profesionales que se desempeñan en las áreas antes mencionadas no tienen mucha experiencia en campo y solo poseen conocimientos teóricos.

Este tipo de barrera genera que exista un enfoque de preocupación hacia modelamiento de la información en vez que al aporte que este pueda generar al adecuado desarrollo del proyecto. Esto generaría problemas con tener niveles de modelación o modelos innecesarios para un objetivo de proyecto específico. Por ejemplo, si en una edificación el encargado de campo solo requiere un modelo del casco estructural para analizar su información como las dimensiones de los elementos, bastaría con el modelo enfocado en la especialidad de estructuras, siendo innecesario un modelo detallado en el que se presente otras especialidades como la arquitectura estética.

Además, el estudio de Engström et al. (2022) refleja que hoy en día solo se trabaja la digitalización para planificación, documentación, búsqueda de información y coordinación de tareas. Esto implica una sobrecarga de información que, al filtrar masas de esta y clasificar las de tipo crítica, conlleva tiempo inesperado. Además, la velocidad del flujo de trabajo podría tener consecuencias nefastas ya que permitiría actualizaciones fragmentadas de planos, especificaciones y dibujos, lo que podría ser riesgoso en obra para los profesionales de sitio. No obstante, se olvida la utilidad de la digitalización como estrategia de visualización de información para el área encargada de la ejecución de la obra *in situ*. A estos profesionales, por ejemplo, al residente de obra o ingenieros de producción les servirá tener la información precisa

de lo que se está ejecutando por lo que los modeladores y coordinadores BIM deben tenerlo en cuenta al ser ellos quienes se encarguen de transmitir la información del diseño.

- Barrera 5: Inadecuada planificación del tiempo destinado a capacitación:

Ya habiendo definido la importancia de que los diferentes profesionales que trabajan en la empresa tengan un adecuado conocimiento de la metodología BIM, se presenta un nuevo problema que es el del tiempo invertido en capacitar al profesional en cuestión *in situ* o ya comenzado el proyecto. Se plantea como ejemplo al de una reunión de involucrados, sería una mala planificación del tiempo que, en el transcurso de la reunión, se tenga que aclarar conceptos básicos de la metodología de trabajo a cada profesional que no los sepan, o enseñar a cada profesional como manejar una herramienta BIM.

La problemática descrita en la barrera 5 genera dos cosas. En primer lugar, mucho tiempo invertido destinado a una capacitación *in situ* del personal que no necesariamente sería una adecuada, ya que no se planificó y se está realizando de manera retrasada. En segundo lugar, por el hecho de que los profesionales que capacitan *in situ* detectan que el tiempo demandado por capacitación es mucho, estos deciden simplemente prescindir de esta capacitación.

El artículo *The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation* de Migulinskas et al. (2013) concluye que hay muchas barreras que impiden a los participantes del proyecto utilizar la última tecnología y BIM, entre la cual una de las más importantes es el tiempo que demanda aprender a usar la metodología y sus *softwares*. Por ejemplo, conocimientos para llevar a cabo el modelado 3D/4D, la gestión de información y los problemas derivados del intercambio de datos, y el *hardware* efectivo, son conceptos que a los profesionales les suele demandar mucho tiempo en pulirse. Asimismo, la falta de información sobre los estrictos estándares, reglas de implementación BIM para ciertos participantes del proyecto y obligaciones contractuales son uno de los problemas más complicados en cuanto a barrera generada por tiempo destinado a capacitación.

- Barrera 6: Falta de acceso a herramientas BIM

En un principio, no se consideró comentar acerca de este tipo de barrera puesto que las empresas que estudiamos sí tienen la posibilidad de contar con los diferentes *softwares* BIM. Sin embargo, en vista de que algunos profesionales mencionaron esta problemática, se optó por mencionar esta.

Cabe resaltar que pueden existir empresas que, si bien poseen las licencias de los diferentes softwares, aún no lo hacen de otros *softwares* que también pueden ser de ayuda o que no tienen las suficientes licencias para que todos los profesionales implicados las usen.

De acuerdo con el Segundo estudio de adopción BIM en Lima metropolitana, uno de los retos más importantes encontrados al implementar BIM es contar con el *software*. Según el estudio, el 45 % de sus encuestados considera que tener los recursos necesarios como *software* y *hardware* para trabajar con BIM, o tener a alguien disponible en caso haya dificultades durante el uso de BIM es un factor que influye en la implementación de la metodología (Murguía et al., 2021). Esta decisión está completamente a manos de la gerencia de proyectos, por lo que el factor depende de si la empresa apoya o no el uso de BIM.

Tabla 3. *Tabla resumen de los tipos de barrera*

BARRERA 1	falta de conocimientos teóricos-prácticos de la metodología
BARRERA 2	falta de convencimiento y conocimiento de los beneficios de la metodología
BARRERA 3	incapacidad de operar con las herramientas BIM
BARRERA 4	falta de conocimiento de trabajo en campo
BARRERA 5	inadecuada planificación del tiempo destinado a capacitación
BARRERA 6	falta de acceso a herramientas BIM

5.1.2. Estrategias sugeridas para solucionar barreras

Para las propuestas de las diferentes estrategias presentadas en este acápite, se tomaron en cuenta las respuestas al último bloque de preguntas de la entrevista. Así, se procesó y ordenó toda la información, se analizó cada respuesta con mucho detalle y, sin que se perdiera ninguna acotación, se realizaron las diferentes estrategias presentadas. Cabe resaltar también que se agruparon dichas estrategias en grupos de mayor jerarquía que diferencian los frentes en los que se van a realizar los cambios, lo cual se resume a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. *Tabla resumen de los diferentes factores*

Factor Humano	Estrategias que implican mejoras en el conocimiento personal de los profesionales de la empresa.
Factor Organización	Estrategias que implican cambios en las políticas de la empresa.
Factor Actividades y Flujos de Trabajo	Estrategias que implican cambios en la dinámica de trabajo y procesos de la empresa.

5.1.2.1. Factor Humano

Se plantean estrategias que implican mejoras en el conocimiento personal de los profesionales de la empresa, por ejemplo:

- Estrategia 1: Capacitaciones a cargo de la empresa

Esta fue la opción mayormente sugerida por los profesionales encuestados, tal y como se puede apreciar en las Figuras 29 y Figura 30 del capítulo 5. El diferencial está en la manera de llevar a cabo estas capacitaciones, después de un riguroso análisis se comentarán las salvedades necesarias para hacer de estas una manera óptima de aprendizaje.

La primera salvedad para comentar es que estas capacitaciones deben de ser diferenciadas de acuerdo al cargo del capacitado, de no ser el caso sería una pérdida de tiempo enseñar a un profesional aptitudes que no aplicará en sus responsabilidades diarias. Así, desde el mayor rango a menor cargo, los ingenieros residentes, gerentes de proyecto y jefes de calidad deben recibir mayor énfasis en conocimiento general de la metodología, la dinámica de cómo se dan los procesos, trabajo colaborativo y del manejo de herramientas de visualización. Los cargos que sean responsables de las coordinaciones entre áreas o planifiquen la jornada de trabajo deberán recibir una capacitación más especializada tanto de la metodología como manejo de herramientas que les posibiliten realizar sus labores diarias utilizando los usos BIM.

La segunda salvedad para comentar es que este tipo de capacitaciones deben de ser acompañadas de constante tutoría por parte de los impartidores. Esto ya que varios ingenieros

que habían sido parte de capacitaciones anteriores por parte de sus respectivas empresas indicaron que, en la mayoría de los casos, por el hecho de que no existía evaluación continua o seguimiento del aprendizaje, existían profesionales que solo realizaban esta capacitación para cumplir con el requisito y descuidaban si realmente habían aprendido algo. Por este motivo, se sugiere acompañar a las capacitaciones de evaluaciones constantes, exposiciones grupales y personales, entregables parciales, y simulacros que garanticen que el profesional haya cumplido con el hito propuesto.

- Estrategia 2: Asegurar experiencia de campo a los profesionales jóvenes

Pese a que esta opción no fue una de las más populares (tan solo unos cuantos profesionales la sugirieron), esta resolverá una problemática no muy visible en el rubro. Antes de realizar las encuestas y sobre la base de varios estudios de adopción y demás literatura, teníamos previsto que los retos a la hora de utilizar esta metodología en empresas iban a surgir netamente por culpa de los profesionales desfasados. Sin embargo, se develó que existían profesionales jóvenes que también generaban problemas. Resulta que estos profesionales, por el mismo hecho de que tiene tan solo unos pocos años de experiencia profesional no tienen conocimiento del trabajo en obra y esto hace que el trabajo que realizan con las diferentes herramientas BIM se centre en el aporte al modelado de la información más que al aporte que pueda generar al proyecto.

Por lo dicho anteriormente es que este grupo de profesionales tiene que nutrirse con conocimientos de cómo es la dinámica en obra para que su trabajo pueda aportar a esta. Para esto, se les asignarán ingenieros con amplia experiencia, estos, con la ayuda de visitas a campo bien planificadas, les enseñarán todo lo necesario para que tengan nociones de la dinámica y flujo de trabajo. Además de esto, se tendrá una comunicación bidireccional en caso de que puedan surgir dudas y para pulir el trabajo.

5.1.2.2. Factor organización

Estrategias que implican cambios en las políticas de la empresa, por ejemplo:

- Estrategia 3: Establecimiento de parámetros de implementación BIM

Muchas empresas, tal como lo indican los entrevistados, no tienen un plan de implementación o implementan la metodología tercerizando el servicio o habilitando un área BIM y esperan buenos resultados sin mayor planificación. Estos parámetros deben abarcar temas como la manera de implementar BIM, los hitos que se deben cumplir, los plazos en los que se deben cumplir con estos hitos, los conocimientos de BIM que deben de tener cada uno de los profesionales de acuerdo con su rol, acciones a realizar en caso no se den los resultados esperados y demás acciones que consideren necesarias cada empresa.

- Estrategia 4: Realización de proyectos piloto

Esta opción fue planteada por tres de los profesionales, tal como se puede apreciar en la Figura 30. Estos profesionales indicaron que un proyecto piloto servirá para demostrar con factores tangibles los beneficios de utilizar BIM, tanto las ganancias de tiempo como la automatización del trabajo. Dichos profesionales, también, mencionaron que estos proyectos no deben de ser muy grandes, ya que, por lo general, podrían ser edificaciones de no más de cinco pisos; esto para garantizar la simpleza de este.

- Estrategia 5: Relaciones de largo plazo para garantizar conocimiento y aplicación de BIM por parte de subcontratistas

El hecho de que los contratistas con los que trabajan no presenten entregables BIM y que sigan realizando planos en CAD y demás prácticas tradicionales genera para la empresa un retrabajo, puesto que se tiene que modelar desde cero toda la información entregada por estos contratistas y, si se tiene una incompatibilidad o alguna duda, se tiene que comunicarse con estos para aclarar aquello, algo que genera tanto pérdida de tiempo como que el proceso sea engorroso.

Por ello, se propone, como un requisito adicional que se incorporen junto a los entregables tradicionales modelados BIM por parte de los profesionales. Este hecho no solo generará un ahorro de tiempo y dinero, sino que generará que los contratistas implementen esta metodología en sus empresas a largo plazo.

- Estrategia 6: Facilidades para capacitarse externamente

Tal y como mencionó un entrevistado: “Nada habla mejor de una empresa que les da facilidad a sus empleados para seguir estudiando y capacitándose”. En ese sentido, los gerentes pueden considerar que un empleado se capacite como ausencia por parte de este en ciertos horarios laborales o descuido de sus responsabilidades; sin embargo, no reconocen que esta capacitación

trae consigo ganancia de conocimientos y, por ende, mejoras tanto en el trabajo del empleado como en los procesos de la empresa. Más aún si esta capacitación será sobre BIM, pues esto traerá consigo mejoras en el uso de herramientas, en la calidad de los entregables y demás.

Por esta razón, los gerentes o los encargados de las áreas deben de brindar facilidades en la recuperación de horas laborales o permisos especiales cuando se trate de cursos o capacitaciones. Además de esto, podrían negociar medias becas o descuentos especiales con empresas que brindan este tipo de enseñanzas para incentivar más aún el espíritu de seguir capacitándose. Finalmente, podrían premiar al hecho de realizar una diplomatura o un postgrado con un ascenso o un aumento de sueldo.

- Estrategia 7: Documentación de resultados netamente de beneficios del uso de BIM

Tal y como se mencionó en el segundo capítulo del presente trabajo de tesis, siempre surgirán problemas y recelo tanto para los trabajadores como para los que apliquen en un futuro BIM si estos no tienen muy claro cuáles son los beneficios de esta metodología. Es por este motivo que se sugiere realizar un *marketing* de los beneficios, no solo a los clientes, sino especialmente a los trabajadores. Para esto se comenzará con ponencias sobre resultados tangibles y cuantificables de la aplicación de la metodología BIM en proyectos ya concluidos. Esto se complementará de visitas tanto a oficinas técnicas como a obras en donde se aplique BIM para observar de primera mano cómo es el ahorro de tiempo en la aplicación de esta metodología. Finalmente, se sugiere repartir *brochures* con información puntual y demostrativa sobre proyectos realizados bajo la metodología BIM.

- Estrategia 8: Establecimiento de un protocolo para alinear en conocimientos al personal recién incorporado

Como ya se explicó en acápite anteriores de este apartado, es fundamental que una empresa posea parámetros de implementación BIM. Así como es muy provechoso planificar la adopción por parte de los profesionales que trabajan en la empresa en ese momento, también se debe de tener un plan para los profesionales que se incorporan a medida que se desarrolla esta adopción metodológica. En ese sentido primero se debe evaluar el conocimiento de BIM del profesional de acuerdo con su puesto (como ya se mencionó en acápite anteriores, existen conocimientos que no deben ser esenciales para ciertos roles), de no ser el caso se debe de nivelar al profesional con capacitaciones por parte de sus pares o por parte de un centro especializado en la enseñanza de la metodología.

5.1.2.3. Factor actividades y flujos de trabajo

Estrategias que implican cambios en la dinámica de trabajo y procesos de la empresa.

- Estrategia 9: Contratación de personal complementario

Tal y como lo menciona cierto grupo de profesionales, una solución inmediata ante una falencia por falta de conocimiento BIM en cierta área de la empresa es la contratación del personal idóneo que cumpla con este requisito. Sin embargo, existe otro punto a aclarar adicional, este trabajador o trabajadores que se contraten no deben ser de estancia prolongada. Estos se incorporarán a la empresa para cumplir con los entregables pertinentes a medida que enseñan a los que, en un primer momento, estaban encargados de estos. La solución mencionada a continuación no solo resuelve el problema de manera inmediata, sino que es rentable en el tiempo.

- Estrategia 10: Promover trabajo complementario entre profesionales desfasados y profesionales BIM

Un comportamiento descrito por varios entrevistados es el que tienen, por un lado, los ingenieros seniors y, por otro, los ingenieros BIM o juniors. Por parte del primer grupo, se comentó que en algunos casos restaban importancia a la aplicación de la metodología y por ende a los profesionales implicados en esta. Por parte del otro grupo, menospreciaban a los ingenieros seniors tan solo porque no poseen sólidos conocimientos en herramientas BIM y en softwares en general. Lo anteriormente descrito es un desperdicio de conocimientos y enseñanzas por parte de ambos grupos; en primer lugar, los ingenieros seniors tiene una vasta experiencia que se puede aprovechar para cualquier proyecto; por otro lado, los ingenieros juniors tienen un dominio innegable tanto de herramientas como de los usos BIM.

Es así que, para potenciar ambos frentes, se propone un trabajo complementario entre ambos profesionales, esto para que ambos se lleven los conocimientos del otro. Se había comentado en sugerencias anteriores que los ingenieros con más experiencia en campo necesitaban dominar ciertas funciones de herramientas BIM de visualización y que otro grupo necesitaba potenciar su experiencia en campo. Es con esta propuesta, que se planea cumplir con ambas falencias.

- Estrategia 11: Reuniones internas en las que se presenten avances y lecciones aprendidas

Esta sugerencia no solo fue propuesta desde la percepción de uno de los profesionales, sino que desde la aplicación personal en la empresa donde trabajaba. Este profesional mencionó que las reuniones se daban de manera mensual y entre todas las áreas de la empresa. Las retroalimentaciones brindadas por los diferentes jefes de área aportan dos cosas: En primer lugar, las prácticas que generaron malos resultados y que no se deben seguir aplicando, y en segundo lugar lo rescatable de cada área y que se debe mantener en aplicación.

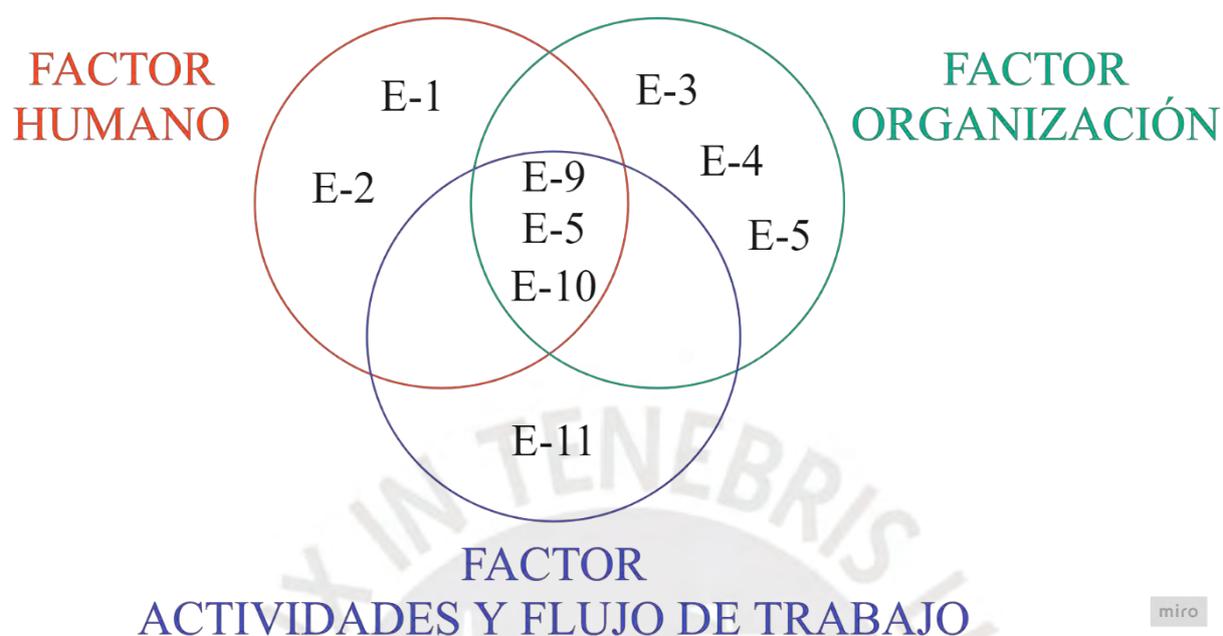
Estas reuniones no solo mejorarán sistemáticamente la metodología con la que se trabaja BIM en la empresa, sino que también generará interés e involucración por parte de los profesionales más lejanos a los conocimientos de esta metodología.

A continuación, la Tabla 5 presenta un resumen de todas las estrategias.

Tabla 5. *Relación entre cada barrera y el factor propuesto*

Estrategia 1	Capacitaciones a cargo de la empresa.
Estrategia 2	Asegurar experiencia de campo a los profesionales jóvenes.
Estrategia 3	Establecimiento de parámetros de implementación BIM.
Estrategia 4	Realización de proyectos piloto.
Estrategia 5	Relaciones de largo plazo para garantizar conocimiento y aplicación de BIM por parte de subcontratistas.
Estrategia 6	Facilidades para capacitarse externamente.
Estrategia 7	Documentación de resultados netamente de beneficios del uso de BIM.
Estrategia 8	Establecimiento de un protocolo para alinear en conocimientos al personal recién incorporado.
Estrategia 9	Contratación de personal complementario.
Estrategia 10	Promover trabajo complementario entre profesionales desfasados y profesionales BIM.
Estrategia 11	Reuniones internas en las que se presenten avances y lecciones aprendidas.

Cabe resaltar, que las estrategias no son íntegramente inherentes a cada factor. Es decir, que puede existir una estrategia que también afecte otros ámbitos como el organizacional o demás. Así, se propuso un gráfico donde se puede notar con mayor facilidad a qué factores pertenecen las diferentes estrategias.

Figura 31. Distribución de estrategias de acuerdo con factores

Finalmente, se correlacionará cada barrera con un factor a mejorar y, por ende, alguna sugerencia asociada. Para hacer este proceso más amigable para el lector, se elaboró la Tabla 6 que unifica toda la información.

Tabla 6. Relación entre cada barrera y la estrategia propuesta

		BARRERA 1	BARRERA 2	BARRERA 3	BARRERA 4	BARRERA 5	BARRERA 6
FACTOR HUMANO	ESTRATEGIA 1	X		X		X	
	ESTRATEGIA 2				X		
FACTOR ORGANIZAC IÓN	ESTRATEGIA 3	X			X	X	
	ESTRATEGIA 4		X		X		
	ESTRATEGIA 5	X		X		X	
	ESTRATEGIA	X		X		X	

	6						
	ESTRATEGIA 7		X				
	ESTRATEGIA 8	X		X	X	X	
FACTOR ACTIVIDADES Y FLUJOS DE TRABAJO	ESTRATEGIA 9	X		X		X	
	ESTRATEGIA 10	X	X	X	X	X	
	ESTRATEGIA 11		X		X		

Como se puede ver en la Figura 23 del presente trabajo de tesis, no todos los profesionales se sirven de los usos BIM íntegramente para sus entregables. Una duda que se podría suscitar es si es algo necesario que se cumpla lo opuesto, es decir que todos los profesionales que trabajan en este tipo de empresas se sirvan de los usos BIM para todos sus entregables. Eso es algo que se responderá en el capítulo 6, pero se puede adelantar lo mencionado por un ingeniero entrevistado al realizar esta misma consulta: “No todos los proyectos son iguales, estos presentan diferentes naturalezas ya sea por el tipo de edificación, estructura, magnitud, etc. Es por esto que no sería viable aplicar todos los usos BIM a todos los proyectos por igual”.

Ahora bien, lo mencionado en el anterior párrafo puede contrastar a lo descrito en la Figura 24. Y es que no necesariamente por el hecho de que en este tipo de empresas se utilicen aún prácticas tradicionales tenga que significar algún tipo de desfase. Si nos basamos en lo mencionado por el profesional, en un proyecto en donde no se trabajen íntegramente los usos BIM, lógicamente, se utilizarán algunas prácticas tradicionales y esto no significará un atraso necesariamente, sino una acción de discernir sobre qué sería lo mejor para el proyecto.

Naturalmente y, tal como lo esbozamos en un momento previo al de recolección de datos, el reto que se encuentra un profesional que trabaja en este tipo de empresas cuando interactúa con otro con una madurez de la digitalización distinta a la suya es la falta de confianza o interés que tienen para con la metodología BIM. Se tiene que dar una distinción entre el motivo de que estos profesionales tengan este recelo, pues no es el mismo en todos los casos. Esto se puede suscitar por dos razones: (1) por el hecho de que estos profesionales no sepan en absoluto cuáles

son los beneficios de aplicar la metodología BIM o (2) porque sí tengan noción de estos, pero no sean conscientes (tangiblemente) de la magnitud de ahorro que trae consigo.

Sin duda, uno de los resultados más reveladores de este estudio fue el de las falencias que tienen los profesionales BIM que cuentan con pocos años de experiencia profesional. Fueron más de dos ingenieros, todos con una amplia trayectoria, los que afirmaron que existía una distorsión del trabajo que realizaban los profesionales juniors con el esperado que podía aportar al proyecto realmente. Todo se podría sintetizar en lo que dijo uno de ellos: “Estos profesionales trabajan para aportar al modelamiento en sí que para aportar a la realización del proyecto”. Esta revelación fue muy valiosa porque cambió el panorama que se consideró en este estudio de la barrera digital existente en empresas que han implementado BIM, ya que en un principio creíamos que solo iban a existir problemas por el lado de los ingenieros desfasados digitalmente.

En la Figura 26, se puede notar que todos los profesionales al menos han recibido de alguna manera un nivel de formación en cuanto a la metodología BIM. Esto revela que los profesionales del Perú en el sector construcción, al menos, tienen cierta iniciativa o impulso por aprender BIM, pero este aprendizaje puede ser incompleto o de manera parcial porque todavía sigue existiendo la barrera digital tal como estamos presentamos en el planteamiento del problema. Tal como mencionó uno de los profesionales: “El Gobierno peruano debería preocuparse más por el uso de la metodología BIM en los proyectos promoviendo mucho más en el sector público de manera que poco a poco los proyectos del sector privado comenzarán a adaptarse”. Otro de los profesionales ingenieros también menciona que “Si bien existen muchos cursos impartidos por diferentes instituciones o incluso SENCICO respecto a software BIM, se difunde poco cómo es que funciona realmente la metodología de gestión”.

Por su parte, en la Figura 27, se muestra que solo el 14.8% de los profesionales afirma que la capacitación que reciben se debió a un área BIM interna de la empresa cuando este empieza la adopción de la metodología. Esto refleja que no todas las empresas se preocupan por aquellos profesionales que tienen dificultades de conocimiento de la metodología. Sin embargo, esto no es motivo para que estos profesionales prefieran no adoptar la metodología ya que según la Figura 28 resulta que todos los profesionales consideran que implementar BIM sí es necesario sin duda alguna, tal como mencionaron casi todos los profesionales en sus respuestas: “No, por ningún motivo” o “La empresa obligaba el uso de BIM en sus proyectos, por lo que era

imposible no adaptarse”. Ahora bien, luego de que la empresa adopte BIM, los profesionales coinciden que no fue fácil redefinir la dinámica con la que se trabajaba. Algunos de ellos más bien hablaban de “¿Qué tan difícil es redefinir la dinámica”, otros coinciden en que “Se trata de un proceso de flujo de ensayo y error” y otros también en que “Se trata de un proceso de mejora continua y de mucha voluntad, por ende, ¿es importante medir el progreso en el tiempo?”

Con respecto a las recomendaciones brindadas por los profesionales entrevistados, se propuso consultarlas haciendo una distinción: unas serían a corto plazo y otras a largo plazo. Sin embargo, la mayoría de profesionales brindó sus respectivas propuestas independientemente de esta salvedad. Sin embargo, luego de analizar cada una de estas, existen algunas que darán resultados antes que otras o también están las que se pueden aplicar para aliviar la falencia respectiva inmediatamente. Tal es el caso de la sugerencia de subcontratar a personal complementario, esto resolverá de manera inmediata el problema, pero no por eso significa que esta acción es lo único que implica la solución, este personal irá enseñando a medida que hace que su presencia no sea necesaria. Como ejemplo de una sugerencia que da resultados a largo plazo, está la de tener reuniones internas entre los profesionales.

No obstante, algunos de los profesionales coincidían en que prefieren no subcontratar a un equipo complementario, sino más bien crear un área interna BIM que parte de sus funciones sea brindar soporte técnico a quien lo necesite. Esto sería una solución mucho más efectiva, pero sería reemplazada por una solución a largo plazo ya que requeriría de más inversión de tiempo.

Asimismo, algunos profesionales mencionaron también que si lo que se busca es hacer que los profesionales estén capacitados y no ocurra la brecha, no solo debe de existir un conocimiento de los beneficios de la metodología, sino también incentivar a que ellos se capaciten. Por ejemplo, existen muchas formas de capacitarse tal como se presentó en la Figura 26; sin embargo, muchas de estas capacitaciones requieren un costo que debe ser asumido por los interesados. Frente a este problema, los profesionales sugieren implementar incentivos como becas o descuentos a cursos, premiarlos por un buen progreso del profesional, darles acceso a cursos complementarios o incluso a los *softwares* para que puedan seguir desarrollándose, entre otros.

5.2. Limitaciones de la investigación

En esta sección se tratarán las limitaciones que se expusieron durante la metodología de la investigación en ejecución. Asimismo, se expondrán las soluciones que se implementaron para cada circunstancia presentada para poder realizar con éxito la investigación.

Primero, se empezó por recurrir a las empresas presencialmente con una carta de presentación de los dos tesisistas con la finalidad de poder obtener la colaboración para realizar entrevistas a profesionales de la industria de la construcción. Sin embargo, debido a que por lo general las empresas que han adoptado BIM en Lima Metropolitana son organizaciones de gran magnitud a nivel de personal y poder económico, el proceso para conseguir una entrevista con personas representativas de las empresas fue demasiado burocrático y complejo, además que recibir una respuesta de aceptación por parte de la empresa demora cierto periodo considerablemente extenso, por lo cual se desistió en seguir esta estrategia para poder conseguir las entrevistas.

Segundo, en vista del poco éxito al conseguir las entrevistas por la limitación expuesta en el párrafo anterior, se recurrió a la búsqueda de profesionales a través de la red social LinkedIn, revisando el perfil de los posibles candidatos, filtrando que ellos cumplan con el perfil definido en el capítulo 4. Esta estrategia resultó mucho más efectiva y se evidencia en los resultados, ya que se logró conseguir 27 profesionales quienes accedieron a participar en la entrevista como colaboración del caso de estudio. La entrevista fue realizada de manera virtual, grabada con previa autorización de los profesionales, a través de la plataforma Zoom. Dicha sesión inició con una breve introducción del tema y continuó con las preguntas, cuyas respuestas fueron anotadas de manera resumida para su posterior análisis, y teniendo la grabación como apoyo por si algún dato no se entendió.

Tercero, para llevar a cabo las entrevistas virtuales, se trató en mayor instancia que ambos tesisistas estuviésemos presentes en la mayor cantidad de entrevistas posibles para, una vez culminada la sesión, poder analizar y debatir los datos obtenidos. En alrededor de 17 de las 27 entrevistas, ambos tesisistas estuvimos presentes. En cuanto a las otras 10 restantes, cada uno procuró dirigir la entrevista conforme nos resultaba posible en horarios y elaborar un resumen de las respuestas obtenidas, para posteriormente explicar estos resultados al miembro que no pudo estar presente en la reunión.

Finalmente, una vez culminada la etapa de entrevistas a los 27 profesionales, si bien se tenían las respuestas a las preguntas planteadas a manera de resumen, la cantidad de información era demasiada, por lo que se realizó un cuadro resumen para cada respuesta de manera de hacerlas analizables. Así, se pudo visualizar y analizar la información de forma más sencilla.



Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

La metodología BIM es, actualmente, una de las nuevas tendencias en la industria del sector de arquitectura, ingeniería y construcción, la cual propone cambios respecto a la forma tradicional de trabajo. En ese sentido, con el objetivo de que la aplicación de dicha metodología cumpla las expectativas deseadas, se deben conocer las barreras y las facilidades para su implementación. Estas facilidades deben promoverse durante la toma de decisiones en el sendero de la innovación. A pesar de los grandes beneficios que se consigue con BIM en los proyectos de infraestructura, su adopción se encuentra aún en un estado de transición a nivel nacional, y se debe, en parte, a las barreras presentadas en esta investigación. Por lo tanto, reducir estas barreras entre los profesionales que aplican y no aplican BIM favorecerá la adopción de la metodología para las empresas afines a la industria de la construcción.

Sobre la base de las entrevistas realizadas y de la posterior estrategia propuesta, se describió la dinámica que se tiene en empresas que han implementado la metodología BIM, así como se identificaron los problemas más recurrentes entre profesionales con distinta madurez con respecto a la metodología. Es a partir de ello que se concluye que no necesariamente el hecho de que una empresa utilice las prácticas tradicionales se debe de pensar que no está encaminada a la digitalización. Tal como mencionaron varios profesionales durante las entrevistas, no es viable utilizar la totalidad de los usos BIM para todos los proyectos indiferentemente, sino se debe analizar previamente la naturaleza de estos para ver cuál uso BIM generará más beneficios, lo cual fue sugerido reiteradas veces por los entrevistados. Esto se puede contrastar, además, con lo mencionado por parte de los profesionales con respecto al uso de BIM, pues, para extraer metrados, se puede apreciar que el 74% de estos no utiliza BIM por ser una herramienta muy susceptible para cometer errores.

En la Figura 23 del presente trabajo de tesis se pudo observar que la mayoría de los trabajadores de estas empresas utilizaron BIM para casi todos sus entregables. Por ello, se plantea que la implementación de BIM en los proyectos no es un mal indicador. De hecho, los profesionales discernieron sobre qué uso BIM es adecuado para cada tipo de proyecto. Tal es el caso de un profesional que aseguró que el uso BIM de “Estimación de cantidades y costos”, para el tipo de proyecto con el que se enfrentaba y en su empresa, no le era de gran ayuda pues significaban resultados no tan cercanos a los reales; así, él optó por obtener las cantidades y costos vía hojas de cálculo y planos 2D. Como se puede ver, lo anhelado no es tener un porcentaje de 100% de

profesionales que se sirvan de los usos BIM para absolutamente todos sus entregables, si no que analicen cuáles serán los de mayor beneficio. Así, la cifra que debería mermarse es la de los profesionales que no se sirven de los usos BIM para absolutamente ningún entregable, como se afirmó en acápites previos, pues todos los profesionales deben estar involucrados con la metodología cuando sea su turno desde los cargos como modeladores hasta los más gerenciales.

Lo que se busca con esta propuesta, como ya se mencionó, es alinear a todos los profesionales. Es decir, que todos los profesionales, de acuerdo con el cargo que les corresponda, sepan desenvolverse en una empresa que ha implementado la metodología BIM. Para mencionar un ejemplo de la situación descrita, un modelador BIM tendrá habilidades para el manejo de *softwares* de modelamiento mientras que lo que se espera de un ingeniero residente es que cuente con sólidos conocimientos de la metodología y manejo de herramientas de visualización.

Por otro lado, si bien existe cierto impulso por parte de las exigencias contractuales de algunos proyectos de construcción, las facilidades para aprender BIM que divulga el Gobierno peruano todavía siguen en trance. Muchos de los ingenieros entrevistados opinaron a su parecer que debería promoverse de una manera más intensiva. Asimismo, que en las exigencias contractuales se exija el uso de la metodología BIM; por un lado, es una manera de obligar a los profesionales a adaptarse y capacitarse en dicha metodología; por otro lado, promueve el desarrollo a nivel global de las empresas en cuanto a innovación en el sector construcción. De esta manera, progresivamente se exigirá el uso de BIM en todo tipo de proyectos, desde los menos complejos hasta los de gran envergadura.

A partir de este estudio se determinó, también, que una empresa que implemente un área interna BIM obtendrá más beneficios que una empresa que subcontrata el servicio. La razón de ello es porque al contar con un área interna BIM, esta sección se compondrá por profesionales que trabajan para la empresa los cuales están capacitados para liderar dicha área. Por una parte, existe un ambiente de trabajo de mayor colaboración o confianza ya que los profesionales pertenecientes al área BIM se conocen o al menos interactuaron con mayor periodicidad con aquellos profesionales que presentan barreras digitales, mientras que en un equipo subcontratado que cuenta con personal completamente nuevo el ambiente de trabajo será de menos confianza por tanto menos dinámico. Por otra parte, al tener un área interna, estos profesionales velarán con mayor intensidad no solo por ellos mismos sino también por el crecimiento o beneficios de la empresa y por los profesionales fuera del área BIM, a diferencia

de un equipo subcontratado el cual se limitaría a velar por el alcance contractual y por sus propios crecimientos limitando así el compartimiento de conocimientos. Sin embargo, para que lo mencionado anteriormente funcione, es importante que los profesionales estén convencidos de que BIM realmente es provechoso en los proyectos de construcción y sepan cómo implementarlo en sus entregables, y según el rol del cual estos sean responsables.

Después de analizar las preferencias de los profesionales en cuanto a maneras de capacitarse en la metodología BIM, se determinó que la mejor forma de capacitarse es asistiendo a cursos libres y de manera autodidacta, lo cual se puede reflejar en la Figura 26. Esto se debe, en primera instancia, a que los profesionales, al tener responsabilidad laboral, se encuentran muy limitados en cuanto a sus disponibilidades, por lo que se muestran indiferentes en asistir a seminarios, charlas o capacitaciones presenciales, ya que les es difícil destinar un espacio de tiempo a estas capacitaciones. No obstante, si el aprendizaje proviene de ellos, podrán capacitarse de manera que esta inversión de tiempo no interrumpa con sus labores diarias. Cabe resaltar, nuevamente, que es necesario que dichos profesionales sean conscientes de los beneficios de la metodología de manera que se encuentren motivados por aprender de ella.

Finalmente, el estudio de las barreras digitales en empresas constructoras se realizó partiendo de un modelo de entrevista sustentado por métodos de investigación del artículo *Dissertation research and writing for built environment students* del Dr. Shamil G. Naoum (2007). Sin embargo, las limitaciones del estudio son dos. Por un lado, la dificultad de encontrar empresas constructoras de estudio que tengan la disponibilidad de responder preguntas bajo el enfoque de investigación cualitativa y, por otro lado, la dificultad de encontrar registros históricos de empresas constructoras y su nivel de adopción de BIM bajo una investigación de enfoque cuantitativo. Cabe resaltar que el análisis muestral que se plantea se limita solo a la zona de Lima Metropolitana y a aquellas empresas que han alcanzado al menos un 80% de lo que se define BIM según los modelos de Succar, es decir, hasta la etapa de integración (Succar, 2009).

Referencias

- Azhar, S., Sattineni, A. y Hein, M. (2010). *BIM undergraduate capstone thesis: Student perceptions and lessons learned*. Proceedings of the 46th ASC Annual Conference, Boston. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/2010/CEUE200002010.pdf>
- Balboa, M. (2021). *Evaluación de las percepciones individuales sobre la aceptación y uso de BIM de los profesionales de la construcción* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19559>
- Barbosa, F., Woetzel, J. y Mischke, J. (2017). *Reinventing Construction: a route to higher productivity*. McKinsey Global Institute <http://dl.n.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/2898/1/MGI-Reinventing-Construction-Full-report.pdf>
- BIM Community (24 de octubre de 2016). *La situación actual del BIM en el mundo* https://www.bimcommunity.com/news/load/329/view_original
- Braul, A. y Rios, R. (2018). *Automatización en la elaboración del presupuesto y calendario valorizado a nivel de casco estructural en la etapa de licitación de un proyecto de edificación* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12106>
- Castillo, A. y Quevedo, S. (2020). *Análisis de la brecha digital en el uso de BIM en equipos de construcción* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20067>
- Dirección General del Programa Multianual de Inversiones (2021). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*. Ministerio de Economía y Finanzas. https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf

- Engström, Räsänen y Kajsa. (2022). Understanding Digitalisation in construction: for what and for whom? *Revista de la conferencia ARCOM 2022 realizada en Glasgow Caledonian University, UK*
- Fowler, P. (26 de marzo de 2014). *Building Information Modeling: What is B.I.M.?.* Pete Fowler Construction Services, Inc. <http://www.petefowler.com/blog/2014/03/26/building-information-modeling>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *III Censo de comunidades nativas 2017.* https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1598/TOMO_01.pdf
- Linderoth, Jacobson y Linder. (2022). Transformation from the inside: the role of pockets of change for digitally driven development. *Revista de la conferencia ARCOM 2022 realizada en Glasgow Caledonian University, UK*
- MacLeamy, P. (2022). *The life cycle of a project.* Building Smart International. <https://www.buildingsmart.org/openbim-for-the-entire-building-lifecycle/>
- Malleson, A. (2016) *NBS International BIM report 2016.* National Building Specification (NBS). <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-international-bim-report-2016>
- Migulinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V. y Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767-774. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008308>
- Murguía, D., Tapia, G. y Collantes, J. (2017). Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao 2017. *Departamento Académico de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.* <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/134474>
- Murguía, D., Vasquez, C., Balboa, M. y Lara, W. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao. *Departamento Académico de Ingeniería,*

Pontificia Universidad Católica del Perú.

<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/176216>

Murguía, D., Vasquez, C., Culqui, D., Ley, J., Supanta, O. y Yañez, S. (2023). Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima. *Departamento Académico de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú*.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>

Murguía, D., Vasquez, C., Demian, P. y Soetano, R. (2023). BIM Adoption among contractors: a longitudinal study in Peru. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(1), 04022140. [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002424](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002424)

National Building Specification (2023). *Digital Construction Report 2023*.
https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2023/_pdfs/digital-construction-report-2023.pdf

Naoum, S. (2007). Dissertation research and writing for construction students (2da edición). Elsevier.
https://www.academia.edu/12713521/Dissertation_Research_and_Writing_for_Construction_Students_Second_edition

PennState College of Engineering. (2018). *BIM Uses*. <https://bim.psu.edu/uses/>

Schwab, K. (2019). The Global Competitiveness Report 2019. *Journal of World Economic Forum*. World Economic Forum.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Smith, P. (2014). BIM & the 5D project cost manager. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 119, 475-484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(1), 357-375.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>