

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Análisis Comparativo de dos estrategias para la implementación BIM:
Subcontratación de consultores BIM o Formación de Equipos In House**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Luigui Yomar Morales Robles

Martín Sócrates Ramos Sánchez

ASESOR:

Danny Eduardo Murguía Sánchez


Lima, Abril, 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: "Análisis Comparativo de dos estrategias para la implementación BIM: Subcontratación de consultores BIM o Formación de Equipos In House", de los autores Luigui Yomar Morales Robles y Martín Sócrates Ramos Sánchez, 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 08/03/2024.
- 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, 8 de marzo de 2024

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



RESUMEN

La implementación BIM en las empresas de construcción requiere de una estrategia de la alta dirección para digitalizar los procesos. Estas estrategias establecen los objetivos, etapas, hitos, plazos y recursos necesarios para implementar BIM. La literatura y observación empírica muestran dos tipos de estrategias: la formación de equipos BIM *in house* y la subcontratación de consultores BIM. La primera se refiere a la capacidad de una organización de realizar el proceso de trabajo BIM dentro de la misma a partir de un equipo interno de profesionales capacitados. La última se refiere a la contratación de empresas proveedoras externas especializadas en el proceso de trabajo BIM en áreas específicas compatibles con los requerimientos de la organización. La observación de organizaciones en la construcción muestra que no hay una ruta correcta sino la ruta que más se acomode a las necesidades organizacionales. Por ejemplo, la elección de la estrategia depende del nivel de madurez digital organizacional, el entorno del mercado, el nivel existente de capacitación, y factores económicos.

El presente trabajo de investigación presenta un análisis detallado de ambas estrategias a través de datos cualitativos. Esta información tuvo como propósito ayudar a identificar las razones por las cuales la alta dirección elige una estrategia en particular y brindar recomendaciones para su ejecución eficiente en equipos que forman parte de un proyecto. Con ese motivo se diseñó una entrevista centrada en conseguir la percepción de los profesionales acerca de la implementación BIM en sus empresas en proyectos tanto privados como públicos. Los profesionales que participaron de la entrevista son personas involucradas directamente con la metodología BIM en proyectos de construcción. En ese sentido se entrevistó a un total de 20 profesionales en el ámbito de la construcción en el país.

Una vez culminadas las entrevistas, se procedió a analizar la información obtenida. Posterior a esto se discutió la información al contrastar la información con lo recolectado en la revisión de literatura. De esta manera se puede comprobar la semejanza de la problemática en este nuevo contexto. Luego, se procedió a inferir las razones por las que se opta por una estrategia de implementación BIM. Los resultados muestran que el control sobre el proyecto y los factores económicos son las principales razones por las que una empresa elige alguna de las estrategias.

Finalmente, se formularon recomendaciones para aplicar de manera más eficiente cada una de las estrategias de implementación BIM, las cuales se concentran fundamentalmente en el uso colaborativo de la metodología BIM y la producción de información digital.

Dedicado a nuestras familias, por su apoyo constante e invaluable a lo largo de nuestra carrera.

Agradecemos al profesor Murguía por su experiencia y guía, las cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta tesis. También, a los entrevistados que nos brindaron su tiempo y compartieron su conocimiento.



TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Introducción	1
1.2. Objetivos de la investigación	3
1.3. Preguntas de Investigación.....	4
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
2.1 Building Information Modeling	6
2.1.1 Definición de BIM.....	6
2.1.2. Niveles de capacidad BIM.....	7
2.1.3. Usos BIM.....	9
2.1.4. Beneficios de BIM.....	14
2.1.5. Nivel de Adopción y Madurez BIM.....	19
2.2. IMPLEMENTACIÓN BIM	21
2.2.1. Barreras para la implementación de BIM.....	22
2.3. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION BIM.....	29
2.3.1 Subcontratación de Equipos BIM.....	29
2.3.2 Equipos BIM <i>in house</i>	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	33
3.1 Revisión de literatura	33
3.2. Diseño de Técnica de Investigación.....	34
3.3 Delimitación del estudio.....	34
3.4 Investigación de Estrategias de Implementación BIM: Subcontratación – Formación de equipos <i>in house</i>	34
3.5 Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas	35
3.6 Discusión de resultados	35
CAPITULO 4: DISEÑO DE LA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.....	36
4.1. Entrevista Semi Estructurada	36
4.2 Estructura de La Entrevista	37
4.2.1. Preguntas de Control	37
4.2.2. Preguntas de la Entrevista.....	38
4.3. Perfil del Entrevistado	40
4.4. Recolección de Información.....	40
4.5. Procesamiento de la Información.....	43

CAPITULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
5.1. Preguntas para Equipo <i>in house</i>	51
5.1.1. Disponibilidad de Recursos Humanos	51
5.1.2. Falta de Apoyo de Gerencia	53
5.1.3. Liderazgo débil de BIM.....	56
5.1.4. Evolución de la curva de aprendizaje	58
5.1.5. Falta de procesos de trabajo Colaborativo.....	60
5.1.6. Poca demanda de BIM por parte del cliente.....	62
5.2. Preguntas para subcontratación.....	63
5.2.1. Disponibilidad de recursos humanos	64
5.2.2. Poca demanda de BIM por parte del cliente.....	65
5.2.3. Falta de claridad de los beneficios aportados por BIM	66
5.2.4. Costo de Implementación	68
5.2.5. Falta de procesos de Trabajo Colaborativo	70
CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.1. Contraste de Resultados	73
6.2. Resolución de Objetivos.....	75
6.3. Recomendaciones.....	82
6.4. Limitaciones de la Investigación.....	83
CAPITULO 7: CONCLUSIONES	84
CAPITULO 8: BIBLIOGRAFÍA	87
CAPITULO 9: ANEXOS	96

Lista de Tablas

Tabla 1 Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC).....	10
Tabla 2 Barreras de Implementación. Fuente propia.....	22
Tabla 3 Preguntas para Equipo BIM in house. Fuente propia.....	38
Tabla 4 Preguntas para subcontratación BIM. Fuente Propia.....	39
Tabla 5 Profesionales entrevistados y su información más relevante. Fuente propia.....	42

Lista de Figuras

Figura 1: Niveles de Capacidad BIM. Fuente: Succar (2009).....	8
Figura 2: Nivel de usos de modelos BIM. Fuente: Murguía et al, (2023).....	14
Figura 3: Curva de esfuerzo del proceso constructivo. Fuente: Patrick MacLeamy, tomado de adaptación de BIM Forum Chile.....	17
Figura 4: Niveles de adopción BIM en edificaciones urbanas en Lima 2023. Fuente: Murguía et al, (2023).....	19
Figura 5: Autoría de modelos en los proyectos que adoptaron BIM en edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y Callao 2023. Fuente: Murguía et al, 2023.....	20
Figura 6: Grado de madurez BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao en el 2023. Fuente: Murguía et al, 2023.....	21
Figura 7: Curva de Aprendizaje. Fuente: Rodríguez, González, & González (2020).....	28
Figura 8: Semejanzas de las estrategias de implementación BIM (formación de equipos in house y subcontratación). Fuente propia.....	32
Figura 9: Diferencias de las estrategias de implementación BIM (formación de equipos in house y subcontratación). Fuente propia.....	32
Figura 10: Estructura de la Metodología. Fuente Propia.....	33
Figura 11. Porcentajes de la profesión de los entrevistados. Fuente propia.....	45
Figura 12. Roles de los Entrevistados. Fuente propia.....	46
Figura 13: Rangos de Experiencia. Fuente Propia.....	47
Figura 14: Tipo de empresa asociado a los entrevistados. Fuente propia.....	48
Figura 15: Códigos de Pregunta B. Fuente propia.....	49
Figura 16: Códigos de Pregunta. Fuente propia.....	50
Figura 17: Códigos de la Pregunta a.1. Fuente propia.....	51
Figura 18: Códigos de Pregunta a.2. Fuente propia.....	52
Figura 19: Códigos de Pregunta b.1. Fuente propia.....	53
Figura 20: Códigos de Pregunta b.2. Fuente propia.....	55
Figura 21: Códigos de Pregunta c.1. Fuente propia.....	56
Figura 22: Códigos de Pregunta c.2. Fuente propia.....	57
Figura 23: Códigos de Pregunta d.1. Fuente propia.....	58
Figura 24: Códigos de Pregunta d.2. Fuente propia.....	59
Figura 25: Códigos de Pregunta e.1. Fuente propia.....	60
Figura 26: Códigos de Pregunta e.2. Fuente propia.....	61
Figura 27: Códigos de Pregunta f. Fuente propia.....	62
Figura 28: Códigos de Pregunta a. Fuente propia.....	64
Figura 29: Códigos de Pregunta b. Fuente propia.....	65
Figura 30: Códigos de Pregunta c.1. Fuente propia.....	66
Figura 31: Códigos de Pregunta c.2. Fuente propia.....	67
Figura 32: Códigos de Pregunta d.1. Fuente propia.....	68

Figura 33: Códigos de Pregunta d.2. Fuente propia.....	69
Figura 34: Códigos de Pregunta e.1. Fuente propia.....	70
Figura 35: Códigos de Pregunta e.2. Fuente propia.....	71
Figura 36: Principales factores de equipo in house. Fuente propia.	77
Figura 37: Principales factores de subcontratación. Fuente propia	78
Figura 38: Razones y tendencias actuales para la formación de equipos BIM in house. Fuente Propia.....	80
Figura 39: Razones para la subcontratación de BIM. Fuente propia.....	81



CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección se propone analizar en profundidad los desafíos y limitaciones que enfrenta la implementación de BIM en proyectos de construcción. Se describe el contexto actual del sector, la necesidad de mejora con la digitalización y su contraste con la literatura al respecto para delimitar la justificación y objetivos de esta investigación.

1.1 Introducción

El sector de la construcción en el Perú ha experimentado una constante evolución en los últimos años, esto predominantemente por la inclusión y difusión de nuevas tecnologías que buscan optimizar los procesos de trabajo en los proyectos. Lo cual proviene por la necesidad de la digitalización de la información y que esta perdure para su utilización en el futuro de nuevos proyectos y su mejora en la calidad de las entregas. La digitalización se puede definir como la utilización de tecnologías digitales para modificar modelos de negocio con el propósito de aumentar los ingresos y la producción de valor para las empresas (Nikmehr et al., 2021). En este contexto, una forma de digitalización que ha emergido es el BIM (*Building Information Modeling*) que se define como un conjunto asociado de procesos y tecnologías para producir, comunicar y analizar modelos de proyectos de construcción (Sacks et al., 2018). El BIM resulta ventajoso para empresas contratistas que buscan obtener un mayor retorno de sus inversiones, reduce el tiempo de duración del proyecto y ayuda a reducir el número de quejas de los clientes. (McGraw-Hill, 2012). Con esas ideas presentes, incluso el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) por encargo del Gobierno peruano ha propuesto incluir el uso de BIM en obras públicas mediante la creación del Plan Nacional BIM.

Asimismo, en el sector privado de la construcción, esta nueva tecnología ha ido incrementado su inserción con el paso del tiempo. De acuerdo al Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima (Murguía et al., 2023), el nivel de adopción podría estar relacionado con la mayor capacidad económica de las empresas contratistas, puesto que el BIM implica la utilización de tecnologías relativamente nuevas para el sector construcción. Por ejemplo, las empresas más grandes frecuentemente cuentan con una alta capacidad de recursos para desarrollar actividades de aplicación de BIM a partir de equipos *in house* y a la vez manejar una mayor cantidad de proyectos que lo requieran. En contraste, otras empresas podrían optar por subcontratar servicios externos para automatizar procesos que generen una mayor rentabilidad respecto a plazos de entrega y al retorno de inversión que procura la empresa.

Por otra parte Murguía et al., 2023, refiere en comparación con su Segundo Estudio de Adopción BIM realizado en 2020, que la adopción BIM a nivel de proyecto presentó una ligera variación del 39% al 36% y a nivel de usuario no cambió, lo cual sugiere que las tendencias se mantienen. Los profesionales de la gestión de la construcción otorgan su confianza a equipos BIM internos o consultores externos y su compromiso con BIM es solo superficial, lo cual significa que el proyecto ha adoptado BIM, pero los encargados de la obra no lo han realizado o solo lo han adoptado de forma superficial. Demostrando que existe una problemática latente en el que, si bien se emplea BIM en las obras de construcción, los profesionales, quienes deberían dominar esta metodología, presentan falencias.

Por lo tanto, es prioridad que se dé una adopción adecuada para el contexto del país, Murguía, et al. (2021) refieren que *“Las empresas deben lograr un equilibrio entre la adopción impulsada por la demanda del cliente/integrador de sistemas o la adopción impulsada por la mejora de la productividad interna y crear una estrategia BIM en consecuencia. Por ejemplo, se crean equipos BIM internos o se subcontrata la autoría BIM.”* Lo cual hace referencia clara a que se debe emplear estrategias para una adecuada adopción de BIM en las empresas y

proyectos, mencionando claramente dos estrategias: la formación de equipos internos o la subcontratación de BIM.

Como parte del proceso de la investigación se analizarán las razones por las cuales se escoge la subcontratación de servicios BIM a una empresa especializada en comparación con un equipo *in house* de las empresas contratistas participantes del estudio. Para este fin, el mecanismo que posibilita nuestra labor de investigación es la recolección de información proveniente de profesionales que laboran en el ámbito BIM. Con esta investigación se busca ampliar la difusión y aumentar el nivel de información sobre las tecnologías innovadoras en la industria de la construcción. Como se mencionó anteriormente, estas representan grandes beneficios con respecto a la calidad, plazos y costos de los proyectos. Cabe resaltar, que para aprovechar al máximo estas nuevas herramientas, se precisa de profesionales capacitados y prestos a adecuarse a las nuevas tendencias.

1.2. Objetivos de la investigación

Objetivo general:

Comparar dos estrategias de implementación BIM, una con la subcontratación de consultores BIM y otra con la formación de equipos *in house*

Objetivos Específicos:

- Describir las perspectivas de los profesionales acerca de las diferencias entre la formación de un equipo *in house* o subcontratación de consultores BIM para proyectos de construcción.
- Analizar las tendencias actuales en la formación de equipos BIM *in house* y las perspectivas futuras de este enfoque
- Examinar las razones por las que las empresas optan por subcontratar servicios BIM

- Formular recomendaciones a fin de ofrecer un mejor panorama de las estrategias y por ende una implementación eficiente de BIM en las empresas contratistas.

1.3. Preguntas de Investigación

En el sector de la construcción, las experiencias previas de los profesionales respaldan sus opiniones y consejos. El propósito de la primera pregunta es poder describir las perspectivas de los profesionales que trabajan con BIM dentro de los proyectos en el sector. Por lo cual, es crucial conocer su punto de vista con respecto a las estrategias de implementación BIM que se tratan en esta investigación.

- ¿Cuáles son las perspectivas de los profesionales acerca de las diferencias entre la formación de un equipo *in house* o subcontratación de consultores BIM para proyectos de construcción?

En segundo lugar, las tendencias en BIM usualmente se centran en el desarrollo de nuevas tecnologías, metodologías y prácticas que mejoren la eficiencia y la productividad en el ciclo de vida de un proyecto. La siguiente pregunta está enfocada a empresas y profesionales que participaron en la formación de equipos BIM *in house*. En ese sentido, es necesario obtener el contexto en el que esta estrategia se desarrolla en el presente y el camino a futuro que está tomando.

- ¿Cuáles son las tendencias actuales en la formación de equipos BIM *in house* y las perspectivas futuras de este enfoque?

En tercer lugar, a menudo las empresas toman sus decisiones basadas en razones estratégicas y operativas. Con la siguiente pregunta, dirigida a las empresas que realizan la subcontratación de BIM para cualquier fase y especialidad dentro de los proyectos, se busca conocer las razones por las que se escoge aquella estrategia. Por lo tanto, es importante entender las necesidades específicas y objetivos comerciales al elegir subcontratar servicios BIM.

- ¿Cuáles son las razones por las que las empresas optan por subcontratar servicios BIM?

Optar por una implementación adecuada de una estrategia de BIM (Building Information Modeling) es esencial para aprovechar al máximo esta tecnología en proyectos de construcción y diseño. La cuarta pregunta propone formular recomendaciones de mejora en las estrategias de la investigación y una adecuada implementación de aquellas. Por lo tanto, será necesario realizar un análisis exhaustivo en la discusión de resultados para obtener un mejor panorama de los beneficios y deficiencias que presenten las estrategias.

- ¿Qué recomendaciones se pueden brindar para optar por la estrategia de implementación adecuada?

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este capítulo se expondrá el marco teórico relevante para esta investigación. En primer lugar, se explicarán las definiciones de BIM a lo largo del tiempo, los niveles de capacidad de BIM, los usos BIM y sus beneficios. En segundo lugar, se definirán los conceptos de adopción, madurez e implementación BIM. De este último, se identificarán y describirán las barreras que lo afectan desde la opinión de diversos investigadores. Finalmente, se presentarán las definiciones y las razones de las dos estrategias de implementación BIM en estudio, las cuales son la subcontratación y la formación de equipos *in house*.

2.1 Building Information Modeling

2.1.1 Definición de BIM

Los conceptos sobre BIM aparecen desde los inicios del uso de CAD (*Computer-Aided Design*) en la década de 1980 (Migilinskas, 2013). Los investigadores de esa época definieron BIM como la construcción de modelos de gráficos tridimensionales (3D) fortalecidos con información adicional que se basaba en el modelo geométrico y propiedades de sus componentes. La definición moderna de BIM surgió a finales de la década de 1990 e inicios de los 2000 con conceptos sobre la realización de modelos únicos de construcción ofrecidos por diferentes proveedores de software CAD como Revit (Migilinskas, 2013). Sería a partir de estos tiempos en el que los conceptos sobre BIM empiezan a desarrollar un enfoque más relacionado a los modelados de información con un aumento de tecnologías innovadoras pero que aún no estaba presente el aspecto de la colaboración entre los especialistas.

De acuerdo a Succar (2009), se define BIM como un conjunto de tecnologías, procesos y políticas que interactúan y generan una metodología para gestionar la información del ciclo de vida del proyecto en un formato digital. Con respecto a las tecnologías, él se refiere a los

software, hardware y redes que proporcionan el diseño, construcción y operación con el fin de generar y mantener la infraestructura; los procesos, la interacción entre las fases del proyecto y las políticas, la interacción de estándares y mejores prácticas entre los involucrados de un proyecto. Eastman (2011) define a BIM como una tecnología de modelado y los procesos asociados para la creación, uso y análisis de modelos virtuales. Un modelo en 3 dimensiones puede representar una composición directa, en la cual se puedan realizar seguimientos por parte de un sistema de coordinación entre especialidades con el fin de poder corregir conflictos (Eastman, 2011).

De acuerdo a la Guía Nacional BIM Perú (2021) y según con la NTP-ISO 19650-1:2021, BIM significa la utilización de una representación digital (información gráfica y no gráfica) compartida de un activo construido con el fin de simplificar los procesos de diseño, construcción y operación mediante una base confiable para la adecuada toma de decisiones. BIM se ha convertido en la definición estándar de tecnología de modelado de información en la industria de la construcción al alcanzar la máxima integración entre diferentes disciplinas (Migilinskas, 2013) y transforma el proceso constructivo de prácticas tradicionales fragmentarias a un proceso digital integrado (Othman et al., 2021). A manera de resumen, BIM se define como un conjunto de metodologías, procesos, políticas y tecnologías de modelado que establecen la información requerida en los proyectos de construcción para mejorar procesos tradicionales de construcción hacia un proceso más sofisticado que involucra una mayor colaboración de las partes y el uso de tecnologías innovadoras para las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

2.1.2. Niveles de capacidad BIM

Antes de hablar de implementación BIM, se debe identificar los niveles de capacidad BIM para poder delimitar los niveles de madurez de la implementación (Succar, 2009). Se define la

capacidad BIM como “la habilidad de utilizar tecnologías BIM, procesos y políticas para entregar o beneficiarse de entregables basados en modelos” (Succar, 2009). En cuanto a los niveles de capacidad BIM, Succar los define como los hitos de rendimiento clave que pueden lograr las organizaciones y equipos a medida que ellos adoptan las herramientas, los flujos de trabajo y protocolos BIM. Se presenta el siguiente esquema para ejemplificar los niveles que siguen un orden consecutivo en el que se mejoran las tecnologías, procesos y políticas de forma progresiva.



Figura 1: Niveles de Capacidad BIM. Fuente: Succar (2009)

- Nivel PRE-BIM: estado antes de la implementación BIM, en la cual se utilizan herramientas y procesos en CAD 2D para generar dibujos y detalles de los proyectos (Succar, 2009). No se da importancia a prácticas de colaboración entre las partes interesadas.
- Nivel 1 Modelado: se inicia con la implementación BIM a través de softwares basados en objetos como Revit, Archicad y Tekla, los cuales generan modelos por disciplinas para la etapa de diseño, construcción y operación del proyecto (Succar, 2009). Existen intercambios poco significativos basados en modelos entre las distintas disciplinas.
- Nivel 2 Colaboración: los encargados de una disciplina adquieren la capacidad de colaborar con encargados de otras disciplinas a partir de un intercambio interoperable

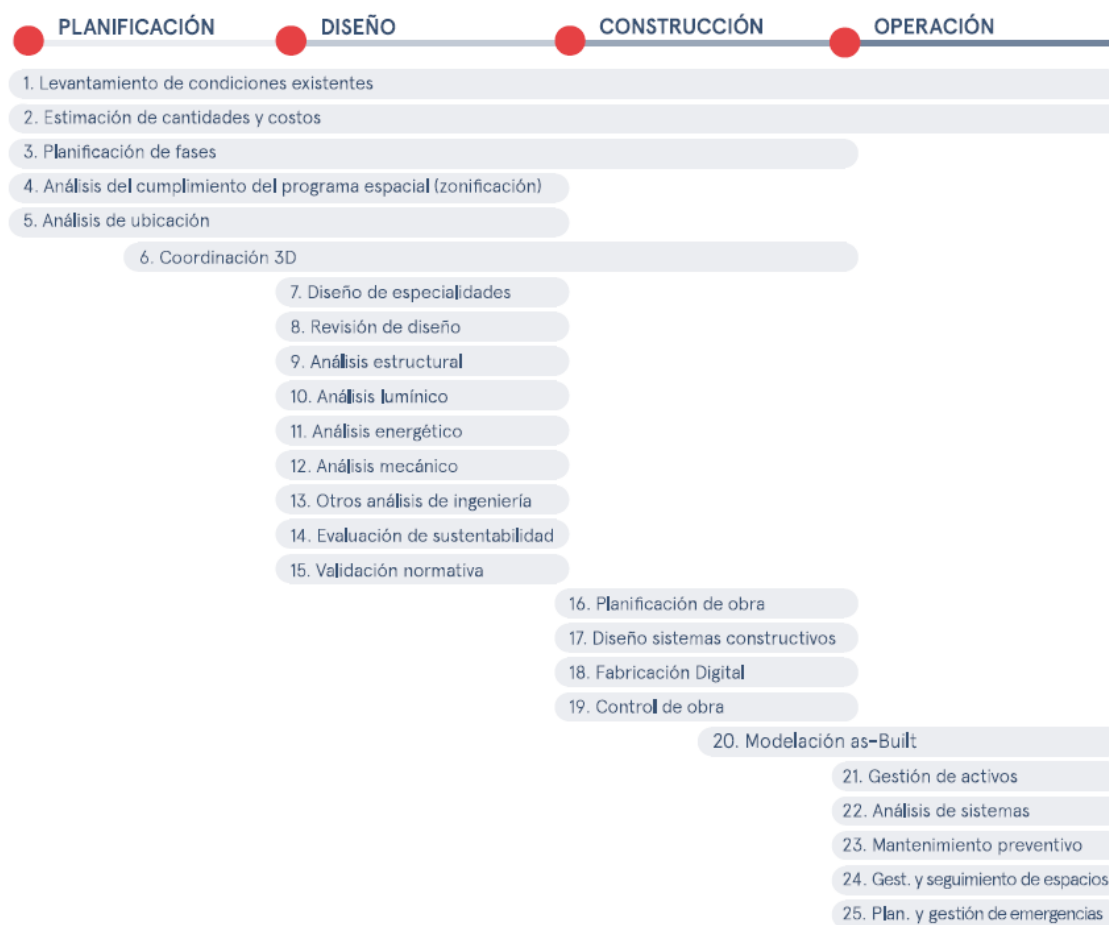
de modelos a través de formatos “propietarios” como. RVT y .NWD y formatos no propietarios .IFC (Succar, 2009). Sin embargo, la colaboración entre las distintas disciplinas no se da en tiempo real y esto mantiene a los involucrados aislados en sus zonas de trabajo.

- Nivel 3 Integración: se crean, comparten y mantienen en colaboración modelos con gran calidad de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Estos modelos son interdisciplinarios y permiten realizar análisis en etapas tempranas de diseño y construcción virtual (Succar, 2009). La integración se puede lograr mediante el intercambio de información en “servidores modelo” como servidores de base datos en la nube (*Autodesk Construction Cloud*).
- Nivel POST-BIM: estado final en el que se alcanza la integración virtual de Diseño, Construcción y Operación (viDCO) a partir de la correcta aplicación de conceptos y herramientas BIM (Succar, 2009).

2.1.3. Usos BIM

De acuerdo a la Guía del Plan de Ejecución BIM realizada por la Universidad del Penn State, se definen los Usos BIM como métodos o procedimientos de aplicación de BIM durante las fases del ciclo de vida del proyecto para cumplir con objetivos específicos (Kreider y Messner, 2013). Estos objetivos se deben delimitar por el equipo BIM a cargo y cumplir con los requerimientos del cliente, a partir del cual se procederá a escoger los Usos BIM relacionados a los objetivos requeridos. En la tabla 1, se presentan los veinticinco Usos BIM por cada etapa de proyecto establecidos por la Universidad de Pensilvania.

Tabla 1 Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC).



Tomado de Plan BIM Chile (2019).

A continuación, se presentan los usos BIM más relevantes para esta investigación. Se ha tomado como base el Tercer Estudio de Adopción BIM en Lima, la Guía Nacional BIM Perú, el BIM Forum Chile y demás estudios de diversos autores enfocados en BIM para fortalecer los argumentos y brindar definiciones más precisas de estos usos.

2.1.3.1. Visualización de modelos 3D

A partir del uso de un modelo de información 3D BIM, se representa, comunica y muestra el proyecto que se va a construir en cualquier etapa de ciclo de vida a partir de imágenes fotorrealistas en 3D, recorridos virtuales y otras herramientas gráficas visuales. La utilización del modelo 3D no se limita a la etapa de construcción ya que un modelo BIM completo ofrece mucho más como herramienta a largo plazo para mejorar el rendimiento de una edificación y

gestionar las operaciones de manera más óptima a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (Carmona e Irwin, 2007).

2.1.3.2. Planos 2D a partir de modelos 3D

Utilización de procesos mediante herramientas de software de modelado como Revit para generar dibujos y detalles 2D a partir de la extracción de las vistas en los modelos 3D BIM. Estos procesos se generan de forma automática que permiten realizar cambios tanto en el plano 2D como en el modelo 3D, tal como Testa (2019) lo explica:

“Al realizar un cambio en el proyecto es necesario modificar cada una de las planimetrías y revisar toda la documentación para que esté acorde con esa modificación, mientras que con BIM al realizar el cambio sobre el modelo, el propio sistema actualiza automáticamente esa información en toda la documentación (tanto 2D como 3D) en tiempo real (p.24).”

En proyectos BIM reales, los entregables 2D aún son necesarios debido a que los entregables BIM no contienen la información necesaria y la mayoría de los clientes solicitan planos basados en CAD en 2D (Kim et al, 2022).

2.1.3.3. Compatibilización de especialidades (Detección de interferencias)

Proceso de planificación entre las distintas especialidades previo a la etapa de diseño para detectar posibles interferencias que se pueden generar por errores de representación en planos 2D y corregirlas a partir del análisis de los modelos BIM a través de softwares de colaboración como Revizto o Navisworks, los cuales establecen procesos de revisión automáticos respecto a las interferencias que aparecen o a través de recorridos virtuales del proyecto modelado. Al contar con el modelo realizado, los softwares BIM Manager establecen la opción de “detección de interferencias”, la cual presenta un reporte de las incompatibilidades existentes en el modelo que luego son corregidas mediante reuniones de coordinación (Taboada et al., 2011).

2.1.3.4. Diseño colaborativo

Proceso de creación de modelos BIM de las distintas especialidades requeridas en un proyecto. El aspecto importante del diseño colaborativo es incorporar la información a una base de datos inteligente de la cual se pueden extraer e intercambiar información entre las especialidades sobre propiedades, cantidades, costos, programación de un proyecto. (*Computer Integrated Construction*, 2010). Al culminar con la vinculación de todos los datos del proyecto, la metodología BIM facilita la simulación de procesos en la cual los especialistas se anticipan a los hechos que conllevaría a cambios que se deban realizar en el proyecto y decidir en base a ello. (Oussouboure et al, 2017).

2.1.3.5. Control de avance de obra

Modelos BIM utilizados por los contratistas para la organización de los procesos de producción. Estos modelos planifican los distintos procesos constructivos y realizan seguimientos del avance en tiempo real de la obra en relación a los plazos y costos estimados al inicio del proyecto para cada partida (BIM Forum Chile, 2017). El objetivo es supervisar que la construcción se realice de acuerdo a las especificaciones técnicas, regulaciones, seguridad y requerimientos del cliente. Además, se debe revisar los avances realizados para cada entrega parcial de los hitos del proyecto (*Computer Integrated Construction*, 2010). Los procesos del control de avance de obra están apoyados en los conceptos de *Lean Construction*, precisamente en la sectorización del proyecto y en sincronización con la programación 4D (simulación de la construcción) a partir del software Navisworks.

2.1.3.6. Programación 4D (Simulación de la construcción)

Utilización de modelos 4D que añaden la variable del tiempo para planificar la secuencia constructiva en cada fase del proyecto. A partir de la dimensión 4D de BIM, se logra estimar

el tiempo de la entrega de cada hito del proyecto y la planificación de los trabajos respectivos (Castillo & Quevedo, 2021). La programación 4D logra efectuar la simulación de la construcción en base al modelo 3D en la que se presenta todo el proceso constructivo y el espacio que se debe ocupar para ejecutar los diferentes trabajos (Eastman et al, 2018).

2.1.3.7. Estimación de cantidades y costos

Extracción de cantidades de componentes y materiales del proyecto a partir del uso de la información de modelos BIM. Después de finalizar el proceso de extracción de cantidades, se logra estimar el valor del costo del proyecto en sus diferentes etapas. Se establece la relación de la extracción de metrados de un modelo 3D BIM con la adición de la variable de costos en un modelo 5D BIM a partir de herramientas que cuantifican la información de los objetos creados en el modelo y la información de los costos unitarios generados con los cuales se determinan los costos parciales y totales (Castillo & Quevedo, 2021).

En la figura 2 se presentan los principales usos BIM que se implementaron en proyectos de edificación urbana en Lima en el 2023, y de acuerdo a los resultados del estudio se destaca un mayor nivel de desarrollo en los usos de visualización de modelos 3D y compatibilización de especialidades con 60% y 56% de nivel alto o muy alto respectivamente lo que puede explicar en una mayor importancia por parte de los proyectos para presentar un adecuado modelo 3D y resolver problemas de incompatibilidades entre las especialidades. Por otro lado, se observa un nivel bajo de desarrollo de los usos en la simulación de la construcción (4D) y prefabricación de componentes MEP con 52% y 69% de nivel nulo o bajo respectivamente, lo cual puede explicar la baja colaboración entre los involucrados en proyectos de construcción en el contexto peruano.

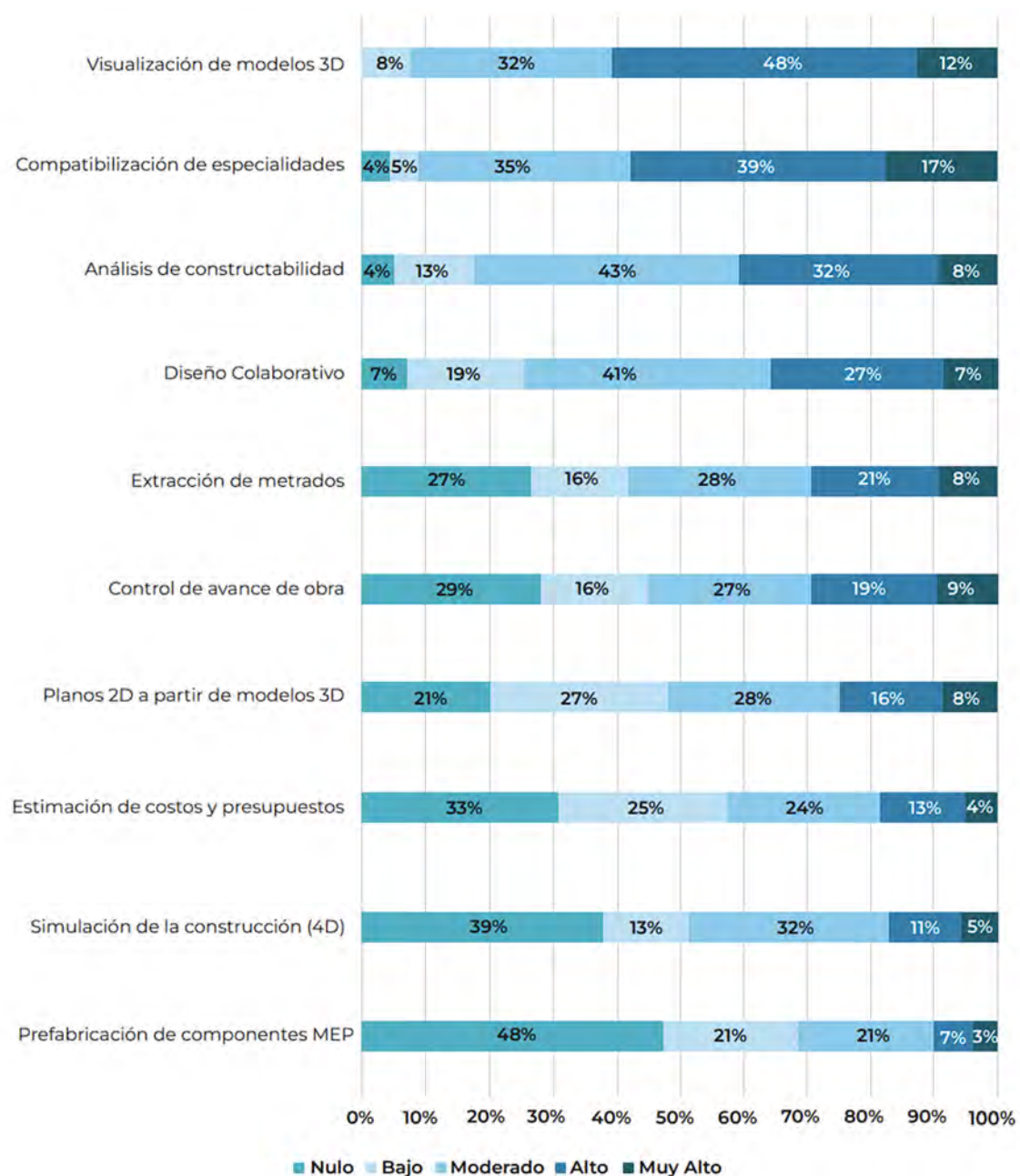


Figura 2: Nivel de usos de modelos BIM. Fuente: Murguía et al, (2023)

2.1.4. Beneficios de BIM

Los beneficios de uso BIM no solo se enfocan en el aspecto tecnológico, sino que ofrecen múltiples beneficios económicos y de productividad en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto según el nivel experiencia y participación de todos los involucrados. El beneficio real que se obtenga de BIM depende de diversos factores, como los objetivos buscados por el equipo

a cargo en relación a los requerimientos del cliente, la capacidad de comunicación entre los involucrados y capacidad tecnológica. Eastman et al. (2018), en su libro “*BIM Handbook*” clasifica los beneficios de usos BIM para cada etapa del ciclo de vida de un proyecto y en este caso, se van a escoger los beneficios más importantes para el contexto peruano dentro del sector de la ingeniería y construcción.

2.1.4.1. Beneficios en Pre-construcción

- **Concepto, viabilidad y diseño**

Cuando el equipo a cargo procede a determinar el nivel de calidad y requisitos de información necesarios a partir de la metodología BIM para establecer un presupuesto del proyecto acorde a costos y tiempo fijados por el cliente, este se puede sentir seguro de que sus objetivos se van a cumplir y se establece la viabilidad del proyecto previo a su ejecución, la cual resulta de gran utilidad para definir los alcances antes de la construcción (Quevedo & Castillo, 2021).

- **Incremento del rendimiento y calidad del edificio**

Se logra desarrollar un modelo esquemático antes de un modelo de construcción para permitir una evaluación completa del esquema propuesto. Las herramientas BIM de análisis y simulación aumentan la calidad general del proyecto ya que facilita la evaluación a detalle del esquema propuesto y así se determina el cumplimiento con los alcances planteados.

2.1.4.2. Beneficios en Diseño

- **Generación de planos 2D consistentes**

A partir del modelo 3D de BIM se pueden extraer dibujos precisos y consistentes para cualquier vista especificada del proyecto. Este proceso reduce de manera considerable el tiempo de trabajo y el número de errores de diseño e incompatibilidades generados a partir

de dibujos de construcción de todas las especialidades realizados en planos 2D de forma tradicional. Además, cuando se realizan cambios en el diseño del modelo, los cambios en los dibujos 2D se generan de forma automática acorde a las solicitudes empleadas.

- **Colaboración de múltiples disciplinas**

La tecnología BIM simplifica el trabajo colaborativo simultáneo de las distintas disciplinas de diseño que están presentes en los proyectos. El uso de modelos 3D coordinados ayuda a disminuir el tiempo de trabajo y la gran cantidad de errores en el diseño en contraste con la creación tradicional de planos 2D independientes de cada especialidad que al unirlos en un modelo compatibilizado se observan muchos problemas de interferencias. Además, al presentarse problemas en el diseño del modelo colaborativo en 3D, se puede detectarlos y aplicar cambios rápidos desde el inicio de esta etapa para una mejora constante que genere rentabilidad en el proyecto al evitar gastos por errores de diseño.

- **Verificación rápida de la conformidad del diseño**

BIM establece visualizaciones 3D iniciales y cuantifica las medidas de cantidades materiales a emplear en el proyecto, lo cual permite estimar costos iniciales más precisos para definir una adecuada inversión del mismo. Esto permite evaluar el cumplimiento los requerimientos iniciales planteados por el cliente y ante el hecho de realizar cambios tempranos en el diseño, no se afecte en los costos y plazos de entrega drásticamente al proyecto antes de su ejecución.

De acuerdo al gráfico presentado por Patrick MacLeamy (2005) en la AIA (*American Institute of Architects*), se muestra que una adecuada toma de decisiones para definir cambios al inicio de los proyectos en su etapa de diseño requiere de un mayor esfuerzo por parte los involucrados para poder generar grandes beneficios que conlleva a una mejor optimización del tiempo y costo del proyecto a lo largo del ciclo de vida.

2.1.4.3. Beneficios en Construcción

- **Reacción rápida a cambios de diseño**

El impacto de cambios sugeridos en el diseño de los objetos del modelo puede ser ingresado y será actualizado de forma automática. Los cambios de diseño pueden ser resueltos de forma más rápida en un sistema BIM debido a que las modificaciones son compartidas y visualizadas en tiempo real por los encargados de todas las especialidades, con lo que se reduciría los trabajos en papel, los cuales disminuyen la productividad en función a tiempos y costos adicionales en los proyectos.

- **Sincronización de planificación de diseño y construcción**



Figura 3: Curva de esfuerzo del proceso constructivo. Fuente: Patrick MacLeamy, tomado de adaptación de BIM Forum Chile

Para establecer la planificación de la construcción con un modelo 4D en BIM, se necesita vincular un plan de construcción en función a los tiempos y plazos del proyecto al modelo de diseño en 3D, con lo cual se logra simular el proceso de construcción y se muestra el estado del proyecto en cualquier etapa del ciclo de vida. Esto puede identificar posibles problemas de conflictos espaciales, seguridad, ubicación de

equipos, etc., para después solucionarlos mediante el desarrollo de la optimización en el modelo 4D, el cual también puede incluir elementos temporales como grúas, andamios, etc., a la programación de actividades si es que se requiere para reflejar un plan de construcción más preciso.

- **Mejor implementación de técnicas de *Lean Construction***

Las técnicas de *Lean Construction* necesitan una adecuada coordinación entre los contratistas generales y todos los subcontratistas para asegurar que el trabajo pueda ser realizado en el tiempo preciso cuando se tengan disponibles los recursos necesarios en el lugar de la obra. Además, BIM establece un modelo del diseño y los recursos materiales necesarios en cada etapa de trabajo, define una mejor planificación y programación de los subcontratistas, y ayuda a gestionar la llegada a tiempo de personas, equipos y materiales a la obra. Esto en conjunto con la aplicación de Lean, reduce las pérdidas, costos y aumenta la colaboración entre los involucrados del proyecto.

- **Sincronización de procura con proveedores y subcontratistas**

A partir de las cantidades, especificaciones y propiedades de los materiales que el modelo BIM brinda dependiendo del nivel de modelado 3D, se realiza adquisición de materiales por parte de proveedores de productos y subcontratistas, que en caso de contar con modelos BIM disponibles de los materiales como acero, prefabricados de concreto, componentes mecánicos, ventanas y puertas, generan muchos beneficios respecto a una mejor calidad y uso más óptimo de los materiales para el proyecto.

2.1.4.4. Beneficios en Post-construcción (Operación)

- **Mejor gestión y operación del proyecto**

El modelo *As-Built* (construido) en BIM con un alto nivel de detalle proporciona información gráfica y especificaciones de los materiales utilizados e instalados en el proyecto para que sean entregados a los clientes y estar accesibles en caso requieran verificar las decisiones de diseño y el correcto funcionamiento de todos los sistemas de las instalaciones después de que el edificio sea construido.

2.1.5. Nivel de Adopción y Madurez BIM

Se entiende por adopción BIM si se aplicaron uno o más usos BIM en proyectos de construcción (Murguía et al, 2021). De acuerdo a los resultados del Tercer Estudio de Adopción BIM realizado en 2023, se encuentra que el 36% de los proyectos estudiados utilizaron alguna herramienta BIM, como se presenta en la figura 4, esto puede explicar el nivel bajo en general de adopción de BIM en Lima que se pueda generalizar al contexto nacional y que aún se prioriza el método tradicional de trabajo en el sector construcción.

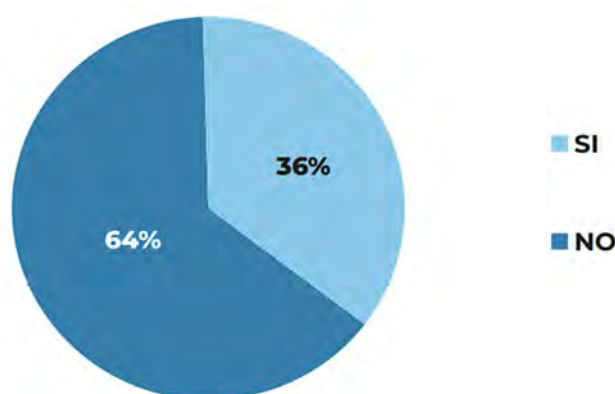


Figura 4: Niveles de adopción BIM en edificaciones urbanas en Lima 2023. Fuente: Murguía et al, (2023)

Respecto a los proyectos que adoptaron BIM, se observa en la figura 5 que los modelos realizados por el equipo BIM *in house* y los tercerizados o subcontratistas oscilan entre el 70% y 80%. Esto afirma que existe una mayor demanda por parte de las empresas para que los modelos sean realizados por profesionales capacitados del equipo BIM *in house* y consultores externos mediante la subcontratación en los proyectos.

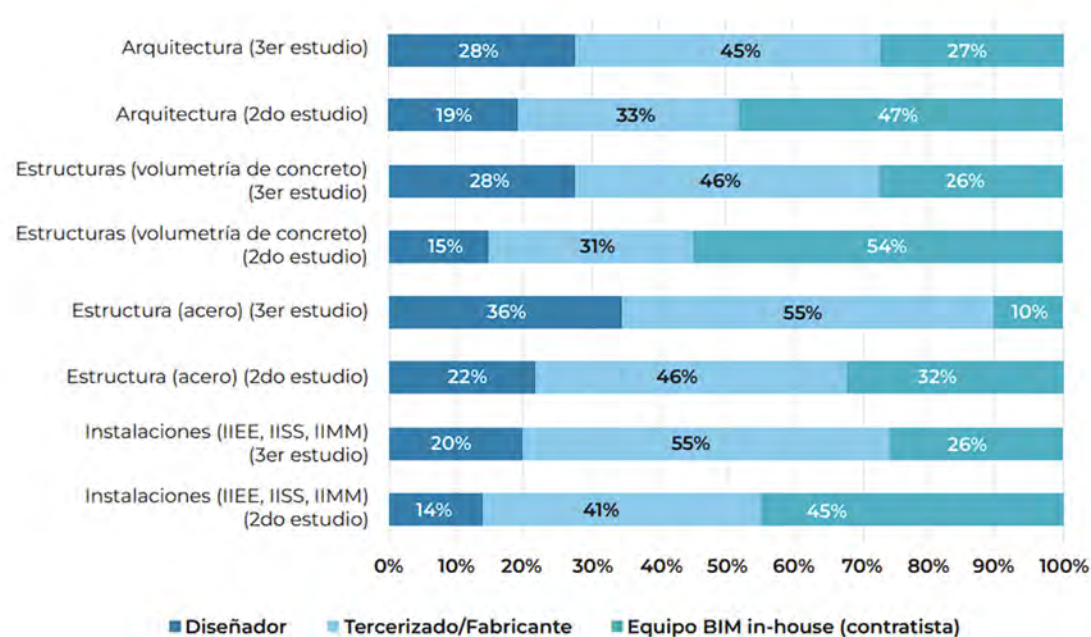


Figura 5: Autoría de modelos en los proyectos que adoptaron BIM en edificaciones urbanas en Lima Metropolitana y Callao 2023. Fuente: Murguía et al, 2023

De acuerdo a Succar y Kassem (2015), madurez BIM o “post-implementación” se define como la mejora progresiva y constante en la calidad, la reproducibilidad y la probabilidad de competencias accesibles en BIM. Se observa en la figura 6 que hay un gran porcentaje de subcontratistas de la especialidad de instalaciones que aún prefieren crear información en CAD y que pueden complicar el diseño de arquitectura y estructuras que crean más información tanto en CAD y BIM. Menos del 7% de proyectistas y subcontratistas crean información solo en BIM, lo cual puede representar una barrera en la implementación de BIM en proyectos de construcción.

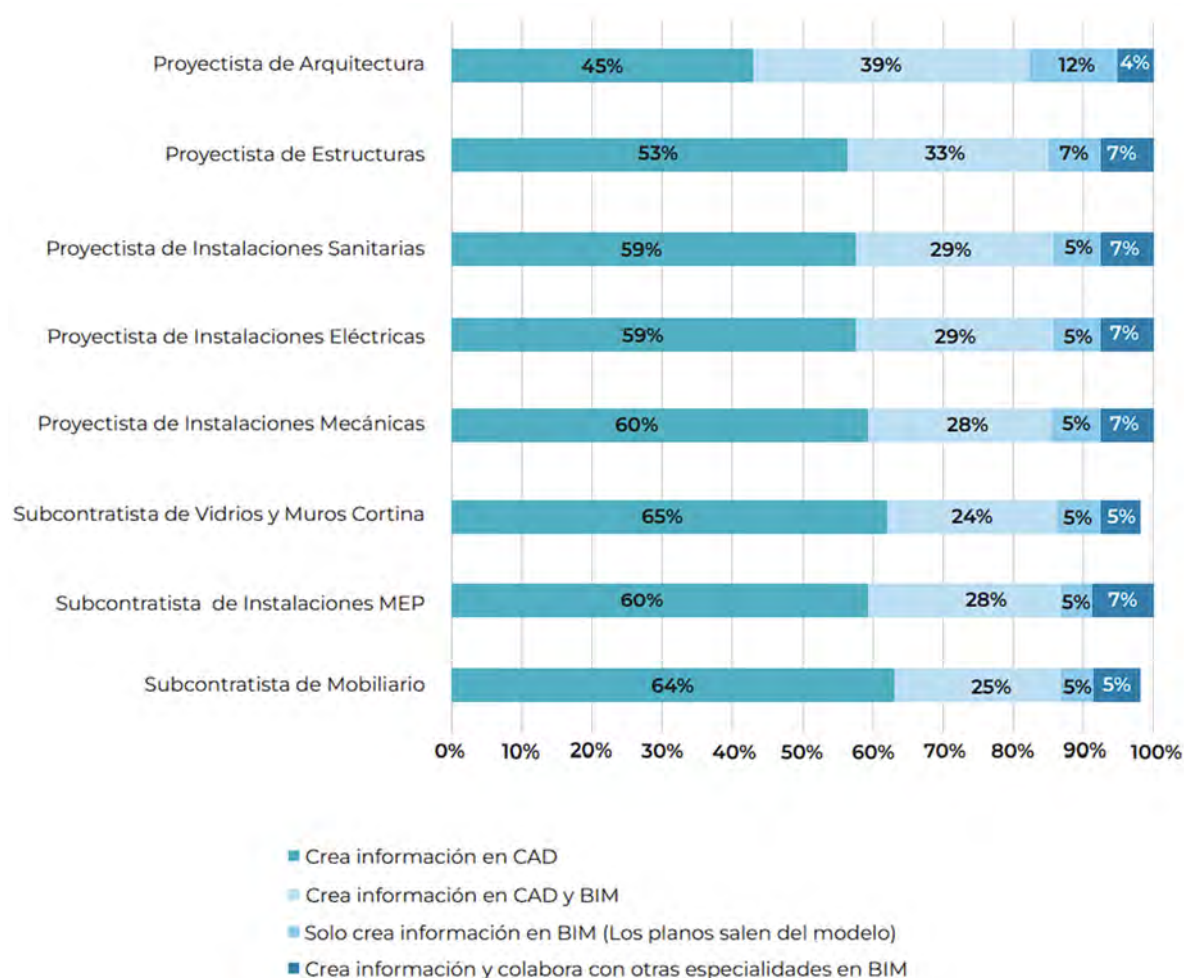


Figura 6: Grado de madurez BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao en el 2023. Fuente: Murguía et al, 2023

2.2. IMPLEMENTACIÓN BIM

La implementación de BIM es el proceso de garantizar la adopción de BIM en la industria de la construcción. También se puede considerar como el proceso de exigir o ejecutar BIM a un sistema de trabajo formal o aceptable en los proyectos (Arayici et al., 2011). El propósito de implementar la metodología BIM es el aumento de la productividad y la calidad de los proyectos (Azhar, 2011). Esto generará a la vez la mejora del trabajo colaborativo entre los involucrados y la optimización de los recursos empleados a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Por lo tanto, esto mejora la competitividad de las empresas de construcción, lo cual es la mejor manera de garantizar obras de calidad. Sin embargo, para que esto suceda aún se

deben superar ciertas limitaciones o barreras. Dado que no todas las empresas tienen la voluntad o capacidad de adaptar el BIM a su flujo de trabajo actual.

2.2.1. Barreras para la implementación de BIM

Se sabe con certeza que la implementación de BIM incorpora una variedad de desafíos y es propio mencionar las barreras o limitantes que no permiten su desarrollo completo. De acuerdo a la revisión de estudios previos relacionados con BIM en países como Irak, China y Malasia, en los cuales se aplicaron métodos de cuestionario para recopilar los resultados estadísticos (Wu et al., 2020), se observaron que las barreras más predominantes fueron la falta de conocimiento de BIM, falta de apoyo de la alta dirección, alto costo del software BIM, falta de profesionales BIM, alto costo de capacitación del personal y en la curva de aprendizaje (Zaia et al., 2023), falta de colaboración entre las distintas disciplinas, resistencia cultural al cambio de la forma tradicional de trabajo y la falta de capacidad de gestionar BIM con las partes interesadas del proyecto (Othman et al., 2021). A partir de estas barreras identificadas, se procedió a escoger las más relevantes que se van a abordar en este estudio y agruparlas en tres categorías principales como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2 Barreras de Implementación. Fuente propia.

Categoría	Barrera	Referencias
A. Factores relacionados con las partes interesadas del proyecto	1. Falta de apoyo de gerencia	Wu et al. (2020);
	2. Poca demanda de BIM por parte del cliente	Ahmed et al. (2015); Wu et al. (2020); Baba (2010)
	3. Falta de procesos de trabajo colaborativo	Grilo & Jardim-Goncalves (2010);

		Bouchlaghem (2012); Kunz & Fischer (2012)
B. Factores económicos	4. Costo de implementación	Kushwaha (2016); Wu et al., (2020); Vergara (2017)
	5. Falta de claridad de los beneficios aportados por BIM	Vargas et al., (2022); Wu et al., (2020); Chen et al., (2020); Latiffi et al., (2016)
C. Factores relacionados con el personal	6. Indisponibilidad de recursos humanos	Wu et al., (2020). Hamma-Adama (2019)
	7. Evolución de la curva de aprendizaje	Vergara (2017)
	8. Liderazgo débil de BIM	Ozorhon and Karahan (2016); Davies et al., (2015)

2.2.1.1. Falta de Apoyo de Gerencia

La resistencia a los cambios por parte del grupo gerencial implica un avance lento en la inserción de BIM en la organización, y esto se agrava cuando su experiencia y conocimiento de BIM es muy limitado. La gestión de un proyecto que involucre BIM requiere de una eficiencia y gran apoyo del equipo gerencial para así obtener los beneficios a largo plazo, superar la resistencia inicial y dar seguridad al cliente. Esto último es crucial para el éxito del proyecto, según Wu et al., 2020, el apoyo de gerencia no solo significa contar con el apoyo de

los líderes de la empresa y del proyecto, sino que también debe estar presente el apoyo del cliente ya que este tendrá un papel importante en la financiación del mismo.

2.2.1.2. Poca demanda de BIM por parte del cliente

En el estudio Ahmed et al. (2015) se hace referencia a que las partes interesadas (*stakeholders*) o clientes no terminan de aceptar el uso de BIM en los proyectos de construcción. Esto provoca que la empresa contratista no este obligada a incluir el uso de BIM en el diseño y construcción. El desarrollo y la aplicación de BIM en el proyecto se verán muy afectados si no se cuenta con el apoyo del cliente (Wu et al., 2020). Asimismo, se genera una involución en la innovación de tecnologías en la construcción. El miedo al cambio está presente ya que los clientes asumen que la modificación de las condiciones del contrato para incorporar modelos BIM, afectará a la recepción de ofertas competitivas. Esto limitaría su grupo potencial de postores y, en última instancia, aumentará el precio del proyecto (Baba, 2010).

2.2.1.3 Falta de procesos de trabajo colaborativo

En la metodología BIM es primordial que exista trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados. Para Grilo & Jardim-Goncalves (2010) la interoperabilidad en BIM contribuye a mejorar los niveles de valor de eficiencia, mediante el apoyo, comunicación y coordinación de interacciones entre los participantes dentro de los proyectos BIM. Es decir, en un proyecto BIM es crucial para su éxito que los involucrados tengan una alta participación hacia el trabajo colaborativo, puesto que garantizará que el proyecto llegue a una escala mayor, generando un valor añadido a la empresa. Para que se logre un trabajo colaborativo ideal, es necesario que exista una interoperabilidad de la información que es comúnmente denominada como CDE (*Common Data Environment*-Entorno Común de Datos, ISO 19650:2) Este mecanismo

garantiza que los involucrados en el proyecto tengan acceso a la información más actualizada y permite un control y registro minucioso de los cambios que se realizan.

En referencia a los beneficios del trabajo colaborativo, Bouchlaghem (2012) resalta varios como: incremento de los ingresos y ganancias, eficiencia empresarial, mejor productividad individual y una mayor satisfacción del cliente. Un claro ejemplo de aprovechamiento del trabajo colaborativo, se ve reflejado en la realización de las sesiones ICE (*Integrated Concurrent Engineering*-Ingeniería Concurrente Integrada), la cual consiste principalmente en reuniones de los profesionales involucrados de múltiples disciplinas en el desarrollo de los proyectos para trabajar de manera periódica y lograr soluciones plausibles en un menor lapso de tiempo (Kunz & Fischer, 2012).

2.2.1.4 Costo de Implementación

Kushwaha (2016) refiere que la implementación de BIM requiere de una gran inversión inicial, lo cual desmotiva a los clientes y contratistas para frecuentar su uso en proyectos. Esta inversión inicial hace referencia a la compra y mantenimiento del software que dificultan la aplicación de la tecnología BIM (Wu et al, 2020). Esto quiere decir que el BIM para el paso fundamental de su implementación, se requiere de una capacidad alta de gasto que una empresa que recién empieza o que maneja un proyecto pequeño no podrían asumir en su totalidad.

Vergara (2017) menciona que una problemática de esta estrategia de implementación es que hay improductividad por parte del empleado debido al periodo de adaptación. Asimismo, a pesar de esta improductividad se deben pagar los sueldos de los especialistas BIM. Estas problemáticas, afectan mayormente a las empresas pequeñas porque pueden enfrentar desafíos financieros al adoptar BIM y dificultad para encontrar soluciones que se adapten a sus circunstancias específicas y a los requerimientos por parte de sus clientes.

2.2.1.5 Falta de claridad de los beneficios aportados por BIM

La falta de claridad de los beneficios reales que aporta la aplicación BIM es la razón principal por la cual muchas empresas no están dispuestas a formar sus propios equipos BIM (Wu et al., 2020). Esto es muy habitual en empresas en las que existe dificultades para justificar la inversión en BIM, puesto se espera que los beneficios se presenten en el corto plazo del proyecto. Sin embargo, es usual que aquellos se manifiesten a lo largo del ciclo de vida del proyecto o incluso en su etapa final. Por otra parte, la falta de conciencia sobre BIM y el estímulo para implementar BIM entre los clientes y la alta gerencia de las empresas contribuyen a la falta de conocimiento y habilidades acerca de BIM entre los profesionales involucrados dentro de un proyecto de construcción (Latiffi et al., 2016).

Según Vargas et al., 2022, en BIM aparecen nuevas funcionalidades año a año, lo cual vuelve permanente los procesos de implementación y capacitaciones provocando que el proceso de maduración del BIM tome varios años. Por lo tanto, el especialista BIM constantemente debe estar atento a las nuevas tendencias o funcionalidades que se generan en las tecnologías. A la larga provoca que las empresas solo utilicen ciertas funciones simples de los usos BIM y no estarían desarrollando la capacidad total de la metodología para establecer usos BIM más avanzados como la simulación de la construcción en 4D.

El tamaño y complejidad del proyecto en el cual se aplica la metodología BIM, influye en la claridad de los beneficios que aportan. Esto se debe a las necesidades y contextos diferentes de los proyectos. Los beneficios del BIM pueden variar según el tipo de proyecto, la industria y las necesidades específicas de cada organización, lo que hace que la evaluación de los beneficios sea más compleja. Por ejemplo, según Chen et al., 2020, se prioriza abordar el persistente problema de los excesos de tiempo y costos, y otros desafíos en la ejecución de un megaproyecto que se integren con BIM.

2.2.1.6 Indisponibilidad de Recursos Humanos

Por un lado, Según Wu et al., 2020. El avance tecnológico no se puede lograr sin expertos y profesionales calificados que puedan adoptar y promover BIM. De la misma manera, Ahmed, et al. (2015) en su estudio hacen referencia a que la principal barrera es la falta de profesionales calificados en BIM. Encontrar personal calificado en BIM, es relativamente difícil ya que los encargados de reclutamiento también deben entender la metodología. Asimismo, los especialistas BIM al ser reclutados individualmente no siempre tienen el mismo nivel de habilidad.

Por otro lado, Hamma-Adama (2019) menciona que en general hay bajos niveles de conciencia de madurez BIM dentro todas las disciplinas, por lo tanto, las instituciones de educación superior son generalmente de bajo rendimiento. En consecuencia, se ve reflejado en la escasez de Expertos BIM en el mercado. Esto demuestra que es una cadena de efectos la cual tiene un origen en la baja adopción de BIM en el ambiente laboral, ya que las universidades no fomentan la educación BIM a menos que sea un requisito para la inserción laboral de sus estudiantes.

2.2.1.7 Evolución de la Curva de Aprendizaje

Una barrera no muy reconocible en la implementación BIM es la curva de aprendizaje que existe en toda nueva forma de trabajo (Figura 7). Al principio no se cumplirán las expectativas de la empresa, ya que existe un tiempo inicial donde el personal BIM solo estará capacitándose y adaptándose al flujo de la metodología.

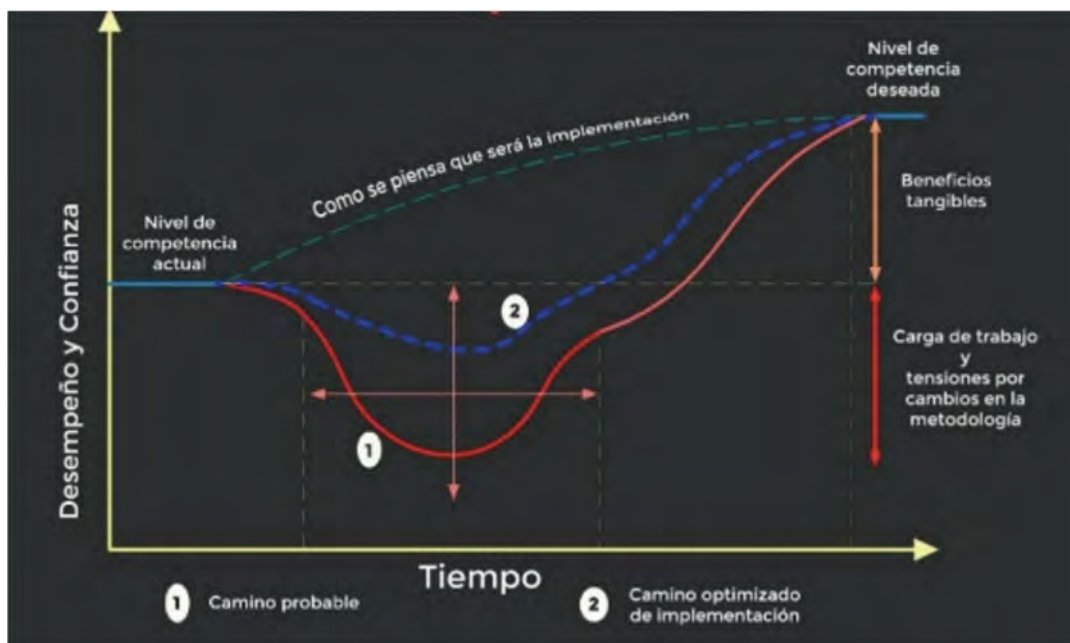


Figura 7: Curva de Aprendizaje. Fuente: Rodríguez, González, & González (2020)

Para el personal nuevo en BIM, la curva de aprendizaje y el proceso de adaptación pueden consumir mucho tiempo, lo cual les generará un esfuerzo adicional en recursos de tiempo y dinero que posiblemente no mantenga su motivación alta (Wu et al., 2020).

Vergara (2017) refiere que este tiempo de aprendizaje será de aproximadamente de 4 meses en los cuales el especialista BIM no hará trabajo productivo alguno. Por lo tanto, la empresa deberá sobrellevar rápidamente esta fase para poder innovar y fomentar una mejora en los servicios que ofrece.

2.2.1.8. Liderazgo débil de BIM

Ozorhon & Karahan (2016) identificaron el liderazgo efectivo como uno de los factores humanos más importantes que afectan el proceso de implementación BIM. En ese sentido, se tiende a analizar a los líderes BIM que tienen un rol principalmente basado en la práctica. Entre sus funciones más destacadas: desarrollan e implementan procesos y estándares BIM dentro de la empresa, a menudo administran capacitación interna y son el primer punto de contacto

para la resolución de problemas técnicos que enfrentan otros. Sin embargo, Davies et al., (2015) identifico que el hecho de que el líder BIM se involucrase en un proyecto, se convirtió en un problema ya que existen varios proyectos y uno con mayor prioridad lo cual les impide prestar la atención adecuada.

Por otra parte, no todos los miembros del equipo de un proyecto muestran liderazgo; sin embargo, entre las habilidades blandas comúnmente identificadas en un entorno BIM, este es un requisito indispensable. Cada miembro del equipo debe ser capaz de liderar el desarrollo de su propia contribución y ser autoritario en la defensa de su información y proceso.

2.3. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION BIM

Para superar las barreras de implementación es propicia la aplicación de una estrategia. La estrategia debe alinearse a la capacidad de la empresa contratista y a los resultados que esta desea obtener. Por lo tanto, es necesario definir ambas estrategias del estudio: La subcontratación de Equipos BIM y Equipos BIM *In House*.

2.3.1 Subcontratación de Equipos BIM

2.3.1.1. Definición de subcontratación (Outsourcing)

En la industria de la construcción según Soto (2014), el *outsourcing* (subcontratación) es realizado por empresas altamente especializadas, típicamente subcontratistas o proveedores. En ese sentido aparece la subcontratación de BIM que según Fountain y Langar (2018), se define como la creación de un modelo BIM por parte de una empresa externa de Tecnología de la Información (TI) que se especializa en el proceso BIM. A partir de estas definiciones se llega a comprender las formas actuales de *outsourcing* de servicios BIM en contraste con el trabajo realizado por expertos dentro de la organización que desarrollan el proyecto.

2.3.1.2 Subcontratación en el Perú

Ubicándonos en el contexto peruano, el Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao (Murguía et al., 2023) indica que cerca del 74% de encuestados considera el BIM como una metodología que permite integrar el diseño, construcción y operación de un proyecto. Además, se menciona que aproximadamente un 70% de los modelos son creados por los equipos BIM del contratista o consultores externos, lo cual señala que en la industria de la construcción nacional el empleo de BIM y su subcontratación están muy presentes.

2.3.1.3. Razones para la subcontratación

De acuerdo a Fountain y Langar (2018), la justificación tradicional de la subcontratación se basa en las economías de escala y la posibilidad de un beneficio financiero inmediato para la empresa que realiza actividades de subcontratado. Es decir, se prioriza la subcontratación para generar un mayor retorno de inversión, para los desarrolladores del proyecto.

Otras razones serían la reducción de costos operativos puesto que el subcontratista cuenta con mayor tecnología y experiencia en ese ámbito, esto mayormente aplica a empresas emergentes en las cuales el presupuesto es reducido (Hinze, 2001). Finalmente, las empresas no cuentan con el personal adecuado para servicios BIM por lo cual prefieren externalizar este aspecto para concentrarse en aspectos más importantes del proyecto de construcción (Hinze, 2001).

2.3.2 Equipos BIM *in house*

2.3.2.1. Definición Equipos BIM

Según la Guía Nacional BIM, se establece los puestos que deben conformar cada equipo BIM.

Roles BIM:

- Líder BIM: lidera la elaboración de los Requisitos de Información BIM a nivel organizacional, considerando las buenas prácticas y lecciones aprendidas en el desarrollo de Proyectos Piloto.
- Gestor BIM: encargado del proceso de Gestión de la Información BIM y el responsable de establecer los Requisitos de Información de las inversiones, en coordinación con el Líder BIM.
- Coordinador BIM: Encargado de coordinar la ejecución de los Modelos de Información de las distintas especialidades, asegurando el cumplimiento de los Requisitos de Información, normativas y procedimientos establecidos para Gestión de la Información BIM.
- Modelador BIM: Encargado del desarrollo de los Modelos de Información.
- Supervisor BIM: Responsable de realizar revisiones periódicas a los Contenedores de Información y verificar que el Modelo de Información se realice según los Requisitos de Información,

Cabe resaltar que usualmente esta estructura es más frecuente en empresas grandes. En empresas de menor envergadura los profesionales pueden desarrollar dos o más funciones.

2.3.2.2. Razones para la formación de Equipos BIM

Salinas, & Ulloa (2015) mencionan con referencia a un Equipo BIM *in house* que “*Se tiene que pensar en la creación de un área conformada por profesionales comprometidos y convencidos de que se puede mejorar la gestión de los proyectos, para lo cual se requiere capacitar a un equipo en el manejo de herramientas tecnológicas;*” Esta idea promueve que la mejor forma de gestionar los proyectos es la utilización de las herramientas tecnológicas, en este caso el BIM. Esto se da implementándolo mediante la formación de un área dentro de la empresa que se encargue netamente de este tema.

Según la información recopilada en el presente capítulo, hay dos tipos de estrategias frecuentes de implementación BIM: la subcontratación de equipos BIM y la formación de equipos *in house* en las empresas. En las empresas contratistas estas dos formas de trabajo facilitan la aplicación de BIM en el desarrollo de un proyecto. Sin embargo, para aprovechar los beneficios del BIM en su totalidad, se deben superar barreras ya sea del nivel de complejidad del proyecto o los requerimientos por parte del cliente. De esta manera, las barreras en la implementación dependen de factores relacionados a los involucrados. Se presentan los siguientes gráficos para brindar una mejor comprensión de las semejanzas y diferencias de las estrategias en estudio.

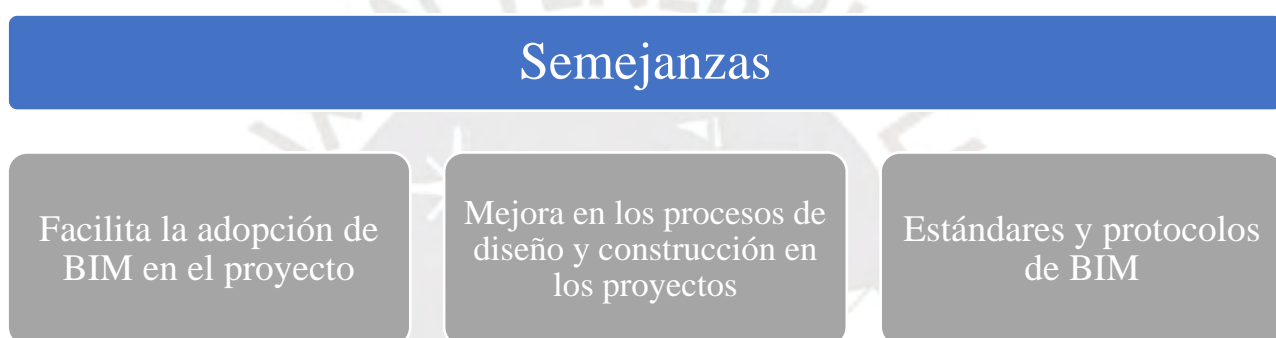


Figura 8: Semejanzas de las estrategias de implementación BIM (formación de equipos in house y subcontratación). Fuente propia

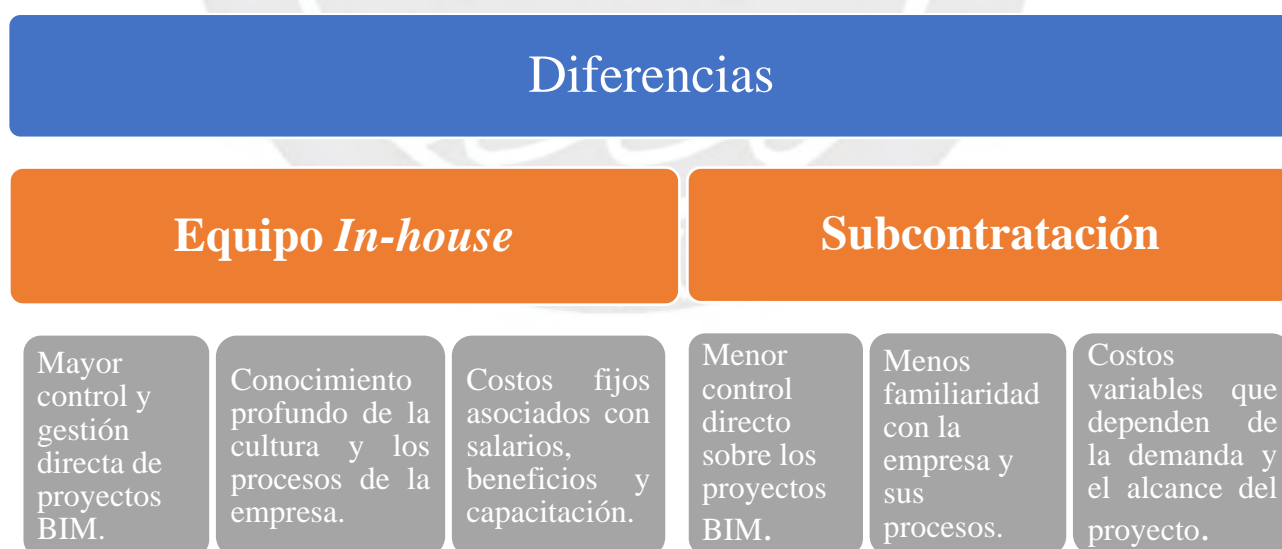


Figura 9: Diferencias de las estrategias de implementación BIM (formación de equipos in house y subcontratación). Fuente propia

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente investigación será realizado mediante la aplicación de un análisis cualitativo, con el propósito de analizar las dos estrategias de implementación BIM: formación de equipos *in house* o la subcontratación de especialistas. En ese sentido, la metodología consistirá de 6 importantes pasos, los cuales se explicarán detalladamente.

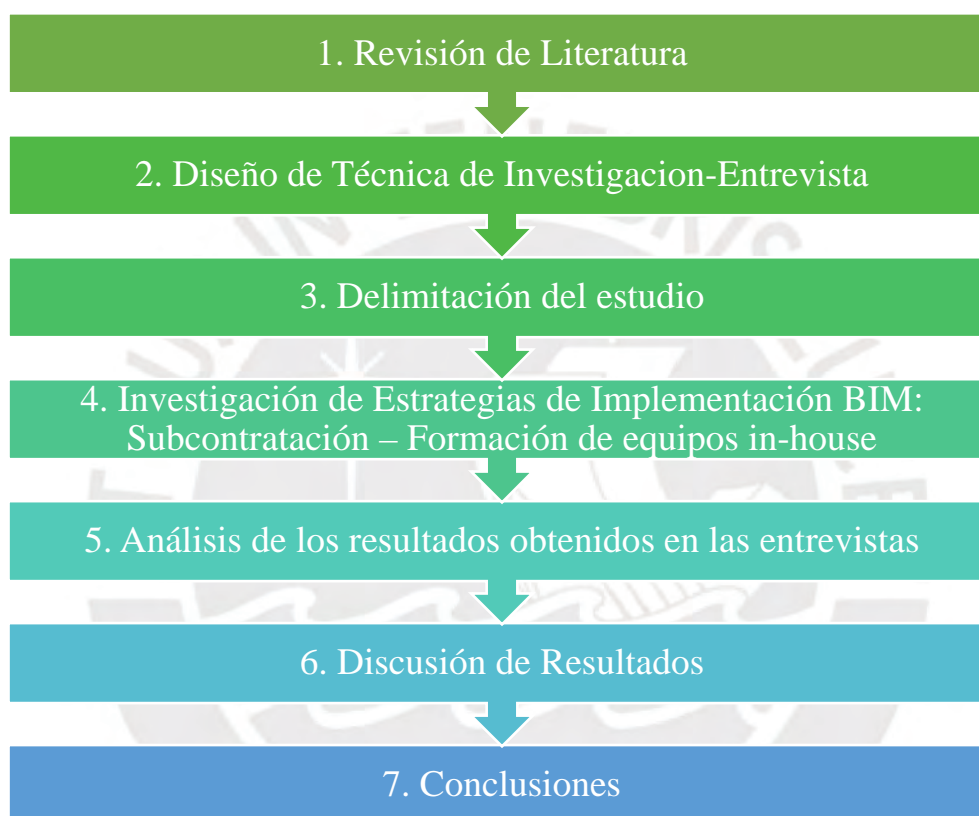


Figura 10: Estructura de la Metodología. Fuente Propia

3.1 Revisión de literatura

En primer lugar, se recopilará información acerca de la Implementación BIM, principalmente de los factores o barreras que impiden un desarrollo adecuado. Una vez obtenida esa información se procede a categorizar según las similitudes que presenten, puesto que facilitara el desarrollo de la técnica de investigación. Además, posteriormente servirá para relacionar la barrera con la estrategia adecuada para que sea superada. Al ser una investigación de un tema

mundial se recurrió a diversas fuentes extranjeras asimismo como los estudios realizados en Perú.

3.2. Diseño de Técnica de Investigación

La entrevista como técnica de investigación, es a menudo "...el único modo de descubrir lo que son las visiones de las distintas personas y recoger información sobre determinados acontecimientos o problemas. (Woods,1989, como se citó en Carballo, 2001)

Por lo tanto, al ser un análisis cualitativo, la mejor opción a emplear es la realización de entrevistas. Estas permiten establecer un flujo continuo de información para poder identificar ideas clave a partir de las opiniones emitidas de los profesionales involucrados y luego realizar las respectivas preguntas complementarias.

En adición, el enfoque de la información a recopilar es con respecto a las diferencias y similitudes que brindan las empresas a subcontratar de servicios BIM en contraste con lo que ofrece un equipo *in house* de la empresa contratista o en todo caso que subcontrata parcialmente.

3.3 Delimitación del estudio

Debido a la limitada información existente acerca del tema de investigación, se enfocará el estudio en Lima Metropolitana. Se centrará en empresas que brindan servicios BIM y la comparación de sus metodologías con las de equipos *in house* de empresas contratistas pequeñas y medianas del sector debido a que son las que tienen un mayor porcentaje de representación en el mercado.

3.4 Investigación de Estrategias de Implementación BIM: Subcontratación – Formación de equipos *in house*

Se realizará entrevistas a profesionales expertos que estén laborando actualmente en la industria de la construcción y tengan injerencia directa en la toma de decisiones para aplicación de BIM.

Adicionalmente, el entrevistado contará con vasta experiencia en proyectos de construcción, en los cuales se haya trabajado con metodología BIM. Se estima que con la experiencia relatada de los entrevistados se obtenga información relevante que ayude a responder a las preguntas de investigación planteadas.

El objetivo de estas entrevistas es entender la situación actual de las empresas con respecto a la estrategia de implementación BIM que optaron por aplicar y como esta sirvió para superar ciertas barreras. De esta manera obtener un panorama más amplio acerca de ambas estrategias de implementación.

3.5 Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas

La respuesta de las entrevistas será clasificada según la revisión de literatura. De esta manera se organizará la información de modo que se identifique la estrategia de implementación, los usos BIM y barreras de implementación superadas. Además, se analizarán las principales causas para la elección de la estrategia de implementación elegida y como se podría ayudar a esta a superar las barreras en el corto o largo plazo. Por consiguiente, se procesará la información obtenida de las entrevistas y se elaborarán gráficos que muestren las respuestas con mayor coincidencia de afirmación como apoyo visual y estadístico.

3.6 Discusión de resultados

Se elaborará una opinión juiciosa acerca de los resultados obtenidos de las entrevistas y se contrastarán con los temas recopilados de la Revisión de Literatura. Por otra parte, se tratarán de responder las preguntas de investigación con los hallazgos realizados. Al final, se darán recomendaciones acerca de cómo mejorar la investigación de este tema en un futuro y se resaltarán las ideas más importantes de ambas estrategias de implementación para ampliar su difusión en el sector construcción.

CAPITULO 4: DISEÑO DE LA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

La entrevista es una técnica de investigación muy utilizada en diferentes campos, ya que permite obtener información detallada y específica sobre un tema de estudio. Esta técnica consiste en hacer preguntas a un grupo de profesionales con el objetivo de obtener información relevante, en esta investigación particular la información a recolectar será sobre las estrategias de implementación BIM.

4.1. Entrevista Semi Estructurada

Definida la técnica de investigación, se eligió el tipo de entrevista adecuada que se aplicaría, ya que existe tres formas: la entrevista no estructurada, la estructurada y la semiestructurada.

La entrevista no estructurada es un conjunto de preguntas que se formulan a partir de las respuestas que va brindando el entrevistado. Por lo tanto, la duración de la entrevista se podría extender demasiado y la información relatada no llegaría a ser relevante para el objeto de estudio. En la entrevista estructurada prevalecen las preguntas cerradas que producen respuestas precisas y limitadas, las cuales no permitirían la inclusión de la experiencia del entrevistado. Por último, está la entrevista semiestructurada que, como establece su denominación, es una combinación de ambos tipos de entrevistas mencionadas anteriormente. Aquella concede un mayor dominio sobre el tema que se va a tratar permitiendo a la vez las preguntas abiertas en las cuales el entrevistado puede expresarse y así aportar nuevos conocimientos para el estudio. Por esas razones, se determinó la aplicación de las entrevistas semiestructuradas para el desarrollo de esta investigación.

4.2 Estructura de La Entrevista

El diseño de las preguntas de la entrevista fue determinado en base a las barreras de implementación que se superarían con determinada estrategia de implementación. La entrevista se enfocó en cada una de ellas, de esa manera se realizó dos tipos de cuestionarios que se presentan en las Tablas 3 y 4 según la estrategia de implementación que refiera el entrevistado. Además, se clasificó cada pregunta con la variable respectiva tomando como punto de partida la revisión literaria. Como se refirió antes, la entrevista es semiestructurada ya que los testimonios de los entrevistados pueden dar a conocer nuevos descubrimientos relevantes a la investigación en curso.

4.2.1. Preguntas de Control

La entrevista comenzó con una fase previa en la cual se le comenta un contexto y 5 preguntas a la persona a entrevistar. Estas preguntas fueron de control las cuales ayudan a que el entrevistado cumpla el perfil que se busca en esta investigación. Las preguntas fueron de carácter cerrado, las cuales hacen referencia específicamente a su experiencia laboral en el rubro de la construcción y en relación al involucramiento de BIM en los proyectos de construcción en los que el profesional participó.

Contexto

“BIM es un conjunto de procesos, políticas y tecnologías que a partir de la integración, colaboración y modelado establecen una metodología de trabajo en proyectos de construcción para una mejor eficiencia en la aplicación de la información a lo largo de todas las etapas. Sin embargo, como toda tecnología reciente, su implementación debe superar ciertas barreras. Por lo cual esta entrevista es para dar a conocer como en la empresa que labora, el BIM ha sido implementado”

Con ese conocimiento se sustentará el estudio presente que tiene como principal objetivo entender el tipo de estrategia de implementación optado por la empresa, el cual resultó beneficioso para superar estas barreras ya antes mencionadas.

4.2.2. Preguntas de la Entrevista

Las preguntas para la entrevista están directamente relacionadas con los objetivos estipulados al inicio de las investigaciones. Las preguntas son elaboradas con la intención de que los profesionales puedan relatar sus experiencias laborales relacionadas a la implementación de BIM. La información recolectada de la entrevista podrá ayudar a resolver las preguntas de investigación.

PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cuánto tiempo de experiencia tiene en la Industria de la Construcción?
2. ¿Cuál es el cargo que ocupa actualmente y sus funciones?
3. ¿Qué entiende por la metodología BIM y cuánta experiencia tiene usándola?
4. ¿Cuál es la principal función para la que usa BIM?
5. ¿Cómo se implementó BIM en su empresa? ¿Por subcontratación o formación de equipo *in house*?
6. ¿Quién decidió el uso de BIM en el proyecto?

Preguntas para equipo BIM *in house*:

7. ¿Cuáles fueron las razones para implementar un equipo BIM *in house*? (Contexto)

Tabla 3 Preguntas para Equipo BIM *in house*. Fuente propia

Variable identificada	Pregunta de entrevista
a. Disponibilidad de Recursos Humanos	<p>¿Para la contratación de especialistas BIM se requirió de un servicio de reclutamiento?</p> <p>¿En el mercado laboral existen suficientes profesionales calificados en la metodología BIM?</p>

b. Falta de Apoyo de Gerencia	¿La gerencia fomenta la capacitación BIM? ¿Qué riesgos asumió la gerencia al implementar BIM en la empresa?
c. Liderazgo débil de BIM	¿Qué funciones desempeña el líder BIM o persona encargada de BIM en la empresa? ¿Quiénes conforman el equipo BIM <i>in house</i> ?
d. Evolución de la curva de aprendizaje	¿Cómo fue la curva de aprendizaje de la implementación BIM del equipo <i>in house</i> en la empresa? ¿Cuánto tiempo estima que duró el periodo de la curva de aprendizaje?
e. Falta de procesos de trabajo colaborativo	¿En qué medida tener el equipo <i>in house</i> promueve o reduce el trabajo colaborativo del proyecto? ¿Qué formas de trabajo colaborativo se emplean en el desarrollo de los proyectos?
f. Poca demanda de BIM por parte del cliente	¿Cómo influyó la demanda del cliente para implementar BIM en la empresa?

Preguntas para empresas que subcontratan BIM:

7. ¿Cuáles fueron las razones por las que eligió la subcontratación? (Contexto).
8. ¿El proyecto que usted eligió fue complejo?, ¿Esto incentivó a que se subcontrate a una empresa BIM?

Tabla 4 Preguntas para subcontratación BIM. Fuente Propia

Variable identificada	Pregunta de entrevista
a. Disponibilidad de recursos humanos	¿Cómo fue el proceso de selección por el cual se designó a qué empresa subcontratar?
b. Poca demanda de BIM por parte del cliente	¿El cliente influyó en la decisión de proceder a subcontratar servicios BIM?

c. Falta de beneficios aportados por BIM	<p>¿La subcontratación a qué nivel de usos BIM les permitió llegar en algún proyecto?</p> <p>¿Qué tipo de beneficios se reflejaron con la aplicación de estos usos?</p>
d. Costo de Implementación	<p>¿Qué tipo de costos se evitó al optar por la subcontratación?</p> <p>¿Los honorarios de la empresa subcontratada son menores al gasto que hubiese sido formar un equipo BIM <i>in house</i>?</p>
e. Falta de procesos de Trabajo Colaborativo	<p>¿Qué tipo de asesoría hubo por parte de la empresa subcontratada?</p> <p>¿La subcontratación del modelado o servicios de compatibilización, reducen o aumentan los niveles de colaboración en el equipo del proyecto y mejoran la calidad de la información?</p>

4.3. Perfil del Entrevistado

El perfil buscado en los profesionales de la industria de la construcción es haber participado en proyectos donde se haya implementado BIM y contar con un mínimo de cuatro años de experiencia profesional. Además, que el entrevistado haya desarrollado responsabilidades de toma de decisiones dentro del equipo de construcción con el fin de conocer las razones para escoger la adecuada estrategia de implementación ya sea mediante la subcontratación o formación de equipos *in house*.

4.4. Recolección de Información

Establecido el perfil de los profesionales que se requería para entrevistar, se procedió con la búsqueda de estos a través de la red social LinkedIn. Un gran beneficio de esta red fue que se buscó a las personas por el cargo en el que laboraban, de esta manera se encontró una gran cantidad de profesionales a los que se le envió la opción de conectar para poder enviarles un mensaje.

El mensaje comprendía un saludo cordial acompañada de un texto en el cual presentábamos los detalles más importantes de nuestro trabajo de tesis: Título, Nombre de los Autores y Nombre del Asesor junto con un texto que mostraba la intención de poderles realizar una entrevista. Esta vía fue más que suficiente para conseguir el número de entrevistas deseadas; ya que contábamos con el respaldo de nuestro asesor el Dr. Murguía, quien es una referencia en el ámbito de BIM en el Perú. No obstante, no todos los profesionales a los que se le envió el mensaje de presentación accedieron a las invitaciones enviadas por LinkedIn.

Las dos primeras entrevistas se realizaron en modalidad virtual a través de la plataforma de Zoom con previa coordinación para la fecha acorde a la disponibilidad de los entrevistados. Las siguientes dos entrevistas (tercera y cuarta) se realizaron de forma presencial gracias a la recomendación por parte del segundo entrevistado. Aquellas se agendaron de forma exitosa en los centros de trabajo de los entrevistados, en los cuales se tuvo una amplia perspectiva de los tamaños de las empresas implicadas. Sin embargo, para las entrevistas siguientes, se decidió continuar con la modalidad virtual debido a una mejor disponibilidad de los entrevistados con la plataforma Zoom para grabar y procesar la información. Por lo tanto, se logró realizar 20 entrevistas en total en los últimos dos meses del 2022 y en enero del 2023 a profesionales expertos en la implementación BIM en diversos proyectos de construcción en el Perú.

Se presentan los antecedentes más resaltantes de los entrevistados para conocer su experiencia y labor en la implementación de BIM dentro de las organizaciones a las que pertenecen. Además, se presenta las fechas de las entrevistas realizadas y la duración de estas. Se descartó toda información privada para este trabajo de investigación puesto que existe confidencialidad con los entrevistados.

Tabla 5 Profesionales entrevistados y su información más relevante. Fuente propia.

ID	Profesión	Rol	Años de Experiencia Profesional	Años de Experiencia BIM	Tipo de Empresa	Tipo de Estrategia	Fecha de Entrevista	Duración de Entrevista (minutos)
1	Ingeniero Civil	Coordinador BIM	4	4	Privada	Ambas	27/11/22	43
2	Arquitecto	Gerente Comercial	6	4	Privada	Subcontratación	28/11/22	34
3	Ingeniero Civil	BIM Manager	8	5	Privada	<i>In-House</i>	30/11/22	27
4	Arquitecto	BIM Manager	4	4	Privada	<i>In-House</i>	01/12/22	24
5	Ingeniero Civil	Gerente de Proyectos	30	12	Privada	<i>In-House</i>	13/01/23	35
6	Ingeniero Minero	Gerente de Proyectos	5	5	Privada	Subcontratación	13/01/23	20
7	Ingeniero Civil	Líder BIM	5	5	Pública	<i>In-House</i>	14/01/23	30
8	Ingeniero Civil	Coordinador BIM	5	5	Privada	<i>In-House</i>	15/01/23	30
9	Ingeniera Civil	Coordinadora BIM	5	5	Privada	Ambas	17/01/23	25
10	Ingeniero Civil	BIM Manager	10	5	Privada	<i>In-House</i>	18/01/23	15
11	Ingeniero Civil	BIM Manager	7	5	Privada	<i>In-House</i>	18/01/23	25

12	Ingeniero Informático	Líder BIM	7	5	Privada	<i>In-House</i>	18/01/23	25
13	Ingeniera Civil	Coordinadora BIM	7	5	Privada	Ambas	18/01/23	54
14	Ingeniera Civil	BIM Manager	10	5	Privada	Ambas	19/01/23	30
15	Ingeniera Civil	Especialista BIM	4	4	Privada	Subcontratación	21/01/23	22
16	Ingeniero Civil	Líder BIM	10	7	Privada	<i>In-House</i>	23/01/23	37
17	Arquitecta	Especialista BIM	10	10	Pública	Ambas	23/01/23	50
18	Arquitecto	BIM Manager	11	11	Privada	Ambas	24/01/23	35
19	Arquitecta	BIM Manager	15	10	Privada	Ambas	26/01/23	53
20	Arquitecta	Gerenta General	10	10	Privada	Ambas	26/01/23	20

4.5. Procesamiento de la Información

Una vez concluidas las entrevistas y su respectiva grabación, se procedió con la transcripción literal de cada una, en las cuales se recopiló la información más relevante en las respuestas. La duración total de las entrevistas fue alrededor de 9.8 horas y la transcripción realizada por los autores resultó en 90 páginas. Las tres primeras entrevistas se encuentran adjuntas en el Anexo de la presente tesis y el resto en conjunto se encuentra en el siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1hgrgtTbVHUGvE6jh3owvn4TH9e7v3Avw?usp=sharing>

CAPITULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según lo visto en las secciones anteriores, la implementación de BIM en una empresa conlleva desafíos importantes; sin embargo, al lograrlo se incrementa la productividad en los proyectos de construcción. Por lo que es crucial un compromiso de todas las partes interesadas para que se lleve a cabo fructíferamente. En el siguiente capítulo, se analizarán los resultados recopilados de las entrevistas realizadas con el objetivo de entender cómo las estrategias de implementación elegidas permitieron superar las barreras que se identificaron en el capítulo 2.

Con las entrevistas transcritas, se realizó un análisis cualitativo con el uso de Microsoft Word y Excel. Este proceso de análisis con categorías y códigos se escogió con el propósito de establecer un estudio dinámico en el que se unen las diversas respuestas obtenidas a partir de jerarquías en función a contenidos en común (Coffey et al, 2003).

En primer lugar, se utilizó el programa Word para identificar y clasificar ideas principales obtenidas de las respuestas de acuerdo al tipo de estrategia de implementación realizada. Después, se procedió a codificar las frases y oraciones principales para procesarlas en el Excel y establecer la cantidad de frecuencia de cada respuesta a través de gráficos de barras y circulares con el fin de establecer una mejor visualización.

En total se realizaron 20 entrevistas a profesionales familiarizados con la aplicación de estrategias de implementación BIM en las empresas donde laboraron. Se aplicó el análisis demográfico a los entrevistados y se presentarán los gráficos estadísticos con la información relevante del perfil profesional de los entrevistados, rango de experiencia en la industria de la construcción, experiencia en BIM y el tipo de empresa a la cual pertenecen:



Figura 11. Porcentajes de la profesión de los entrevistados. Fuente propia

De acuerdo a la figura 11, se logra observar una mayor participación en las entrevistas de ingenieros civiles con un porcentaje del 60% que representa a 12 entrevistados, los arquitectos son la segunda profesión participante con 6 entrevistados (30%). Estas dos primeras profesiones mencionadas son las más representativas debido su relación directa con proyectos de construcción. Por último, se encuentra un ingeniero minero (entrevistado 6) y un ingeniero informático (entrevistado 12), los cuales se pueden considerar como las profesiones atípicas en proyectos donde se implementa BIM debido a su bajo porcentaje de representación en las entrevistas realizadas.

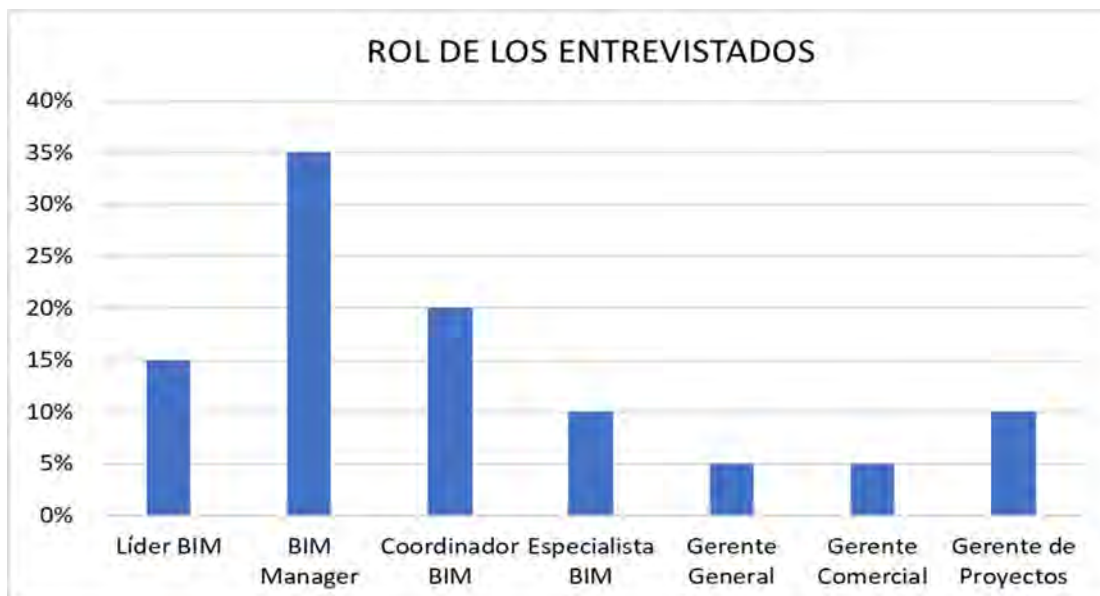


Figura 12. Roles de los Entrevistados. Fuente propia

Como se puede observar en la figura 12, los roles más representativos son los de BIM manager con un 35% que equivale a 7 entrevistados, coordinador BIM en un 20% representando a 4 entrevistados y el líder BIM (15%) con 3 profesionales en su conjunto. Estos son los roles más activos en la gestión de los procesos y la información de la implementación BIM dentro de las empresas que forman parte de los diversos tipos de proyecto. En menor frecuencia se identifican los roles como el especialista BIM y el gerente de proyectos con valores del 10% equivalentes a 2 profesionales cada uno, el gerente general el cual es el entrevistado 20 y el gerente comercial que es el entrevistado 2 (Anexo B), los cuales realizan la toma de decisiones de implementar BIM desde un cargo con mayor poder de acción en la empresa donde laboran.

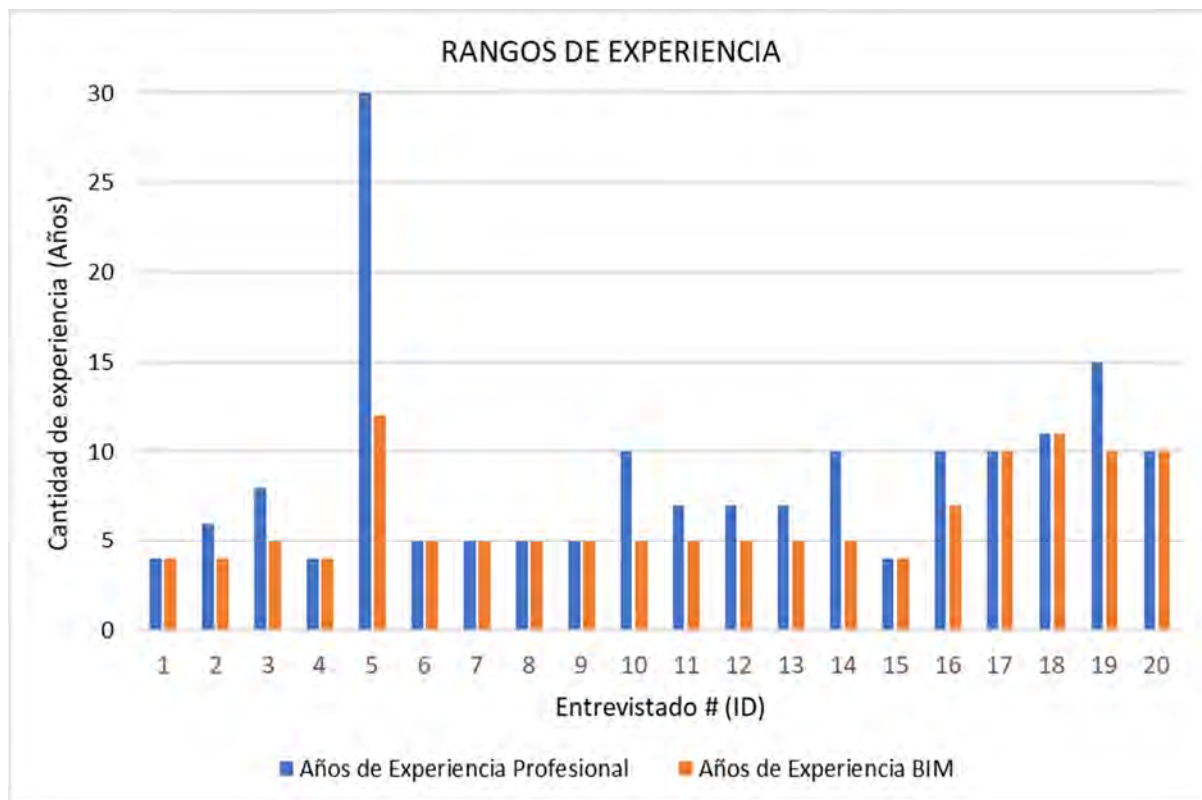


Figura 13: Rangos de Experiencia. Fuente Propia

En la figura 13, se establece la comparación de la cantidad de experiencia profesional en el sector de la construcción y experiencia relacionada a la ejecución de proyectos con BIM por parte de los 20 entrevistados. El entrevistado 5 posee la mayor cantidad de experiencia profesional con 30 años y 12 años de experiencia en BIM lo cual nos brindó un mayor panorama de la implementación de BIM a lo largo de su amplia experiencia. Los entrevistados 18 y 19 cuentan con 11 años y 15 años de experiencia profesional respectivamente en un segundo mayor grado de cantidad. La menor cantidad de experiencia profesional y en BIM es de 4 años representado por los entrevistados 1, 4 y 15, los cuales se están iniciando dentro de la implementación BIM en diversos proyectos que aún representa un rango de experiencia aceptable para los propósitos de la recopilación de resultados. El rango promedio de experiencia profesional se encuentra entre los 4 y 10 años, y respecto a BIM está entre los 4 y 11 años por parte de los entrevistados.

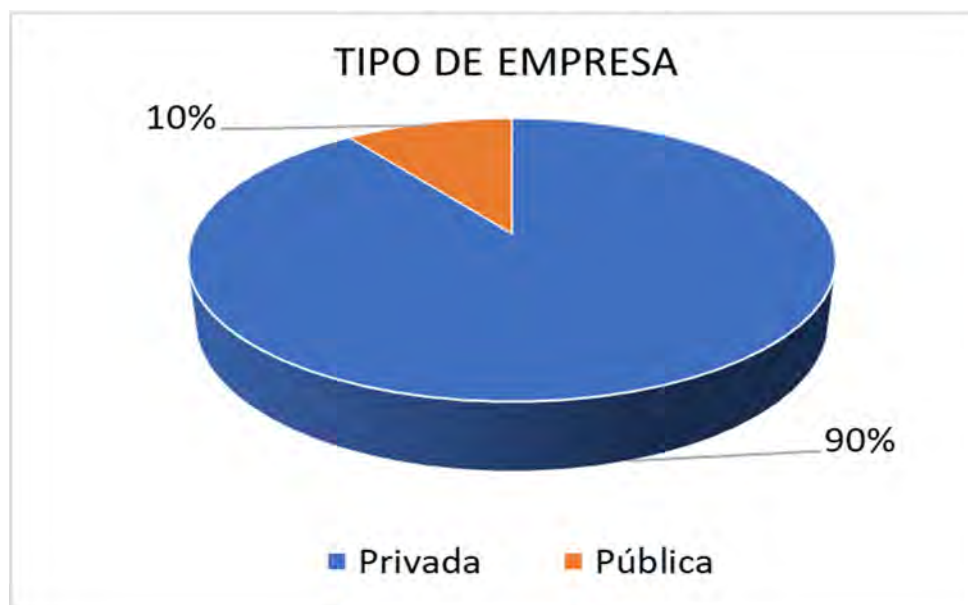


Figura 14: Tipo de empresa asociado a los entrevistados. Fuente propia

Existe un mayor porcentaje de participación de los entrevistados en las empresas privadas. Estas empresas poseen la capacidad de trabajar en las dos estrategias de implementación, a partir de formar equipos *in house* y subcontratación con procesos de licitación pública y privada. Las empresas o entidades públicas solo representan a dos entrevistados, uno de los cuales ha trabajado en las dos estrategias, el cual es el entrevistado 17, y el entrevistado 7 que dirigió la formación de equipos *in house* en este tipo de empresas en coordinación con el Estado.

A continuación, se expondrán las preguntas más relevantes para el análisis de los resultados de las entrevistas realizadas y su categoría correspondiente.

A. ¿Cuál es la principal función para la que usa BIM?



Figura 15: Códigos de Pregunta B. Fuente propia

Los resultados señalan a la compatibilización de especialidades como el principal uso BIM que se utiliza en la implementación en su empresa. Este uso BIM posibilita que previa a la construcción se puedan detectar las interferencias entre especialidades. Lo cual ayudaría a evitar costos innecesario y ampliaciones de plazo que pudieran poner en peligro el contrato. Por otro lado, se destacan los usos de la visualización 3D y la extracción de información de modelos 3D para generar planos 2D (25%) en la documentación necesaria para expedientes técnicos de diversos proyectos. Por último, los usos menos importantes implementados son la programación 4D, estimación de cantidades y costos, extracción de metrados y el avance de control de obra con porcentajes entre 5% y 10%.

B. ¿Cómo se implementó el BIM en su empresa? ¿Por subcontratación o formación de equipo *in house*?

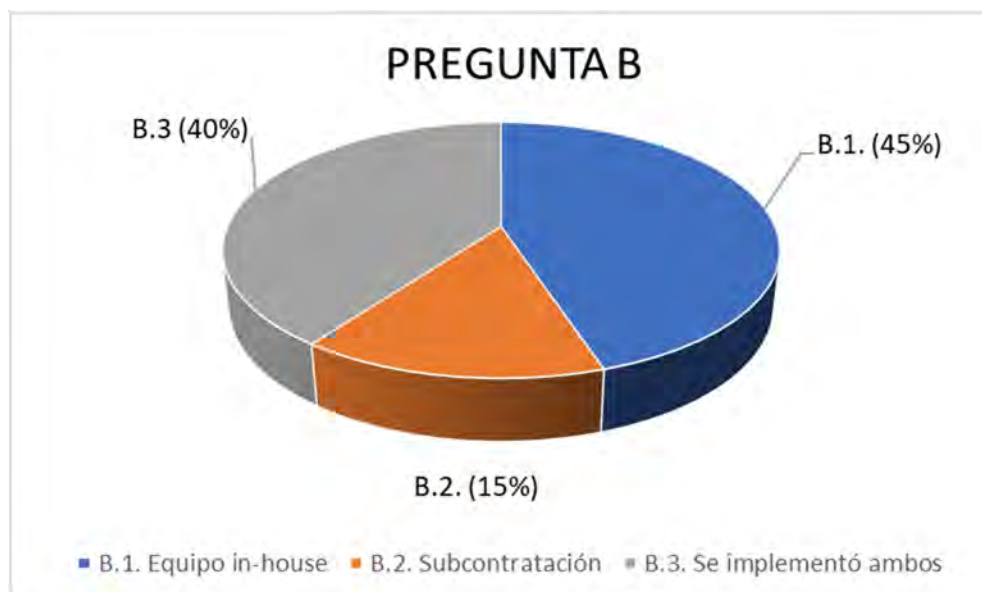


Figura 16: Códigos de Pregunta. Fuente propia

Como se observa en la figura 16, los entrevistados se subdividieron en tres categorías. Aquellos pertenecientes a solo equipo *in house* con un 45% representaron a 9 entrevistados que establecieron la mayor preferencia por este tipo. La subcontratación en un 15% la cual estuvo formada por 3 profesionales que participaron en este tipo de estrategia de forma única y se puede definir como la opción menos empleada por las empresas. Por último, el 40% de los entrevistados, los cuales fueron 8 profesionales, formaron parte de un equipo *in house* y de la subcontratación de consultores BIM en diversos proyectos lo cual significa que diversas empresas optan por utilizar las dos estrategias en un valor medio que es mayor en frecuencia a utilizar solo la subcontratación y que se acerca a la estrategia de utilizar solo equipo *in house*.

5.1. Preguntas para Equipo *in house*

Los entrevistados reconocieron que la formación de equipos *in house* es una estrategia de implementación BIM que se realiza con el propósito de lograr un mayor control de la gestión de la información y procesos de trabajo en un proyecto en relación directa con los colaboradores más relacionados a empresas privadas en convenio con clientes como entidades públicas o privadas. Además, la formación y desarrollo de un equipo *in house* busca estandarizar los procesos de la implementación BIM de acuerdo a las experiencias adquiridas para realizar un crecimiento a futuro de la empresa a cargo y generar beneficios en las entregas de los proyectos.

Para las siguientes preguntas específicas de esta sección, solo se consideraron a los entrevistados que formaron parte de un equipo *in house* que fueron 17 profesionales, los cuales representaron el 65% del total.

5.1.1. Disponibilidad de Recursos Humanos

a.1. ¿Para la contratación de especialistas BIM se requirió de un servicio de reclutamiento?



Figura 17: Códigos de la Pregunta a.1. Fuente propia

Con respecto a la pregunta, los entrevistados refieren que se utilizó mayormente el método clásico de reclutamiento y otras formas tradicionales. El primero consiste en pasar una evaluación psicológica realizada por el área de recursos humanos de la empresa y como segundo paso una evaluación de las habilidades profesionales del candidato. Esto principalmente se da en empresas grandes que ya cuentan con una cartera grande de proyectos, que les obliga a actualizar su personal según la demanda de trabajo.

Por otro lado, hay excepciones en las cuales se prefiere contratar personas con las que hayan laborado previamente, puesto que ya tiene un flujo de trabajo preestablecido de tiempo. Asimismo, los proyectos requieren de inmediatez o son por períodos cortos de tiempo, por lo cual recurrir al sistema tradicional sería inadecuado.

En el ámbito público, el entrevistado 7 nos refiere que las entidades estatales hacen convocatorias con respecto a los profesionales que se requieran, y estos son contratados bajo la modalidad CAS. Estos procesos son con mayores requerimientos, y constan de que el candidato posea estudios previos por lo cual son de larga extensión.

a.2. ¿En el mercado laboral existen suficientes profesionales calificados en la metodología BIM?



Figura 18: Códigos de Pregunta a.2. Fuente propia

Respecto a la segunda pregunta existe una dicotomía, puesto que señalan que el personal especialista en BIM tiene bastantes aptitudes y estudio con referencia al uso de los programas y modelado. Si bien los profesionales manejan las herramientas digitales y la parte operativa de manera óptima. Aún se necesita mayor personal calificado en la metodología BIM. Esto hace referencia a el tema de la metodología y el proceso de cómo se maneja la información para integrarlo en los proyectos de manera eficiente. Además, se requieren habilidades blandas para poder transmitir la información de forma óptima dentro del equipo específico y a otras áreas que forman parte de un proyecto.

Cabe resaltar como menciona el entrevistado 16 que el proceso de modelado incluso lo puede hacer un técnico por lo que ya no es imperante que sea un graduado en ingeniería civil o arquitectura. Sumado a esto, los profesionales egresados de las universidades que si cuentan con el conocimiento necesario para modelar no reciben el conocimiento adecuado sobre la Metodología BIM.

5.1.2. Falta de Apoyo de Gerencia

b.1. ¿La gerencia promueve la capacitación y adopción BIM?

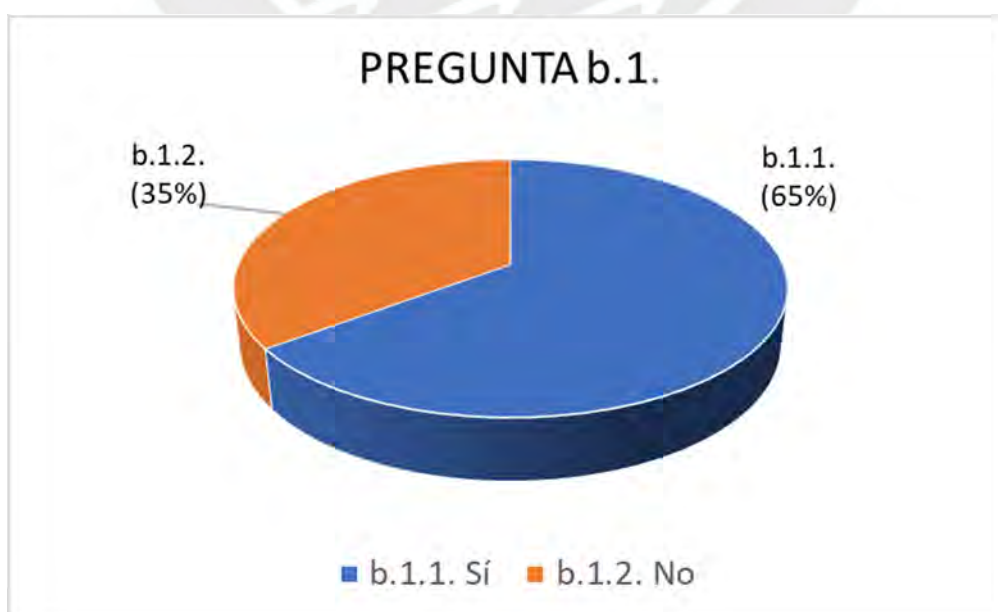


Figura 19: Códigos de Pregunta b.1. Fuente propia

Las capacitaciones principalmente se dan en el sentido que los modeladores no cuentan con el mismo nivel de habilidad, por lo cual en primer lugar la capacitación sirve para homogeneizar al personal. Según los resultados en el ámbito privado, la mayoría de entrevistados hacen mención de que estas capacitaciones en BIM, son promovidas por la misma empresa. Usualmente son realizadas por el encargado del área ya sea el Gerente BIM o jefe BIM según la estructura que se tenga, ya que este es el que tiene contacto directo con los especialistas BIM de la empresa. Por ejemplo, el Entrevistado 4, cuenta que se elaboran cronogramas de capacitación en temas de BIM, los cuales se basan en los proveedores que conocen a nivel de software e internamente se tiene un área que está encargada de realizar las capacitaciones con el personal interno de forma voluntaria u obligatoria en algunos casos.

En la capacitación en metodología BIM, se elaboran cursos de capacitación de software, temas orientados a VDC (*Virtual Design Construction*) e IPD (*Integrated Project Delivery*). Los cuales son complemento esencial para producir información de mayor calidad. Es una tendencia que ha crecido a lo largo del tiempo, e incluso se integra con el *Lean Construction* desencadenando en una unión recíproca que beneficia al usuario.

En el ámbito público, las entidades estatales son las que promueven la capacitación de una manera indirecta, ya que se limitan a designar el presupuesto para las capacitaciones del siguiente año y encomiendan al personal encargado del área BIM como responsables de las capacitaciones que se van a realizar al personal.

b.2. ¿Qué riesgos asumió la gerencia al implementar BIM en la empresa?

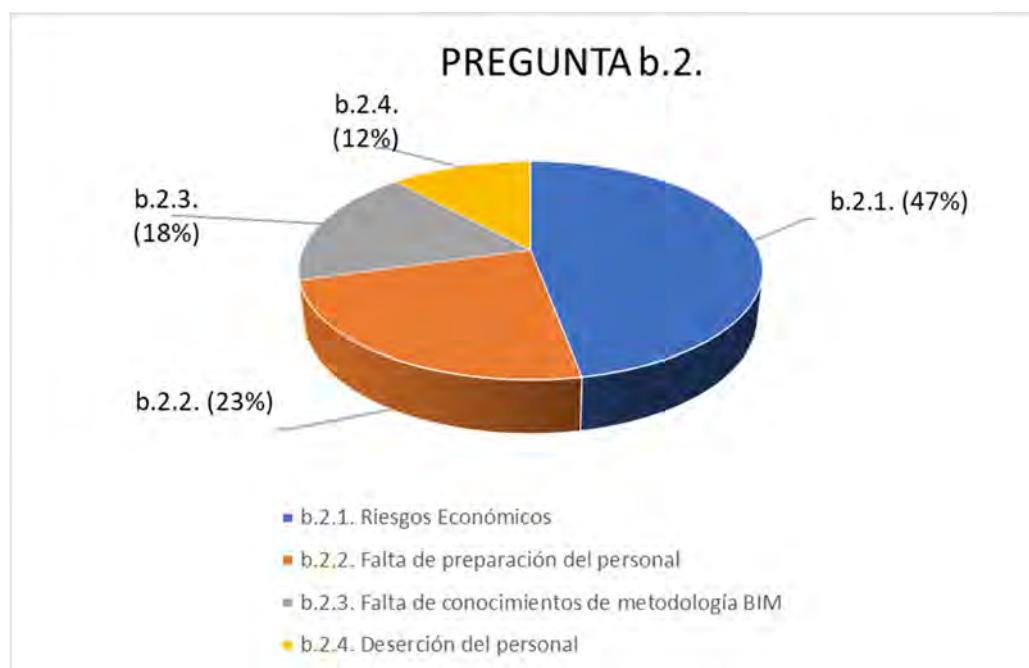


Figura 20: Códigos de Pregunta b.2. Fuente propia

Los riesgos económicos son los más frecuentes debido a que al implementar BIM, el hardware, software, los equipos y los sueldos, presentan un alto costo. Lo cual probablemente en el proyecto no pueda generar ganancia y el retorno de inversión sea mínimo.

Otros riesgos que se consideran relevantes, se presentan en el mercado de BIM y los flujos de trabajo entre personal. Estos difieren puesto que no tienen el mismo nivel de habilidad y conocimiento de la metodología, lo cual se refleja en la falta de preparación del personal que no solo se enfoca en la parte técnica, sino que también se define en las habilidades blandas que son muy necesarias para transmitir la información de forma colaborativa e integrada a los demás integrantes del equipo. Por consecuente se presentan retrasos debido a la demora en brindar la información a tiempo o que no es de manera clara. Además, existen riesgos como que el personal entrenado y capacitado por la empresa deserte, tiempo después de adquirir el conocimiento, por otra oferta laboral. Lo cual representa un retraso en los proyectos ya que existe una rotación constante del equipo de trabajo que requieren de un tiempo de adaptación necesario y que puede generar demoras en la ejecución de los proyectos.

5.1.3. Liderazgo débil de BIM

c.1. ¿Qué funciones desempeña el líder BIM o persona encargada de BIM en la empresa?



Figura 21: Códigos de Pregunta c.1. Fuente propia

En algunos casos, se menciona la existencia del puesto de líder BIM en la organización. En cambio, en otras empresas, donde no existe ese puesto, las funciones de liderar y gestionar recaen en el cargo de BIM Manager de la organización. Esta persona es la de mayor jerarquía en lo que respecta a los roles BIM y sus funciones van desde la gestión del personal hasta la gestión de la información que se va a producir. En primer lugar, se hace mención de que es el encargado de la coordinación y supervisión de los estándares BIM que se utilicen las mismas plantillas, el software y hardware actualizado. Luego siguen las funciones de la toma de decisiones, la colaboración con los proyectistas y finalmente es el encargado de la implementación BIM de la empresa.

c.2. ¿Quiénes conforman el equipo BIM *in house*?

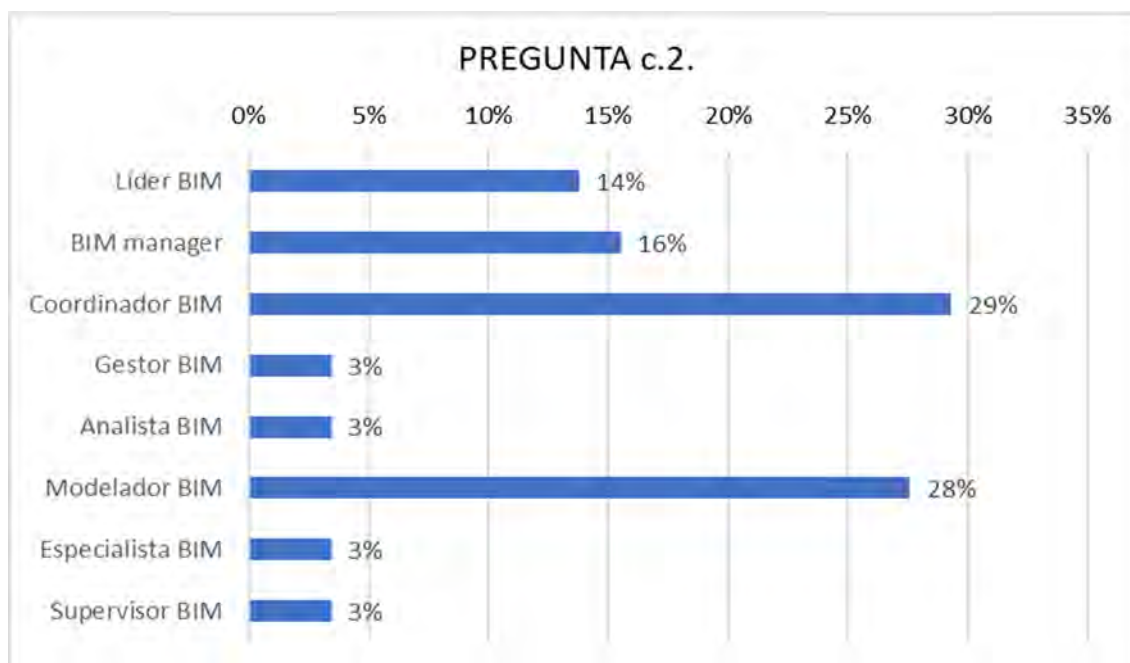


Figura 22: Códigos de Pregunta c.2. Fuente propia

Para la conformación de Equipos BIM *in house*, los entrevistados señalan que la estructura se basa en lo que menciona la Guía Nacional BIM. Se mencionan los puestos de supervisor, modelador, coordinador, BIM manager y Líder BIM. Las funciones no necesariamente son iguales a los que establece la guía, ya que en un ámbito real de trabajo se espera mayor capacidad de liderazgo, resolución de inconvenientes en todas las posiciones y un flujo de trabajo eficiente.

En otros casos los entrevistados mencionan que una sola persona puede ejercer más de un rol del equipo BIM, por lo tanto, pueden fungir ya sea como modelador o coordinador a la vez. Sin embargo, los profesionales en los puestos de Líder BIM o BIM manager hacen trabajo netamente de toma de decisiones y manejo del personal. Su capacidad para producir información en un proyecto es limitada e incluso se podría establecer como nula.

Como se aprecia en la figura 22, los modeladores y coordinadores BIM representan una mayor participación en los proyectos que implementan BIM debido su función dinámica y colaborativa para poder modelar e integrar la información de los modelos. Además, los

coordinadores debido a sus mejores capacidades de coordinar los procesos de trabajo, pueden reemplazar en la función de gestionar el equipo a los BIM manager según los requerimientos que posea algún proyecto en específico. Por otro lado, los roles menos presentes son los supervisores y especialistas BIM relacionados a equipos que supervisan proyectos públicos con las entidades del Estado.

5.1.4. Evolución de la curva de aprendizaje

¿Cómo fue la curva de aprendizaje de la implementación BIM del equipo *in house* en la empresa?

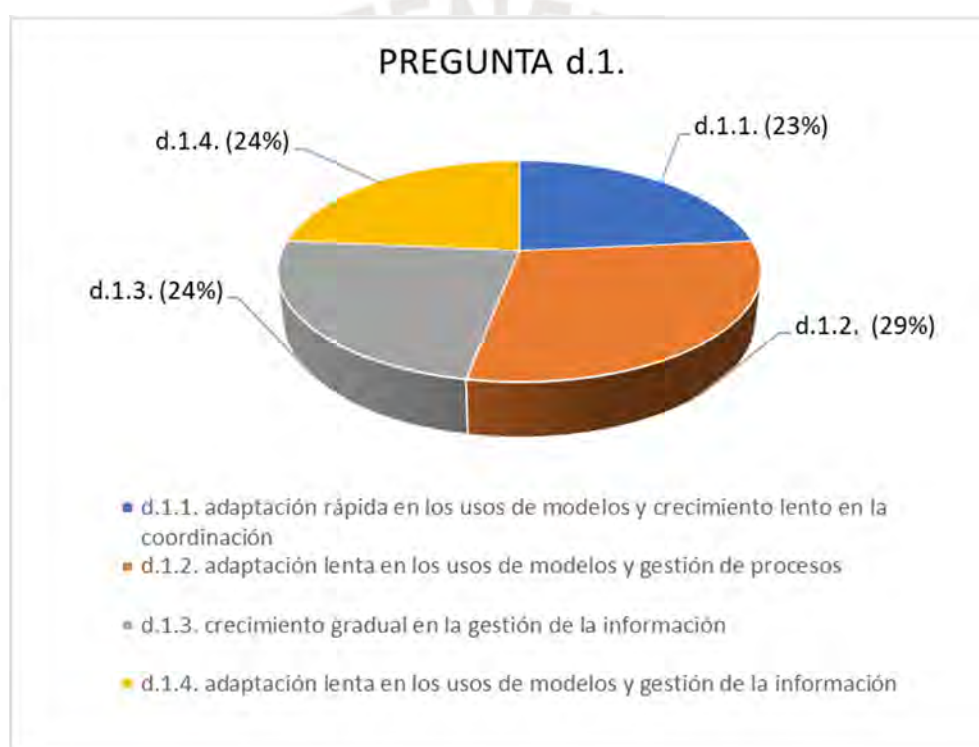


Figura 23: Códigos de Pregunta d.1. Fuente propia

La curva de aprendizaje no fue solamente en la habilidad para la construcción virtual, sino se tuvo que estar pendiente a las nuevas actualizaciones que iban saliendo en base a la guía nacional BIM ya que se estandariza en todos los nuevos proyectos. Otro punto de la curva de aprendizaje es el tema obtención de metrados a partir del modelo. Los revisores de los entregables, siguen requiriendo un sustento manual de los cálculos de las cantidades obtenidas.

Por otra parte, existe la posibilidad que la implantación se desarrolle al mismo tiempo del inicio del proyecto, lo cual es una ardua labor para la empresa ya que implantar una nueva forma de trabajo sin previa preparación puede ser contraproducente. Esto se observa en la figura 23, se presenta con más frecuencia una adaptación lenta en el manejo de los usos de modelos y la gestión de procesos en los equipos que no cuentan con experiencia previa en el conocimiento y aplicación de BIM.

d.2. ¿Cuánto tiempo estima que duró el periodo de la curva de aprendizaje?

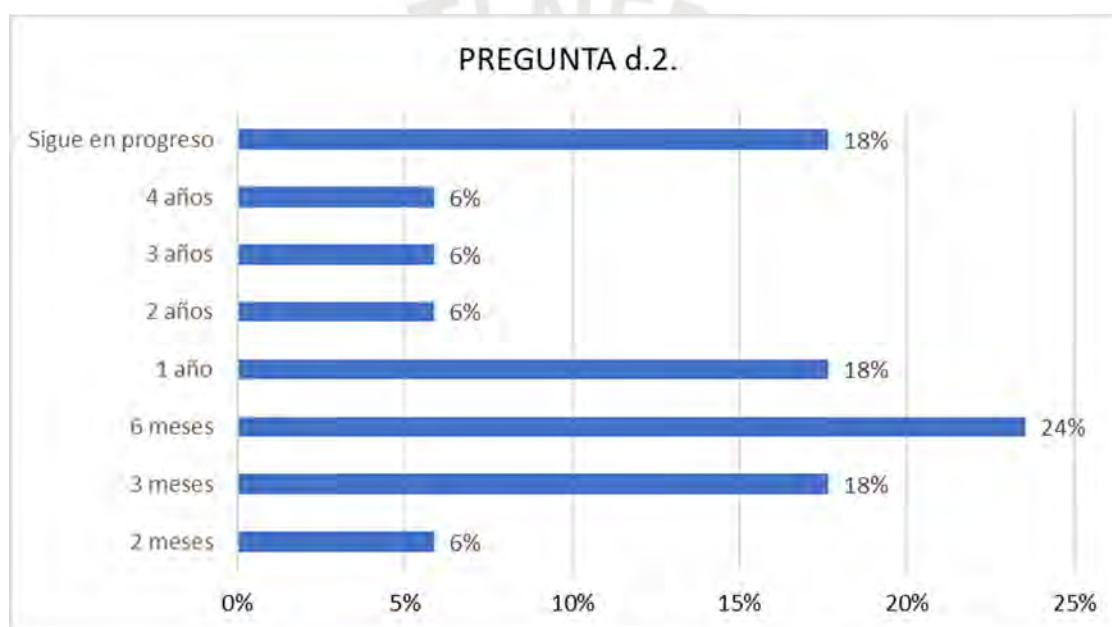


Figura 24: Códigos de Pregunta d.2. Fuente propia

En cuanto a la duración de la curva de aprendizaje, se estiman intervalos de tiempo de 2 meses a 4 años aproximadamente. El periodo de 6 meses es el tiempo con más frecuencia en la mayoría de empresas privadas y existe un 18% que estima que aún la curva sigue en progreso en un tiempo indefinido relacionado a empresas públicas que aún siguen en un proceso de adaptación. La implementación no fue completamente fluida, debido a que a la par de la aplicación de BIM, se estaba desarrollando el proyecto. También se señala que hubo pérdidas de oportunidades por no rendir lo esperado, y que el mercado laboral determina la tendencia que toma la empresa con respecto a las labores a desarrollar.

5.1.5. Falta de procesos de trabajo Colaborativo

e.1. ¿En qué medida tener el equipo *in house* promueve o reduce el trabajo colaborativo del proyecto?

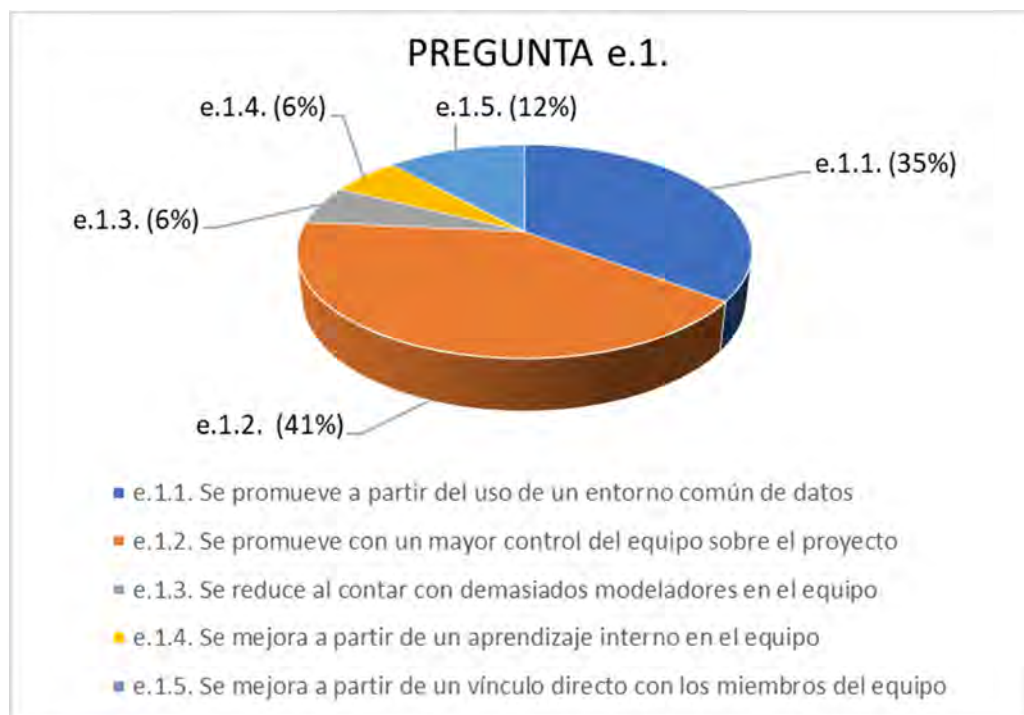


Figura 25: Códigos de Pregunta e.1. Fuente propia

La mayor parte de los entrevistados, consideran que se promueve una mayor frecuencia en el trabajo colaborativo con el control del equipo sobre el proyecto, puesto que los involucrados poseen mayor campo de acción en la toma de decisiones generales en la gestión de la información y los procesos, en comparación a un equipo subcontratado que solo se rige a un trabajo especializado por el cual fue contratado ya sea para una especialidad en particular o una parte del proyecto. Además, se resuelven conflictos e inconvenientes en un menor tiempo al contar con un equipo *in house* que está muy comprometido con los objetivos del proyecto. El segundo aspecto importante a destacar es el uso del entorno común de datos (ECD) que almacenan y transmiten información importante para que el equipo de producción pueda ver los modelos y tener la documentación del proyecto en tiempo real y en campo para realizar las

correcciones correspondientes en cada especialidad. El contacto directo con los miembros del equipo en oficina o campo llega a ser un factor importante para mejorar el trabajo colaborativo ya que se mejora el vínculo y se puede crear un clima agradable de ambiente laboral en donde todos los miembros se sientan con confianza de expresar sus ideas y esto ayude al aprendizaje interno. Sin embargo, el entrevistado 13 menciona que se puede reducir el trabajo colaborativo al contar con un número amplio de modeladores en el equipo ya que se generan demoras en los avances que afectan la productividad del equipo.

e.2. ¿Qué formas de trabajo colaborativo se emplean en el desarrollo de los proyectos?

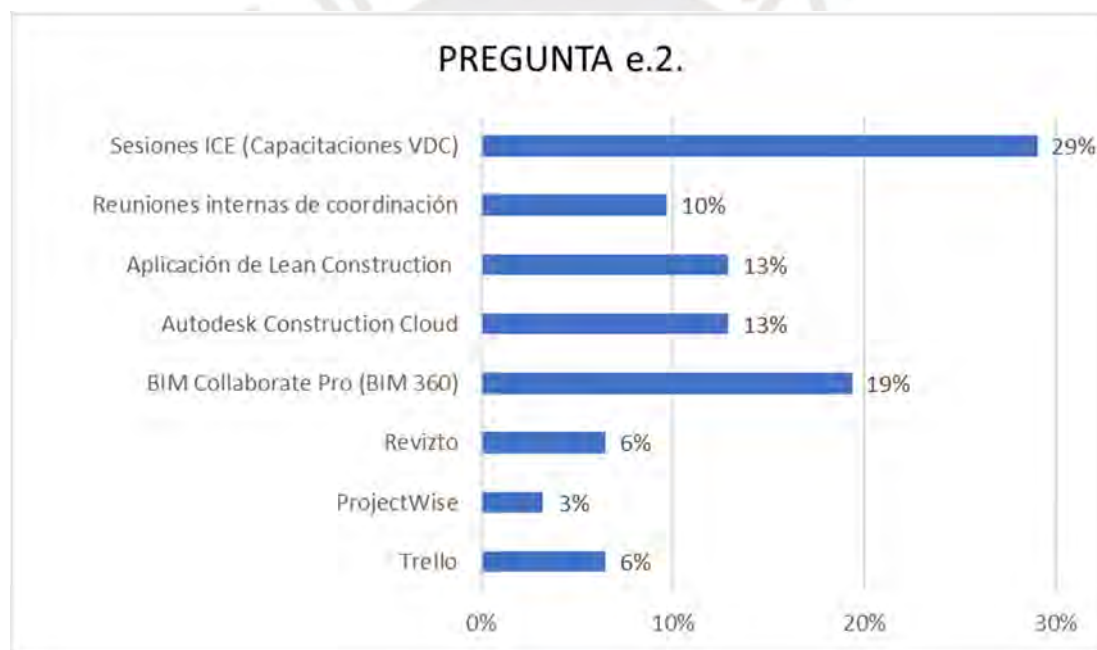


Figura 26: Códigos de Pregunta e.2. Fuente propia

Las sesiones ICE fueron los trabajos colaborativos más empleados por parte de los entrevistados para revisar y resolver incompatibilidades entre las distintas especialidades, el cliente y los proyectistas a través de reuniones dinámicas donde todos los involucrados participaban. También existieron en menor frecuencia las reuniones internas de coordinación que no llegaban a ser sesiones ICE ya que en estas no participaban todos los involucrados, en el mejor caso solo eran la mayoría o en la menor medida entre solo 2 especialidades. Otra forma de trabajo colaborativo frecuente se basa principalmente en poseer un entorno común de datos

en la empresa. Existen softwares y plataformas de gestión y colaboración como *Autodesk Construction Cloud*, *BIM Collaborate Pro*, *Revizto*, *ProjectWise* y *Trello* que han sido empleadas por una gran cantidad de los entrevistados. Los entornos más utilizados fueron el *Autodesk Construction Cloud* como un conjunto de plataformas que deriva en una plataforma específica para diseño en el *BIM Collaborate Pro* que se vincula con *Revit* y *Revizto*. Entonces los especialistas ven el avance en tiempo real del proyecto y también la gerencia, lo cual permite una supervisión constante de la obra.

5.1.6. Poca demanda de BIM por parte del cliente

f. ¿Cómo influyó la demanda de BIM por parte del cliente para implementarlo con un equipo *in house* en la empresa?



Figura 27: Códigos de Pregunta f. Fuente propia

Según los entrevistados, la mayor parte de los clientes tienen una comprensión vasta de la aplicación de BIM en proyectos de construcción. Esto resultó beneficioso para el proyecto ya que se pudo realizar la implementación BIM de manera extendida. En adición, existen entidades públicas y privadas que cumplen el rol de cliente y toman la decisión de estandarizar la implementación a través de normas como la ISO 19650 que presenta una base sólida para mejorar los procesos de trabajo en el proyecto en la mayoría de las fases del ciclo de vida del

proyecto. En contraposición, el desconocimiento de BIM por parte del cliente resultaba en factores negativos que afectaban la comunicación y el apoyo con la empresa a cargo, lo cual resultó en proyectos con menor calidad en su entrega.

5.2. Preguntas para subcontratación

Los entrevistados reconocieron que la subcontratación es una estrategia de implementación BIM que se realiza más en convenio con los proyectos del Estado o las entidades públicas como clientes debido a la necesidad de contar con equipos de experiencia para desarrollar diversos proyectos de infraestructura como colegios, hospitales y carreteras para que cumplan con los objetivos del cliente. Además, la subcontratación es necesaria para establecer soporte en una partida o especialidad específica con el propósito de reducir el impacto económico y los tiempos de entrega de los proyectos.

La complejidad del proyecto no es necesariamente la razón principal para implementar BIM ya que prácticamente se está volviendo obligatorio la creación de un Plan de Ejecución BIM (PEB) para los proyectos públicos de acuerdo a la Guía Nacional BIM, la cual presenta algunas deficiencias en su estandarización ya que muchas empresas interpretan la normativa de acuerdo a su percepción propia. Para las siguientes preguntas específicas de esta sección, solo se consideraron a los entrevistados que se encargaron de subcontratar o los que formaron parte de la subcontratación, los cuales fueron 11 profesionales que representaron el 55% del total.

5.2.1. Indisponibilidad de recursos humanos

a. ¿Cómo fue el proceso de selección por el cual se designó a que empresa subcontratar?



Figura 28: Códigos de Pregunta a. Fuente propia

Las respuestas de las entrevistas establecen mayor preferencia por el proceso de licitación ya sea pública o privada en la que se adquieren proyectos en contratos con el Estado o con una entidad privada debido a que ya son procesos tradicionales establecidos en la industria de la construcción. Otro proceso a destacar es la solicitud de información a partir de folletos a varias empresas para ser aceptadas en proyectos con entidades privadas en las cuales los procesos de selección se vuelven complejos ya sea porque no se encontraba a un equipo con un nivel de especialización alto en la metodología BIM para integrarse de forma rápida al trabajo en proyectos con un plazo estricto de cumplimiento y por superar diferentes fases de selección hasta conseguir el puesto.

Por último, los procesos menos frecuentes son las presentaciones a través de cartas de recomendación que el entrevistado 2 aplicó para poder contratar de forma rápida y dinámica debido a la necesidad en la complejidad de proyectos de gran envergadura, en el cual se requiere contar con empresas con experiencia para cumplir satisfactoriamente los objetivos y las convocatorias a través de LinkedIn para facilitar el proceso de acuerdo a lo mencionado por el entrevistado 6.

5.2.2. Poca demanda de BIM por parte del cliente

b. ¿El cliente influyó en la decisión de proceder a subcontratar servicios BIM?



Figura 29: Códigos de Pregunta b. Fuente propia

En esta sección, la mayoría de entrevistados establecen que el cliente sí es un factor importante en la influencia de la decisión de subcontratar consultores BIM externos. Existe una mayor frecuencia en el cliente como el Estado o las entidades públicas, las cuales influyen de gran manera en la decisión de subcontratar debido a que son los controladores principales para la toma de decisiones a partir de contratos que establecen la implementación como un estándar obligatorio con la empresa contratista para la ejecución del proyecto. Por otra parte, en menor proporción aparecen los clientes de carácter privado que cuentan con un cierto conocimiento

sobre la metodología y los beneficios de BIM por lo cual toman la decisión de subcontratar consultores externos para mejorar la calidad del proyecto. En cambio, otros entrevistados consideran que el cliente no es influyente debido a que la empresa contratista general se encarga normalmente de realizar la subcontratación porque cuentan con mayor experiencia en proyectos implementados con BIM en comparación al cliente que posee un menor entendimiento de la metodología.

5.2.3. Falta de claridad de los beneficios aportados por BIM

c.1. ¿La subcontratación a qué nivel de usos BIM les permitió llegar en algún proyecto?

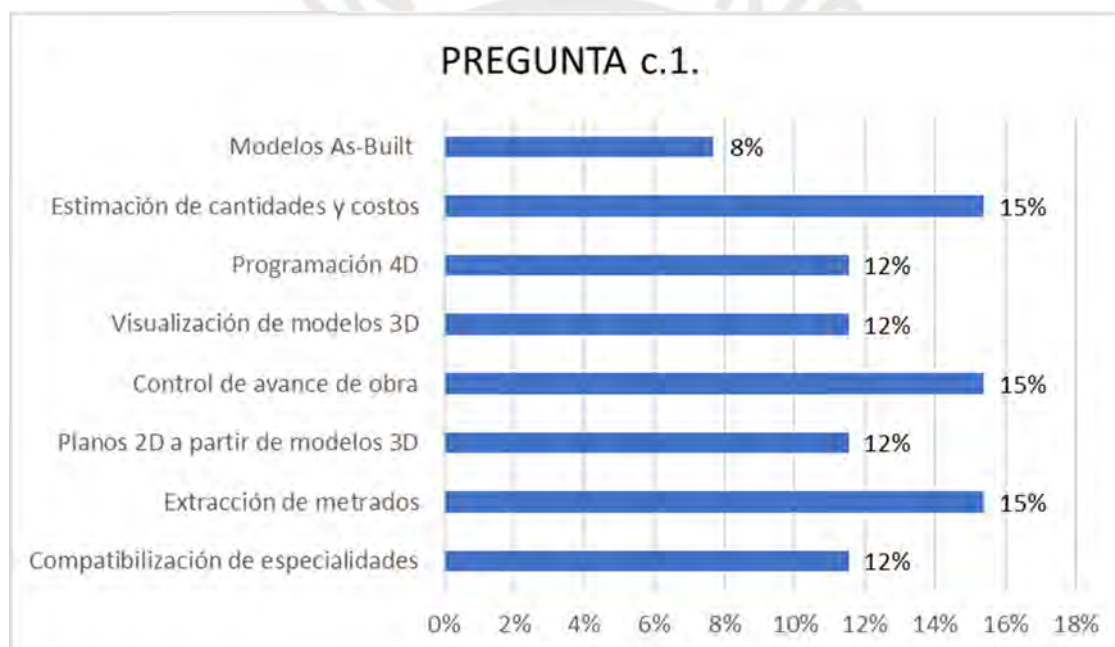


Figura 30: Códigos de Pregunta c.1. Fuente propia.

Los entrevistados mencionaron que los usos BIM más empleados en la subcontratación fueron la extracción de metrados, estimación de cantidades y costos, y el control de avance de obra. En segundo lugar, se destacan a la programación 4D, visualización y planos 2D a partir de modelos 3D y la compatibilización de especialidades. Estos usos se aplicaron para la etapa de diseño y construcción de los proyectos. La creación de modelos *As-Built* a un nivel de detalle LOD 500 fueron los usos menos empleados por los entrevistados y esto se debe a que se aplican en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, la cual es menos frecuente.

c.2. ¿En qué tipo de beneficios se reflejó la aplicación de estos usos?



Figura 31: Códigos de Pregunta c.2. Fuente propia

Las respuestas para esta pregunta coinciden en que la eficiencia en la planificación y diseño del proyecto es el mayor beneficio. En segundo lugar, se menciona la mejora de la calidad de información y la planificación en la etapa de diseño. Por último, se destaca la optimización del tiempo en las entregas del proyecto lo cual también genera una reducción de costos en el presupuesto al no tener que volver a realizar trabajos en obra al presentarse colisiones o interferencias entre los diseños de las especialidades. Sin embargo, en la realidad al contar con un gran número de empresas subcontratadas se generan demoras en los tiempos de entrega debido a un menor nivel de experiencia o por las extensas revisiones en las cuales se procesan los modelos tal como lo mencionan los entrevistados 1 y 2.

5.2.4. Costo de Implementación

d.1. ¿Qué tipo de costos se evitó al optar por la subcontratación?

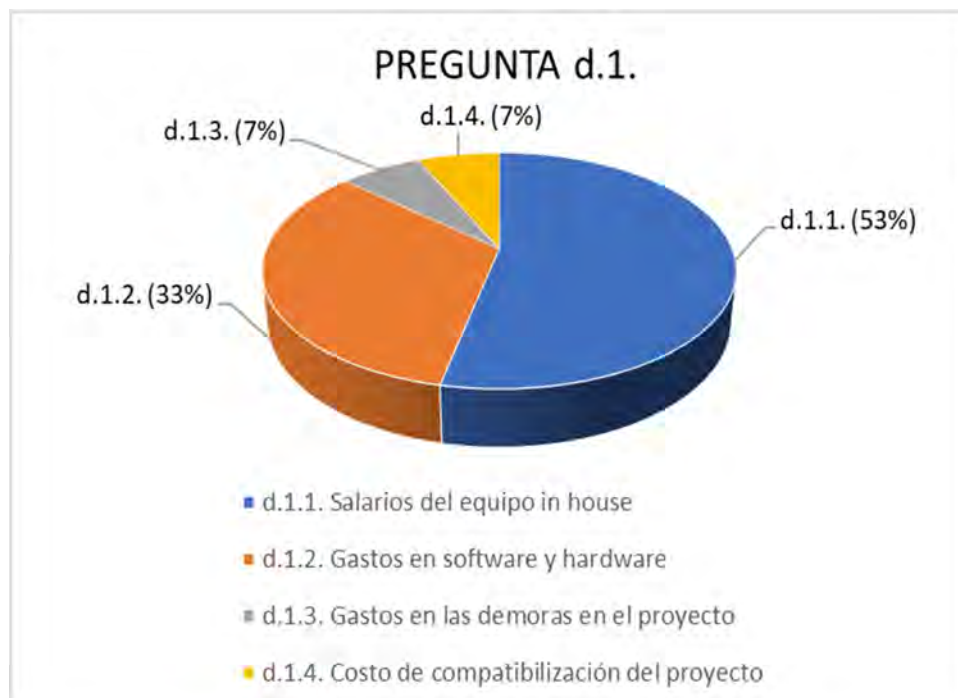


Figura 32: Códigos de Pregunta d.1. Fuente propia

Los entrevistados coincidieron en que se evitaron los costos en salarios de formar un equipo *in house* ya que podía llegar a ser un riesgo para la empresa si es que el personal a contratar no contaba con la suficiente experiencia para desarrollar proyectos de acuerdo a un plazo establecido. También se evitan los gastos respecto a las compras de las licencias de los softwares y programas de entornos compartidos con almacenamiento en la nube que son necesarios para ejecutar proyectos grandes. El entrevistado 18 mencionó que subcontrató a una empresa especializada en realizar la compatibilización del proyecto con el fin de reducir costos en el presupuesto y evitar demoras en el proyecto. El evitar este tipo de costos genera ahorro en las empresas contratistas y mejorar las ganancias a largo plazo.

d.2. ¿Los honorarios de la empresa subcontratada son menores al gasto que hubiese sido formar un equipo BIM *in house*?

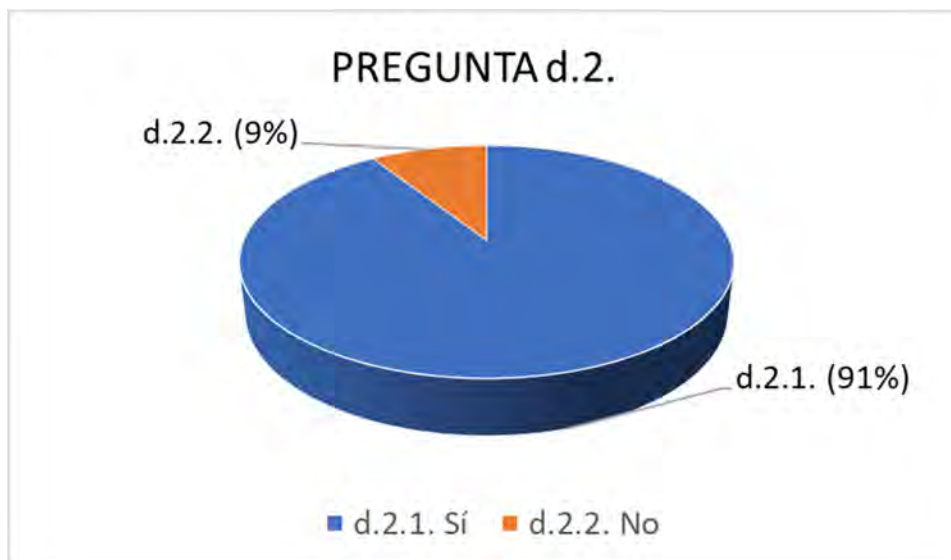


Figura 33: Códigos de Pregunta d.2. Fuente propia

La mayoría de los entrevistados establecen que los costos de subcontratar son menores con respecto a un equipo *in house*. En la implementación por subcontratación los honorarios de esta empresa son costos temporales que no van a aumentar en el tiempo en cambio si se tiene un equipo *in house*, se asumen los sueldos de los profesionales mensualmente. Además, subcontratar garantiza que se produzcan resultados inmediatos, en cambio en un equipo *in house* existe una curva de aprendizaje y se va a tomar más tiempo en finalizar el proyecto.

Un detalle que menciona el entrevistado 2 es a menor tamaño de la empresa subcontratada, va a ser necesario mayores gastos de subcontratación debido a que no están sujetos a tiempos de espera y dependen mucho de la existencia de los proyectos para desarrollarse en la industria de la construcción. Incluso estas empresas se ahorran en gastos de licencias de softwares ya que utilizan programas sin licencias por lo que cobran menos y a su vez pagan menos a su personal, lo cual beneficia a la empresa contratista.

5.2.5. Falta de procesos de Trabajo Colaborativo

e.1. ¿Qué tipo de asesoría hubo por parte de la empresa subcontratada?



Figura 34: Códigos de Pregunta e.1. Fuente propia

La capacitación y validación de los usos de modelo fueron las más frecuentes de acuerdo a la opinión de los entrevistados debido a la necesidad de ayudar a estandarizar los procesos en la implementación de BIM y se tenga un mismo flujo de trabajo. El segundo tipo de asesoría más empleado fue acerca del trabajo realizado por la especialidad subcontratada que debía mostrar y enseñar su método de trabajo a todos los involucrados para realizar la compatibilización respectiva y establecer confiabilidad para lograr los objetivos requeridos. En menor proporción se brindaron capacitaciones respecto a un flujo de trabajo y gestión de la información como el manejo del entorno común de datos. Por otra parte, el entrevistado 2 menciona que no se les brindó algún tipo de asesoría, solo se desarrollaron revisiones y supervisiones puntuales en el avance de las entregas del proyecto. No siempre se da el caso ideal puesto que algunas empresas subcontratadas puedan brindar una asesoría superflua o en todo caso nula, ya que se limitan a entregar lo requerido.

e.2. ¿La subcontratación del modelado o servicios de compatibilización, reducen o aumentan los niveles de colaboración en el equipo del proyecto y mejoran la calidad de la información?

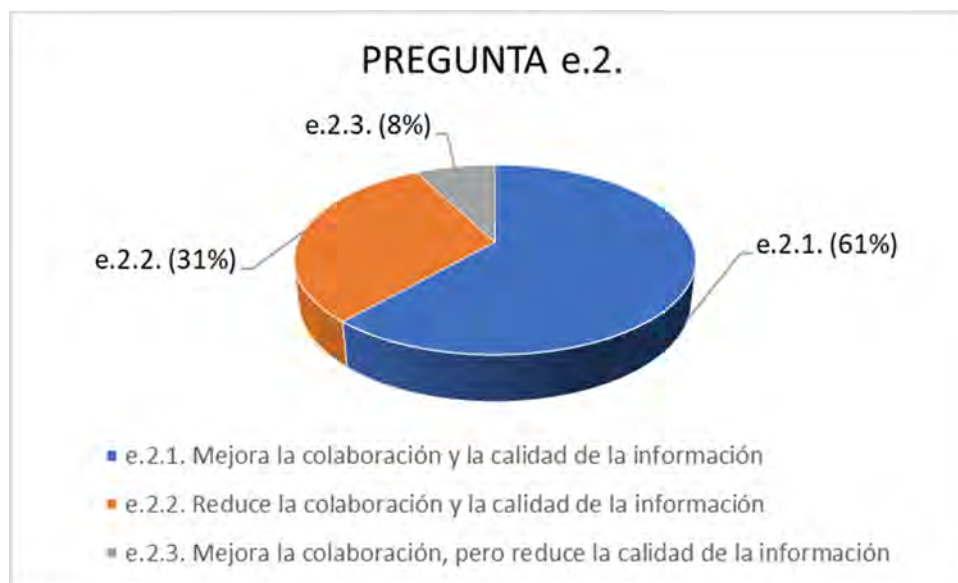


Figura 35: Códigos de Pregunta e.2. Fuente propia

La mayor parte de los entrevistados coincidieron en que se aumentó la colaboración en el equipo del proyecto y se mejoró la calidad de la información. Esto podría indicar una tendencia de mejora en la colaboración y la información a partir de la subcontratación de esos servicios. Sin embargo, aproximadamente un tercio de la población mencionó que existe la reducción de la colaboración y la calidad de la información ya sea por demoras en las entregas debido al proceso de adaptación de la implementación, la falta de estandarización de la implementación o el trabajo remoto de la empresa subcontratada que afectan los niveles de colaboración y por ende se presenta una menor calidad en la información del modelo del proyecto. Este hecho es relevante ya que representa a un grupo considerable de profesionales que muestran desacuerdos con respecto al tema en discusión.

Por último, el entrevistado 1 (Anexo A) menciona que dependiendo del nivel de experiencia y confianza por parte de las empresas subcontratistas, a medida que tienen mayor experiencia y confianza, se aumenta el nivel de colaboración y se mejora la calidad de la información. Esto además va a depender de la cantidad de proyectos desarrollados ya que al inicio existe una motivación en entregar un adecuado modelo para transmitir un mejor prestigio y conseguir más proyectos, pero luego la empresa se empieza a disminuir en su entusiasmo y entrega modelos de información de menor calidad.



CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección, se contrastarán los resultados obtenidos del análisis cualitativo con la información de estudios previos respecto a las dos estrategias de implementación BIM. Luego, se realizará la resolución de los objetivos destacando los resultados y hallazgos más importantes del análisis de las entrevistas. Finalmente, se explicarán las limitaciones de la investigación encontradas y se propondrán recomendaciones acerca de la opinión de los entrevistados.

6.1. Contraste de Resultados

Esta investigación presenta las perspectivas de los entrevistados y muestra el contexto actual de la implementación de BIM mediante la formación de equipos *in house* o la subcontratación. Por lo cual, para verificar la veracidad de resultados y examinar la evolución de esta problemática en el tiempo es prudente realizar un contraste con la información recolectada de estudios previos presentado en el capítulo de Revisión de Literatura.

En la tesis de Salinas y Ulloa (2015) sobre la implementación de BIM en una empresa inmobiliaria; se menciona razones para las cuales la formación de equipos *in house* es más beneficioso. En primer lugar, una implementación exitosa de BIM reside en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados, por ello es necesario que exista un responsable (BIM manager). Esto va de acuerdo con la tendencia ya establecida de que en cada empresa donde se cuenta con un equipo *in house*, existe un encargado del área ya sea un manager BIM o Líder BIM. Esta persona, está encargada de la gestión íntegra de la producción de la información y su óptima utilización para provecho del proyecto de construcción. En segundo lugar, la implementación de BIM se da con la mejora de las comunicaciones entre todos los involucrados. Lo cual coincide con los resultados de los entrevistados que señalan que la implementación de Equipo *in house* es fructífera ya que se promueve el trabajo colaborativo del personal.

El estudio de Fountain y Langar (2018) sobre las razones para la subcontratación de BIM por parte de empresas contratistas identificó como principal causa de este fenómeno a que las empresas no cuentan con la experiencia necesaria para realizar alguno de los usos de BIM y de esta manera poder seguir siendo competitivos para obtener proyectos que requieran de la aplicación de BIM. Este factor coincide con la actualidad, puesto que esto se ve reflejado en el mercado peruano, en las empresas que subcontratan los servicios BIM.

Según los resultados, se mencionan la aplicación del BIM a nivel 5D que permite calcular los costes de construcción fácilmente, la visualización en tiempo real de la data según la variación del modelo y obtención de cronogramas de avance de obra más precisos. Los entrevistados refieren que este uso ayuda a producir mejor información para el cliente y otorga un valor agregado a sus propuestas, haciendo destacarlos por encima de otros competidores. También este estudio menciona que la subcontratación proporciona un alivio temporal a los equipos *in house* cuando están sobrecargados de proyectos. Esto coincide con las referencias de los entrevistados a que la subcontratación les ayuda a conseguir profesionales incrementando de manera temporal su personal para sus proyectos. Asimismo, se ahorran el tiempo de tener que enseñarles ya sea el conocimiento sobre como modelar o el uso de la metodología BIM, logrando que los proyectos que tienen en manos sean culminados prontamente. La tercera razón mencionada por el estudio es que la subcontratación alivia los impactos asociados con la transición de un entorno no BIM a la implementación BIM en las empresas. Esto se comprueba con los motivos que refieren los entrevistados señalando que en un principio se subcontrataba para poder aplicar el BIM en los proyectos, y que este costo era asumido principalmente por ellos para comprobar los beneficios de la utilización de BIM.

6.2. Resolución de Objetivos

Las preguntas realizadas de la entrevista facilitaron la identificación de los resultados previstos para cumplir con los objetivos establecidos en esta investigación. La estructura de las preguntas fue diseñada y ordenada para que se obtengan respuestas extensas por lo tanto más informativas.

Primero se consultó a los entrevistados sobre las principales funciones para las que se usa BIM de manera general ya sea a través de formación de equipos *in house* o subcontratación de consultores externos y se encuentran que los usos más comunes son la compatibilización de especialidades, planos 2D a partir de modelos 3D, estimación de cantidades y costos, visualización de modelos 3D, programación 4D a partir de una simulación de la construcción, control de avance de obra y extracción de metrados, los cuales son los más solicitados en el contexto actual de la industria de la construcción de los reciente años y coinciden con resultados del Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao (2023) y los reglamentos normativos de implementación establecidos en la guía Nacional BIM, la cual menciona los usos BIM esenciales a utilizar en los proyectos.

Luego se clasificó a los entrevistados en tres categorías que consistieron en la participación de equipos *in house*, subcontratación de consultores externos y la implementación de las dos estrategias a partir de la experiencia unida en diversos proyectos, en los cuales se encontraron mayor actividad de formación de equipos *in house* como opción principal, en una preferencia media se presentan ambas y en menor medida solo a la subcontratación. Esto demuestra una mayor preferencia a formar equipos BIM *in house* para poder desarrollar los diversos tipos de proyectos con diferentes niveles de complejidad y en algunos casos con un apoyo intermedio de la subcontratación.

También se identificaron las perspectivas de los entrevistados sobre la implementación de BIM a través de la formación de equipos *in house* y subcontratación de consultores externos de acuerdo a tres categorías generales como los factores relacionados a los involucrados en el proyecto, factores económicos y factores relacionados al personal de trabajo. En los equipos *in house*, respecto a los involucrados, se mencionó que el cliente es un factor importante para impulsar la implementación de BIM según su nivel de conocimiento de la metodología, el apoyo de la gerencia se establece con mayor frecuencia en las capacitaciones y asesorías para poder mejorar la comprensión del concepto de la metodología con el apoyo de innovadoras estrategias de trabajo colaborativo, con lo cual se promueve y mejora la colaboración entre los equipos y las partes involucradas del proyecto.

En los factores económicos, los entrevistados resaltaron la rentabilidad que se puede generar a largo plazo al formar un equipo BIM *in house* ante a un aumento de la demanda de subcontratistas en proyectos como las edificaciones multifamiliares y poder aplicar usos BIM como la compatibilización de especialidades para generar beneficios económicos en el proyecto. Sin embargo, esto también significa afrontar riesgos económicos en el corto plazo por parte de la gerencia que en algunos casos estos gastos no se presupuestan.

Por último, respecto al personal de trabajo, se destacó a los líderes BIM y BIM managers con las funciones de implementar BIM y guiar a los equipos de las empresas en todos sus procesos, en los cuales se realizan convocatorias para contratar a través de entrevistas al personal requerido con niveles de especialización y capacidad sobresalientes para la formación del equipo BIM *in house* en empresas y proyectos o buscar profesionales con algún conocimiento de BIM con poca experiencia a través de cartas de recomendación y establecer un proceso de curva aprendizaje en constante crecimiento en el cual los miembros del equipo fortalezcan sus conocimientos y capacidades través del tiempo. Sin embargo, los entrevistados consideran que en el mercado laboral actual aún no existe la cantidad suficiente de profesionales calificados en

la metodología debido a las deficiencias existentes en la adopción de BIM y la presencia de métodos tradicionales de trabajo en el sector de la construcción. Los factores recopilados respecto a la formación de equipos *in house* se presentan en el siguiente gráfico.



Figura 36: Principales factores de equipo *in house*. Fuente propia.

Por otro lado, en la subcontratación de consultores externos con respecto a los involucrados en el proyecto, se menciona que el Estado como cliente desempeña un rol importante en la decisión de subcontratar servicios BIM debido a que regula la normativa de la implementación de BIM en la ejecución de proyectos públicos, la subcontratación del modelado o compatibilización en mayor medida aumentan la colaboración y mejoran la calidad de la información a partir de las asesorías realizadas por las empresas subcontratadas a los involucrados en el proyecto. En los factores económicos, la subcontratación permite evitar costos en la formación de un equipo BIM *in house* que implica menores gastos en los honorarios de la empresa subcontratada, y ahorro en la compra de hardware y software a cargo de aquella empresa. Además, se generan beneficios en el proyecto en la reducción de costos en el presupuesto, eficiencia en la planificación y mayor calidad de información a partir de aplicación de los usos BIM como la estimación de cantidades y costos, control de avance, extracción de metrados y programación 4D. En relación al personal

de trabajo, las empresas subcontratadas se limitan a participar en los procesos de licitación con entidades públicas y privadas que buscan un mayor nivel de especialización en BIM para apoyar en la especialidad específica. Los procesos de licitación forman parte de los contratos con el Estado y algunas empresas privadas que se alinean a las normas tradicionales en los procesos de trabajo. Los factores recopilados de la subcontratación se presentan en el siguiente gráfico.

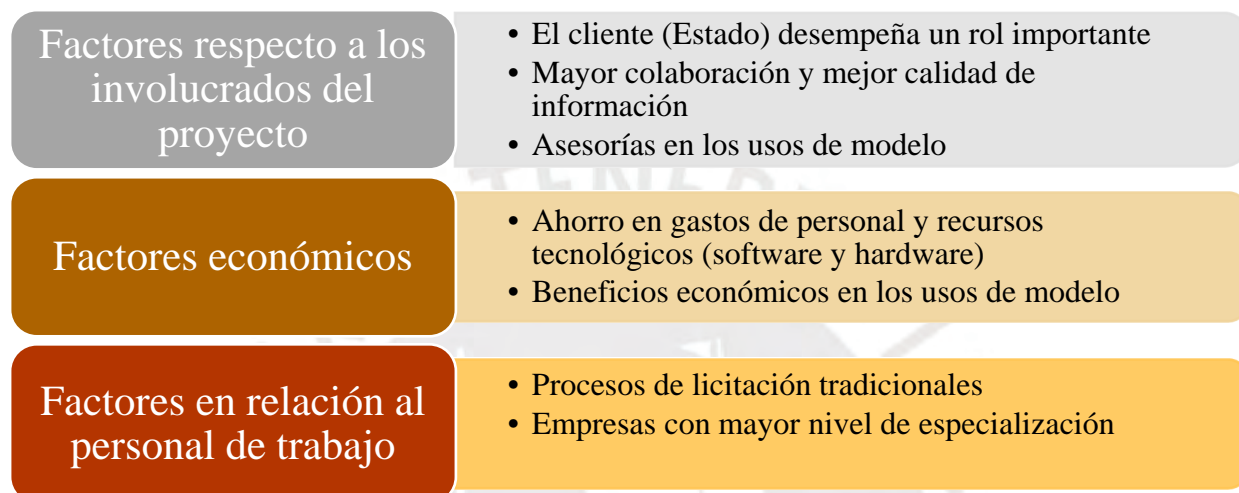


Figura 37: Principales factores de subcontratación. Fuente propia

A continuación, se presentarán las principales razones y las tendencias actuales para la implementación de BIM a través formación de equipos *in house*. Estas fueron identificadas durante el análisis cualitativo mediante las entrevistas de acuerdo a la frecuencia en las que fueron mencionadas:

- **Inversión a largo plazo:** la formación de equipos BIM *in house* puede ser una forma de rentabilidad a futuro para las organizaciones en plazos de tiempo de varios años a partir de la experiencia adquirida en la ejecución de diversos proyectos. Al principio de formar equipos *in house*, pueden existir distintas dificultades como la desconfianza en la capacidad de los colaboradores o riesgos económicos en generar mayores gastos al presupuesto, pero que a medida que el equipo obtiene mayor experiencia y se estandarizan los procesos de trabajo en la implementación de BIM, la empresa establece

mayor confiabilidad al cliente en una mejor calidad de la entrega de los proyectos con lo cual se generan mayores ganancias que ayudan a crecerla.

- **Mejor colaboración con el equipo:** a partir de la formación de equipos BIM *in house*, se establece un vínculo directo con los miembros para coordinar, dialogar, colaborar y resolver inconvenientes en el proyecto de forma más eficiente y se establece un mejor aprendizaje interno con capacitaciones y experiencias en la comprensión de la metodología y el manejo de tecnología BIM.
- **Estandarización:** la formación de equipos BIM *in house* proporciona un proceso progresivo de aprendizaje de la gestión de la información para manejar proyectos grandes o complejos que mejora en el tiempo. Esto se implementa a partir de la aplicación de las normas internacionales que establecen procesos de trabajo específicos al equipo en el cual se tienen que manejar lenguajes y nomenclaturas propias para poder agilizar la transmisión de la información del proyecto desde una fase de planificación a la etapa de construcción dentro de una organización con lo cual se evitan demoras innecesarias en las entregas y se logran cumplir con los plazos establecidos.
- **Mayor control del proyecto:** la formación de equipos BIM *in house* puede aumentar el control del proyecto con el fin de mejorar los procesos de trabajo en la gestión de la información y la toma de las decisiones por parte de la gerencia para enfocarse en cumplir con los objetivos principales del proyecto en un mayor contacto con el cliente. Esto facilita la revisión y corrección de modelos realizados por el equipo interno mediante softwares o plataformas colaborativas como el entorno común de datos.

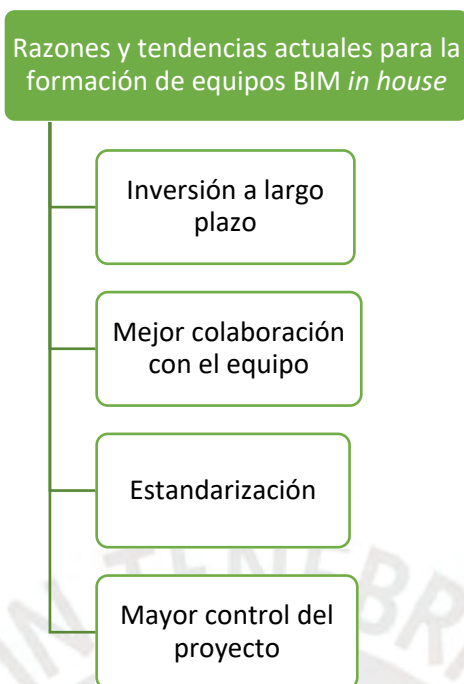


Figura 38: Razones y tendencias actuales para la formación de equipos BIM in house. Fuente Propia.

De las entrevistas también se infirieron las razones por las que se optaba la implementación BIM mediante subcontratación de los servicios.

- **Ahorro de costos:** la subcontratación de BIM puede ser rentable para las organizaciones, especialmente si no están equipadas para manejar proyectos BIM de manera *in-house*. La subcontratación ayuda a reducir los costos de contratar y capacitar a nuevos empleados, invertir en software y hardware BIM y establecer un equipo BIM.
- **Acceso a experiencia:** La subcontratación de servicios BIM proporciona acceso a un equipo de profesionales experimentados que tienen conocimientos especializados y experiencia en software y tecnología BIM. Estos expertos generan un trabajo de alta calidad, mejoran la eficiencia del proyecto y reducen la cantidad de errores que pueda haber.
- **Escalabilidad:** la subcontratación de BIM proporciona la flexibilidad y la escalabilidad necesarias para manejar proyectos grandes o complejos. Las organizaciones pueden aumentar o reducir sus recursos BIM según sea la necesidad, sin tener que preocuparse

por contratar o despedir empleados, incurrir en el gasto de softwares más especializados o hardware que sea utilizado pocas veces.

- **Enfoque en la innovación:** la subcontratación de BIM puede mejorar la eficiencia del proyecto al aprovechar las últimas herramientas y tecnología BIM. Los proveedores de servicios BIM suelen estar actualizados con el último software, hardware y flujos de trabajo BIM. Esto ayuda a las empresas, que subcontratan los servicios BIM, a mantenerse actualizadas con las últimas tendencias en el mercado y a innovar en los proyectos que se encuentran desarrollando.
- **Mejora en la toma de decisiones:** la subcontratación de servicios BIM permite a las organizaciones centrarse en la utilización de la información y la data generada por los modelos BIM. De esta manera, pueden enfocarse en emplear al máximo los recursos BIM y por ende tomar decisiones acertadas que afecten positivamente el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, se genera una optimización de los recursos: materiales, mano de obra, y cronograma, aprovechando la información digital obtenida.

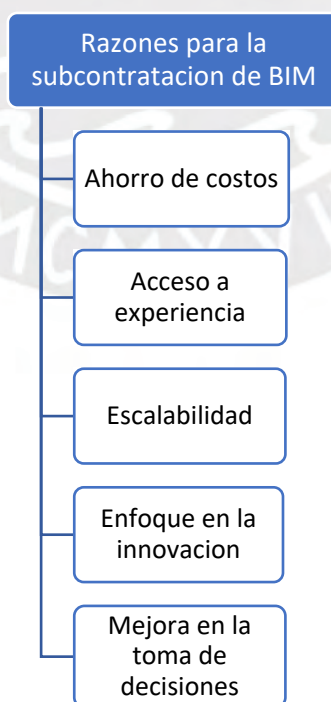


Figura 39: Razones para la subcontratación de BIM. Fuente propia.

6.3. Recomendaciones

De las entrevistas se obtuvieron retroalimentaciones positivas y recomendaciones para enfocar las preguntas de investigación en un estudio más profundo acerca de la realidad del trabajo en los proyectos de construcción. Estas hacen referencia a la implementación BIM según sea la estrategia aplicada y tomando en cuenta los diferentes tamaños de empresa, la experiencia en la metodología y el cliente (El Estado o Privado).

- Capacitaciones en el concepto sobre BIM a los involucrados del proyecto: Los entrevistados mencionaron que debe ser obligatorio realizar capacitaciones acerca de la metodología BIM ya que muchos profesionales manejan el aspecto del modelado en Revit; sin embargo, pocos conocen en qué consiste la metodología y no llegan a desarrollar un Plan de Ejecución BIM adecuado en los proyectos lo que genera demoras y gastos innecesarios. También existen casos en el que los profesionales conocen el modelado, pero no la metodología y viceversa, lo cual genera problemas en la implementación de BIM.
- Estandarización y mejora de normativa BIM: Los entrevistados expresan que es necesario una mejora de las normativas que uniformicen los procesos para evitar demoras en la revisión de los modelos. Las diferentes especialidades están subordinados a criterios específicos modificados por las empresas subcontratistas que manejan diferentes niveles de madurez BIM.
- Falta de diseñadores con conocimiento de modelado: Las empresas requieren de profesionales que diseñen directamente con Revit, puesto que aún existe la limitación de que los diseñadores solo hacen planos en 2D, los cuales luego son llevados a 3D por un modelador, que si maneja el software. Si una sola persona ejerciese ambas funciones, se requerían de un solo sueldo y significaría ahorro en costo y tiempo para la empresa.

Estas recomendaciones amplían el contexto sobre las dos estrategias de implementación BIM en la industria peruana. Asimismo procuran una mejora continua, ya que actualmente se siguen presentando falencias al momento de trabajar con la Metodología BIM.

6.4. Limitaciones de la Investigación

Primero, la metodología BIM se encuentra en proceso progresivo de adopción en el Perú. Sin embargo, si fue asequible encontrar profesionales, con las características necesarias, dispuestos a colaborar con la investigación puesto que la mayoría de las entrevistas se realizaron de manera virtual y se contaron con los antecedentes necesarios para respaldarla. Cabe resaltar que la mayoría de estos profesionales laboran en el ámbito privado. Por lo cual se estima que una vez instaurado el Plan BIM Perú en las entidades estatales, se podrá contar con una mayor muestra de personal en el ámbito público.

El análisis cualitativo resultó beneficioso para esta investigación realizada. La entrevista semi estructurada como técnica de investigación, derivó en que los entrevistados pudiesen transmitirnos vastamente sus experiencias. Esto debido a que las preguntas hechas fueron de carácter abierto, permitiendo que los profesionales no se ciñan a una respuesta monótona, sino a comentar de manera expandida.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES

En primer lugar, se destaca a la técnica de investigación aplicada como la razón de que el diseño de la entrevista fue eficiente, pues permitió a los entrevistados expresar con mejor detalle sus ideas y experiencias mediante diálogos abiertos que brindaban respuestas con argumentos sólidos a las preguntas de investigación. Por lo tanto, se pudo lograr recopilar la información suficiente necesaria para realizar el análisis cualitativo y cumplir con los objetivos propuestos.

En segundo lugar, la implementación de Building Information Modeling (BIM) se ha vuelto cada vez más popular en los últimos años en el país. Muchos profesionales y empresas reconocen los beneficios que aquella puede aportar a sus proyectos. Mediante el uso de BIM, las partes interesadas del proyecto pueden colaborar de manera más efectiva, optimizar los flujos de trabajo y reducir el riesgo de errores y reelaboraciones. Por lo tanto, fomentar las estrategias de implementación es crucial para que siga la adopción de BIM en el país. No solamente la producción de información digital sino también el aprovechamiento como metodología y explotar al máximo las bondades que ofrece.

Por otro lado, se ha examinado los beneficios de implementar BIM *in house*, incluida una mejor comunicación, una mejor visualización y una mejor coordinación entre las partes interesadas del proyecto. Además, se examinó los desafíos que pueden surgir durante el proceso de implementación, como la necesidad de capacitación especializada y los costos asociados con la adquisición de software y hardware BIM. A pesar de estos desafíos, las ventajas de adoptar BIM internamente son significativas, por lo que es una inversión que vale la pena para las empresas que buscan mejorar los resultados de sus proyectos a largo plazo. Al implementar BIM y aprovechar sus poderosas capacidades, las organizaciones pueden mejorar su eficiencia, precisión y calidad, mientras se aseguran de seguir siendo competitivas en un entorno de construcción cada vez más complejo y exigente.

Cuando la empresa se encuentre imposibilitada de implementar BIM internamente, la subcontratación de servicios BIM a consultores externos puede ser una solución viable debido a que se le garantiza la experiencia y los recursos necesarios para implementar BIM con éxito en sus proyectos. En ese sentido, se investigó el concepto de subcontratación de servicios BIM, examinando las ventajas y desventajas de este enfoque.

Se ha analizado los factores clave que las organizaciones deben tener en cuenta al decidir subcontratar BIM, incluido el costo, la calidad y la disponibilidad de los recursos, así como los posibles riesgos y desafíos asociados con la subcontratación. Asimismo, se ha demostrado que la subcontratación de servicios BIM puede ser una forma efectiva de superar los desafíos (barreras) de implementar BIM, especialmente para las pequeñas y medianas empresas. Al asociarse con proveedores BIM experimentados, las organizaciones pueden reducir los costos y los riesgos al tiempo que acceden a conocimientos y tecnologías especializados que pueden no estar disponibles internamente. Sin embargo, también se ha identificado algunos inconvenientes potenciales de la subcontratación de BIM como la necesidad de gestionar adecuadamente a los consultores BIM, puesto que se generaban atrasos en los tiempos de entrega debido a los diferentes estándares empleados por ellos. Por lo tanto, es importante que las organizaciones evalúen cuidadosamente sus opciones de subcontratación y seleccionen proveedores confiables y de buena reputación que puedan brindar servicios BIM de alta calidad.

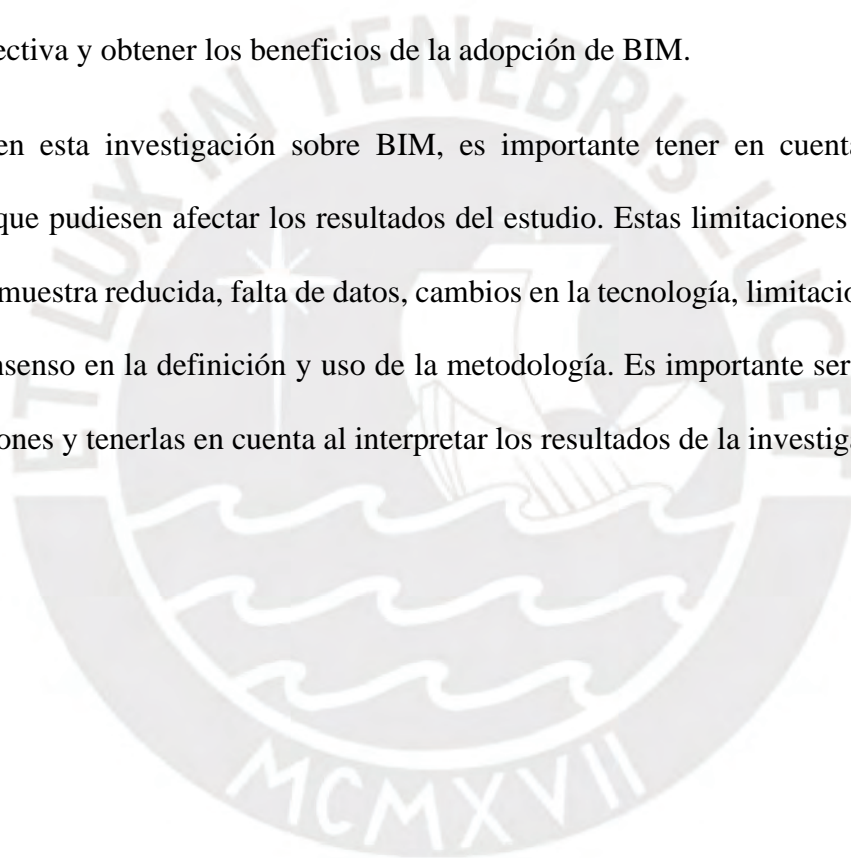
Como se mencionó antes, BIM es una opción viable para las organizaciones que buscan innovar en sus proyectos. Al evaluar cuidadosamente sus opciones y seleccionar el proveedor adecuado, las organizaciones pueden aprovechar la tecnología BIM para mejorar la eficiencia del proyecto, reducir costos y mejorar los resultados generales del proyecto.

En última instancia, la decisión de formar un equipo *in house* o subcontratar BIM dependerá de una variedad de factores, incluidos el tamaño y el alcance del proyecto, el presupuesto y los

recursos de la empresa, y su estrategia y objetivos generales. Las empresas deben considerar cuidadosamente los pros y los contras de cada enfoque antes de tomar una decisión.

Como se sabe la adopción de BIM puede estar impulsada por factores como los mandatos gubernamentales, los requisitos de los clientes y la demanda del mercado. Por lo tanto, sería encomendable, que se profundice la investigación de las tasas de adopción, las barreras, los estudios de casos y el Retorno de Inversión de la adopción de BIM. Así se podrá ayudar a las empresas a tener un panorama más amplio de cómo implementar los flujos de trabajo de BIM de manera efectiva y obtener los beneficios de la adopción de BIM.

Finalmente, en esta investigación sobre BIM, es importante tener en cuenta las posibles limitaciones que pudiesen afectar los resultados del estudio. Estas limitaciones podrían ser el tamaño de la muestra reducida, falta de datos, cambios en la tecnología, limitaciones culturales y falta de consenso en la definición y uso de la metodología. Es importante ser consciente de estas limitaciones y tenerlas en cuenta al interpretar los resultados de la investigación.



CAPITULO 8: BIBLIOGRAFÍA

Arayici, Y., Coates, S., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., O'Reilly, K. (2011). BIM adoption and implementation for architectural practices. *Structural Survey*. Volumen 29. Número 1, pp. 7-25.

<https://doi.org/10.1108/02630801111118377>

Baba, H.D., 2010. *Building information modeling in local construction industry*. [Tesis de maestría, University Technology Malaysia, Malaysia]. <http://eprints.utm.my/15311/>

Bilal Succar, Mohamad Kassem (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures, *Automation in Construction*. Volumen 57, pp. 64-79

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>

Bilal Succar (2009). Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*. Volumen 18, número 33, pp. 357-375.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Bouchlaghem, D. (2012). Planning and Implementation of Effective Collaboration in Construction Projects. *Collaborative Working in Construction*.

<https://doi.org/10.4324/9780203840511>

Carballo, R. F. (2001). La entrevista en la investigación cualitativa. *Pensamiento actual*, 2(3).

Carmona, J. & Irwin, K. (2007). BIM: who, what, how and why. *Building Operating Management*. Recuperado de <https://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-who-what-how-and-why--7546>

Castillo, A. & Quevedo, S. (2020). *Análisis de la Brecha Digital en el Uso De BIM En Equipos De Construcción* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].<http://hdl.handle.net/20.500.12404/20067>

Chen Z., Agapiou A., Li H. (2020) A Benefits Prioritization Analysis on Adopting BIM Systems Against Major Challenges in Megaproject Delivery. *Frontiers in Built Environment*. Volumen 6. pp. 6-26.

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00026>

Coffey, A., & Atkinson, P. (2003). *Encontrar el sentido a los datos cualitativos: Estrategias complementarias de investigación*. Londres, Inglaterra: Sage Publications Inc.

Computer Integrated Construction (CIC). (2010). *BIM Project Execution Plan Penn State*. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

Darius Migilinskas, Vladimir Popov, Virgaudas Juocevicius, Leonas Ustinovichius, *The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation*, *Procedia Engineering*, Volume 57, pp. 767-774.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>

Davies, K., McMeel, D., Wilkinson, S. (2015). Soft Skills Requirements in a BIM project team. In Proceedings of the 32nd International Conference of CIB W78, Eindhoven, *The Netherlands*, 27–29; pp. 108–117.

<https://itc.scix.net/pdfs/w78-2015-paper-011.pdf>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*.

http://bim.pu.go.id/assets/files/BIM_Handbook_A_Guide_to_Building_Information_Modeling_for_Owners_Managers_Designers_Engineers_and_Contractors_Second_Edition.pdf

Eastman, C., Sacks, R., Lee, G., Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Fountain, J., & Langar, S. (2018). Outsourcing of Building Information Modeling (BIM) Among General Contractors. *Automation in Construction*, Volume 95, pp. 107-117.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.06.009>

Grilo, A., & Jardim-Goncalves, R. (2010). Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, Volumen 19, número 5, pp. 522–530.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.003>

Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones. (2017, 1 de abril). *BIM Forum Chile*, 27

<https://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%c3%ada-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%c3%b3n-imprenta.pdf>

Hamma-adama, Mansur & Kouider, Tahar. (2019). *Comparative Analysis of BIM Adoption Efforts by Developed Countries as Precedent for New Adopter Countries*. Current Journal of Applied Science and Technology. 36. Pp. 1-25.

<https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v36i230224>

Hinze, J. (2001) *Construction Contracts*. (3ra Edición) Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill

Idris Othman, Yasser Yahya Al-Ashmori, Yani Rahmawati, Y.H. Mugahed Amran, Mohammed Ali Mohammed Al-Bared (2021), The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 12, número 1, pp. 455-463.

<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.007>

Kim, Yije, Chin, Sangyoon, Choo, Seungyeon., BIM data requirements for 2D deliverables in construction documentation, *Automation in Construction*, Volumen 140

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104340>

Kunz, J., & Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. *CIFE Working Paper 097*.

<http://purl.stanford.edu/gg301vb3551>

Kushwaha, V. (2016). Contribution of Building Information Modeling (BIM) to solve problems in Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry and Addressing Barriers to Implementation of BIM. *International Research Journal of Engineering and Technology*, Volumen 3, número 1, pp. 100-105.

<https://www.irjet.net/archives/V3/i1/IRJET-V3I117.pdf>

Kreider, Ralph G., & Messner, John I. (2013). *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9*. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

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

Latiffi, A. A., Mohd, S., Rakiman, U. S. (2016). Potential Improvement of Building Information Modeling (BIM) Implementation in Malaysian Construction Projects. *Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things*, Volumen 467.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9_14

McGraw-Hill (2012) *The Business Value of BIM in North America Multi Year Trend Analysis and User Ratings*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill

Ministerio de Economía y Finanzas. (19 de junio de 2021). *MEF publica el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú*

<https://www.gob.pe/institucion/mef/noticias/501264-mef-publica-el-plan-de-implementacion-y-hoja-de-ruta-del-plan-bim-peru>

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2021). Guía Nacional BIM. *Gestión de la Información para Inversiones Desarrolladas con BIM.*

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

Murguía, D., Vásquez, C., Culqui, D., Ley, J., Supanta, O., Yañez, S. (2023). *Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima, Departamento de Ingeniería*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/195846>

Murguía, D., Demian, P., Soetanto, R. (2021). Systemic BIM adoption: A multilevel perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*. Volumen 147, número 4.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002017](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002017)

Murguía, D., Vasquez, C., Demian, P., & Soetanto, R. (2023). BIM Adoption among Contractors: A Longitudinal Study in Peru. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volumen 149, número 1.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002424](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002424)

Nikmehr, B., Hosseini, M. R., Martek, I., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2021). Digitalization as a Strategic Means of Achieving Sustainable Efficiencies in Construction Management: A Critical Review. *Sustainability*, 13(9), 5040.

<https://doi.org/10.3390/su13095040>

Oussouboure, G., & Victore, R. D. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista Arquitectura e Ingeniería*. Volumen 11, número 4, pp.1-11.

<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955500004.pdf>

Ozorhon & Karhan. (2016). Critical Success Factors for Building Information Modelling Implementation. *Journal of Management in Engineering*. Volumen 33, número 3.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505)

Rodríguez J., González O., González C. (2020). Implantación de BIM en organizaciones. *CIMBRA*. pp. 22

<https://www.yumpu.com/es/document/read/63694751/cimbra-417-especial-digital>

Salinas, J. M., & Ulloa, K. (2015). Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicada, Lima].

<http://hdl.handle.net/10757/528110>

Sacks, R., C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modelling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*.

Hoboken, Nueva Jersey: Wiley.

Soto, S. (2014). *Guidelines for Construction Companies to Decide Between Outsourcing and Self-Performing for Prefabricated Components* [Tesis de maestría, Purdue University, West Lafayette]. Purdue University Libraries.

https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1286&context=open_access_theses

Testa, R. F. (2019). *Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. Escuela de Ingenierías Industriales.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37245/TFM-I-1179.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas (2022) *Plan de capacitación en usos BIM para una micro y pequeña empresa del sector construcción (subcontratistas)*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/659704/Vargas_EJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vergara G. (2017) *Desarrollo de Plan Estratégico de Implementación BIM Para Empresa Constructora en Chile* [Tesis pregrado, Universidad del Bio-Bio]. Repositorio Digital - Sistema de Bibliotecas Universidad del Bio-Bio.

http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3115/1/Vergara_Riva_Leonardo_Gianfranco.pdf

Wu Jin, Xu Lin, Dong Pan. (2021). The analysis of barriers to BIM implementation for industrialized building construction: a China study. *Journal of Civil Engineering and Management*, Volumen 27, número 1, pp. 1-13

<https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14105>

Zaia, Y. Y., Adam, S. M., Abdulrahman, F. H. (2023). Investigating BIM level in Iraqi construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*, Volumen 14, número 3.

<https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>



CAPITULO 9: ANEXOS

ANEXO A

ENTREVISTADO 1

PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cuánto tiempo de experiencia tiene en la Industria de la Construcción?

Cuatro años de experiencia.

2. ¿Cuál es el cargo que ocupa actualmente y sus funciones?

Coordinador BIM con funciones de coordinar con los especialistas para ver temas de incompatibilidades, usos de modelos con otros especialistas BIM, coordinar el tema de la sectorización, planificación 4D, extracción de planos y metrados, coordinar aspectos de la falta de información en la etapa de diseño, se generan sesiones ICE (*Integrated Concurrent Engineering*) en las cuales se coordina con los proyectistas de todas las especialidades, área técnica, área de calidad y gerencia de obra.

3. ¿Qué entiende por metodología BIM y cuánta experiencia tiene usándola?

BIM es el uso de las tecnologías de la información para la construcción y en general a todo lo que se pueda agregar un valor añadido en la industria, la cual se encuentra un poco atrasada o no está muy apegada a la tecnología. Cuatro años de experiencia en el que siempre se ha tenido mucho interés y gusto por aprender sobre el tema.

4. ¿Cuál es la principal función para la que usa BIM?

La compatibilización de especialidades para contar la información en campo en la etapa constructiva del proyecto.

5. ¿Cómo se implementó el BIM en su empresa? ¿Por subcontratación o formación de equipo *in-house*?

Se implementó equipo BIM *in house* en la empresa y subcontratación en otras empresas en las que se trabajó anteriormente.

6. ¿Quién decidió el uso de BIM en el proyecto?

La gerencia general se encargó de aprobar la implementación BIM.

Preguntas referentes a equipo *in house* (equipo BIM de casa):

7. ¿Cuáles fueron las razones para implementar un equipo BIM *in house*? (Contexto)

Las razones fueron un mayor control del equipo y la solicitud de la información requerida. Por ejemplo, si se requiere cualquier uso de modelo, lo solicitas al equipo y se puede coordinar de una mejor manera en proyectos de edificaciones multifamiliares.

Preguntas relacionadas a las variables a equipo *in house*:

a.1 ¿Para la contratación de especialistas BIM se requirió de un servicio de reclutamiento?

Sí, en la empresa lo manejan en dos etapas. La primera etapa está a cargo del área del capital humano que entrevistan a los postulantes con preguntas personales específicas desde un aspecto psicológico y en la segunda etapa se realizan entrevistas desde un aspecto técnico que están a cargo del jefe de Gestión de Ingeniería, el cual se encarga realizar la entrevista técnica a partir de preguntas sobre el cargo y la experiencia de los postulantes.

a.2 ¿En el mercado laboral existen suficientes profesionales calificados en la metodología BIM?

No, el personal de trabajo en algunas situaciones no maneja muy bien o no tiene claro el concepto de la metodología BIM debido a que se centran más en el tema del modelado. Existen muchos profesionales que manejan el modelado, pero pocos manejan la metodología de forma satisfactoria.

b.1 ¿La gerencia fomenta la capacitación BIM?

Los jefes de área son los encargados de fomentar las capacitaciones de BIM, los cuales se dividen en jefes del área de Bienestar y subjefes de Gestión de Ingeniería que ven los temas de gestión del personal y capacitaciones. Por ejemplo, los analistas y coordinadores BIM realizaron capacitaciones respecto al uso de familias de modelado.

b.2 ¿Qué riesgos asumió la gerencia al implementar BIM en la empresa?

Riesgos respecto al tema de costos y los beneficios para el cliente en la compatibilización de las disciplinas y en el soporte a los otros usos de modelos aceptados.

c.1 ¿Qué funciones desempeña el líder BIM o persona encargada de BIM en la empresa?

La persona encargada de BIM en la empresa es el Subjefe de Gestión de Ingeniería que se encarga de coordinar el tema de BIM en todos los proyectos mediante el cumplimiento de los estándares internos de la empresa y la producción del avance de trabajo respecto al cumplimiento de los objetivos.

c.2 ¿Quiénes conforman el equipo BIM *in house*?

Se manejan los cargos de analista BIM que es similar al rol de modelador, pero con funciones más específicas, el coordinador BIM que está a cargo de temas de gestión con el equipo y el Subjefe de Gestión de Ingeniería que reemplaza en cierta forma al líder BIM.

d.1 ¿Cómo fue la curva de aprendizaje de la implementación BIM del equipo *in house* en la empresa?

Los usos de modelos aplicados en el proyecto formaban parte de mi experiencia y no se presentaron dificultades en las tareas que se asignaban. Sin embargo, respecto al tema de coordinación, sí existió un grado de evolución en la curva aprendizaje debido a que al inicio se complicaba un poco la coordinación con todos los proyectistas y a medida que aumentaba mi experiencia con ocho proyectos realizados aprendí a manejarlo, con lo cual ya me desempeño como coordinador BIM. Inicialmente como analista BIM solo realizaba el modelado y algunos reportes para las sesiones ICE, pero, actualmente, como coordinador brindo soporte a los analistas y coordino con todos los proyectistas, el jefe de área y con el cliente para que se cumplan sus objetivos.

d.2 ¿Cuánto tiempo estima que duró el periodo de la curva de aprendizaje?

Un año aproximadamente.

e.1 ¿En qué medida tener el equipo *in house* promueve o reduce el trabajo colaborativo del proyecto?

Anteriormente se manejaba OneDrive y PlanGrid como entornos comunes de datos básicos en los cuales se presentaban complicaciones con la documentación y los modelos, por lo cual, en los últimos meses, se actualizó a un nuevo entorno de trabajo colaborativo como el *Autodesk Construction Cloud*. A partir de esto, se notó una mejora en el trabajo colaborativo ya que el equipo de producción podía ver los modelos y tener la documentación del proyecto en tiempo real. Además, se pudo editar y publicar la información necesaria en la plataforma ya que en la etapa de construcción se vuelve necesario la corrección de cantidades de metrados de los elementos estructurales y la elaboración de reportes de incidencias del mismo para que el equipo de producción subsane las observaciones correspondientes.

e.2 ¿Qué formas de trabajo colaborativo se emplean en el desarrollo de los proyectos?

Se realizaron capacitaciones en la metodología VDC (*Virtual Design Construction*) que derivaron en sesiones ICE y se usó la plataforma de Autodesk Construction Cloud para la revisión y corrección de modelos interdisciplinarios.

f. ¿Cómo influyó la demanda del cliente para implementar BIM en la empresa?

El cliente solicitó los resultados de la implementación para gestionar los avances concretos del proyecto. Antes se tenían expedientes muy malos debido a que en obra se encontraba con mucha falta de información o incompatibilidades. Entonces se le explicó al cliente sobre cómo se podía mejorar sobre esos temas y en acuerdo con la gerencia general se tomó la decisión de implementar BIM, con lo cual se lograron mejores resultados en los proyectos con un expediente más completo. La empresa comenta los objetivos de la implementación al cliente, el cual, en la etapa de entrega del proyecto, queda muy satisfecho con los resultados obtenidos y se propone a seguir trabajando en más proyectos con la empresa.

Preguntas para empresas que subcontratan BIM:

7. ¿Cuáles fueron las razones por las que eligió la subcontratación? (Contexto).

La subcontratación se realiza más en relación con el Estado peruano como cliente. Por ejemplo, en proyectos de la construcción de colegios en Piura, las empresas se dieron cuenta que no contaban con un equipo BIM *in house*, por lo cual tuvieron que subcontratar ya que no se daban abasto y no tenían la experiencia necesaria para lograr los objetivos del cliente. En el Estado se manejan objetivos del cliente como la entrega de planos y metrados a partir del modelo, y la compatibilización de especialidades para brindar soporte en obra, los cuales se cumplen de manera satisfactoria a partir de la subcontratación de un equipo externo con más experiencia en BIM.

8. ¿El proyecto que usted eligió fue complejo? ¿Esto incentivó a que se subcontrate a una empresa BIM?

No es por la complejidad del proyecto, sino que últimamente ya se está estandarizando el uso de BIM en el Estado. Se está haciendo obligatorio este uso por más pequeño que sea el proyecto y no se define como un incentivo, sino que es una necesidad para los proyectos.

Preguntas relacionadas a las variables de subcontratación:

a. ¿Cómo fue el proceso de selección por el cual se designó a qué empresa subcontratar?

El proceso fue tal cual como se realizaría para elegir una empresa contratista general de un proyecto. Primero, se solicita la información de la experiencia a varias empresas y pasan por un proceso de entrevistas con el personal encargado de ver el tema de contratación. Después, se van seleccionando y descartando a que entidades pasan a la siguiente etapa de la selección. Finalmente, se escoge a la empresa ganadora del proceso de acuerdo a la información presentada y a los objetivos requeridos por el cliente.

b. ¿El cliente influyó en la decisión de proceder a subcontratar servicios BIM?

No, porque al final quién decide la subcontratación de servicios BIM es la empresa contratista general. Esta decide la implementación de BIM aparte de la construcción, por lo que depende de esa entidad si decide contratarla, pero lo normal es que se decida por la subcontratación debido a que no contaba con la suficiente experiencia sobre BIM.

c.1 ¿La subcontratación a qué nivel de usos BIM les permitió llegar en algún proyecto?

Lo que más se maneja en el equipo subcontratado y se demanda por parte el cliente es la compatibilización y la visualización de interferencias, en el que se muestra todas las interferencias que se han encontrado y que estén resueltas para la etapa de construcción, la extracción de metrados del modelo, sectorización, la extracción de planos y el soporte en obra.

c.2 ¿Qué tipo de beneficios se reflejaron con la aplicación de estos usos?

Reducción de los costos a partir de métodos más confiables como la extracción de metrados del modelo. No se presentaron beneficios respecto a los tiempos de entrega del proyecto ya que aún no se maneja buenos estándares respecto a la implementación BIM en relación al nivel de experiencia de la empresa subcontratada; al contrario de lo que se podría pensar, se genera atrasos en los tiempos de entrega.

d.1 ¿Qué tipo de costos se evitó al optar por la subcontratación?

Se evitó los costos de formar un equipo *in house* ya que se requería que las empresas subcontratadas tengan suficiente experiencia trabajando en anteriores proyectos para que pueda funcionar bien y que se logren los objetivos del cliente de acuerdo a los plazos de entrega del cronograma del proyecto.

d.2 ¿Los honorarios de la empresa subcontratada son menores al gasto que hubiese sido formar un equipo BIM *in house*?

Sí, son menores ya que las empresas contratistas cuentan con un área que supervisa el manejo de las licencias de los softwares como Navisworks, Revit y AutoCAD. En cambio, las empresas subcontratadas, las cuales son más pequeñas, no manejan muchas veces licencias formales y se ahorran en esos gastos. Esto beneficia a la empresa contratista y es la razón por la cual se subcontratan a empresas de menor tamaño para ejecutar una parte del proyecto.

e.1 ¿Qué tipo de asesoría hubo por parte de la empresa subcontratada?

Si la contratista general no tiene un equipo BIM, la empresa subcontratada realiza la capacitación al personal de acuerdo a los usos de modelo empleados como la sectorización y extracción de metrados del modelo del proyecto.

e.2. ¿La subcontratación del modelado o servicios de compatibilización, reducen o aumentan los niveles de colaboración en el equipo del proyecto y mejoran la calidad de la información?

Depende del nivel de experiencia y confianza que tenga la empresa subcontratada. Por ejemplo, algunas veces se contratan a empresas que realizan el modelado y la compatibilización aparentemente de forma óptima. Sin embargo, cuando se llega a la etapa de construcción en obra, no se tiene la información completa del modelo, no está compatibilizado o se observa error en los metrados del modelo, lo cual perjudica al proyecto y se reducen los niveles de colaboración. Por otro lado, existen empresas con más experiencia que realizan trabajos más especializados respecto a los usos de los modelos, brindan soporte en obra, ayudan en el aumento de los niveles de colaboración a partir del aporte de sesiones ICE, visitas a obra, presentación de los modelos, lo cual genera mayores niveles confianza con la empresa contratista. Por último, existen muchos casos de empresas que realizan un gran trabajo en su primer proyecto con el propósito de causar buena impresión al cliente y después a medida que consiguen trabajar en un mayor número de proyectos, disminuyen en la calidad de sus entregas.



ANEXO B

ENTREVISTADO 2

PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cuánto tiempo de experiencia tiene en la Industria de la Construcción?

Seis años de experiencia.

2. ¿Cuál es el cargo que ocupa actualmente y sus funciones?

Arquitecto y gerente comercial que realiza la búsqueda de la oportunidad de inversión en proyectos viales y edificaciones que sean rentables e interesantes para la empresa acorde a un nivel de especialización dentro del mercado peruano.

3. ¿Qué entiende por metodología BIM y cuánta experiencia tiene usándola?

La metodología BIM es un proceso de optimización de la construcción en base al uso de softwares, en los cuales se optimiza el tiempo y se reducen los errores o posibles contingencias dentro de un proyecto. Tengo cuatro años de experiencia en el uso de la metodología BIM a partir de la aplicación de Revit, Navisworks y CostX que es un programa enlazado para estimar costos de un modelo BIM. Dentro de mi rubro en arquitectura, he usado Dynamo para proyectos académicos y actualmente, en el ámbito laboral, estoy utilizando toda la metodología BIM para ejecutar proyectos como carreteras, colegios y hospitales.

4. ¿Cuál es la principal función para la que usa BIM?

Para la supervisión de las obras, control de los rendimientos, actualización de los planos para crear modelos *As-Built* y extracción de metrados de modelos BIM para reducir algún percance dentro de ese proceso.

5. ¿Cómo se implementó el BIM en su empresa? ¿Por subcontratación o formación de equipo *in-house*?

Se implementó la subcontratación de equipos de otras empresas que cuentan con una mejor gestión de equipos BIM *in house*.

6. ¿Quién decidió el uso de BIM en el proyecto?

La gerencia comercial se encargó de aprobar la implementación BIM.

Preguntas para empresas que subcontratan BIM:

7. ¿Cuáles fueron las razones por las que eligió la subcontratación? (Contexto)

Aún no hay un control correcto en el Perú respecto a la normativa de BIM y es muy difícil encontrar especialistas para formar un equipo *in house*, por lo que se optó por la subcontratación de empresas de diseño y gestión BIM más especializadas que se basan en normativa europea, chilena y estadounidense con el propósito de que cumplan de forma satisfactoria con los objetivos del cliente que sería el Estado en acuerdo con la empresa contratista general.

8. ¿El proyecto que usted eligió fue complejo? ¿Esto incentivó a que se subcontrate a una empresa BIM?

Sí, debido a que se contaba con un gran conjunto de proyectos de escuelas, hospitales y carreteras en acuerdo con el Estado mediante un contrato tipo NEC que recopila los estándares los estándares más altos de todo el mundo y los utiliza para gestionar los proyectos grandes con presupuestos muy altos, por lo que se termina generando un plan de procura para la gestión de subcontratos.

Preguntas relacionadas a las variables de subcontratación:

a. ¿Cómo fue el proceso de selección por el cual se designó a qué empresa subcontratar?

El proceso de selección fue a manera de presentación a través de cartas de recomendación. Me encargué de buscar las empresas subcontratistas con experiencia en proyectos anteriores y que sean las más activas en el Perú. El proceso era tan complejo que se necesitaba que el gestor BIM tenga un nivel de conocimiento adecuado de BIM para cumplir con los plazos de entrega del proyecto.

b. ¿El cliente influyó en la decisión de proceder a subcontratar servicios BIM?

El Estado, el cual es el cliente, sí influyó de gran manera en nuestro proceso de subcontratación debido a que era el encargado de decidir sobre nuestro diseñador en base al acuerdo colaborativo entre los gobiernos mediante un contrato NEC. Por lo tanto, la empresa contratista se encargaba de gestionar a las empresas subcontratistas de los proyectos.

c.1 ¿La subcontratación a qué nivel de usos BIM les permitió llegar en algún proyecto?

El BIM únicamente se usó para la etapa de diseño del proyecto y la gestión del mismo a partir de la incorporación de softwares de modelamiento y softwares de control para gestionar la construcción con la programación 4D y 5D de los modelos que incluyen el tiempo y el costo respectivamente y creación de modelos As-Built de los proyectos a un nivel de detalle LOD 500 (*Level Of Detail*).

c.2 ¿Qué tipo de beneficios se reflejaron con la aplicación de estos usos?

El proyecto se vio beneficiado en la reducción de costos, mayor calidad de información de los entregables de los modelos y eficiencia en la planificación desde la etapa de diseño. Sin embargo, la subcontratación puntual disminuyó la calidad del tiempo debido a que al realizar una asesoría completa del proyecto y contar con una gran cantidad de empresas subcontratistas, existieron complicaciones en los entregables ya que pasaron por un mayor número de revisiones por parte de los gestores BIM de estas empresas que se alinearon a sus propios estándares y generaron demoras en las entregas del proyecto, el cual fue penalizado por el cliente.

d.1 ¿Qué tipo de costos se evitó al optar por la subcontratación?

Al subcontratar, se evitó los gastos de la formación de un equipo *in house* que puede ser un tipo de riesgo para una empresa si es que no se cuenta con un nivel adecuado de especialización en busca de la eficiencia, los costos de las licencias de los softwares y entornos de almacenamiento en la nube que están dentro del manejo de BIM para poder trabajar en proyectos grandes.

d.2 ¿Los honorarios de la empresa subcontratada son menores al gasto que hubiese sido formar un equipo BIM *in house*?

Sí, la subcontratación ayuda a mermer gastos a nivel de planilla. El equipo *in house* no está controlado en base a un costo a suma alzada que es fijo, sino que este equipo termina siendo un gasto variable en el tiempo. Es decir, si tu equipo se demora en la entrega de un proyecto, se generan mayores costos. En cambio, al subcontratar se cuenta con la seguridad de tener un costo fijo en el presupuesto del proyecto.

Los gastos de la subcontratación también van a depender del tamaño de las empresas porque las empresas pequeñas se rigen por adelantos más grandes que no están sujetos a tiempos de espera porque necesitan de los proyectos para que obtengan ganancias.

e.1 ¿Qué tipo de asesoría hubo por parte de la empresa subcontratada?

No hubo una asesoría como tal ya que la empresa subcontratada se rigió bajo sus propios estándares. Sin embargo, se tuvo que cumplir con nuestros entregables a partir de una subcontratación controlada por la empresa, pero sin ningún tipo de enseñanza al equipo BIM, el cual recibía y evaluaba la información para entregarla al cliente.

e.2. ¿La subcontratación del modelado o servicios de compatibilización, reducen o aumentan los niveles de colaboración en el equipo del proyecto y mejoran la calidad de la información?

Se recibe poca cantidad de la información del avance de una especialidad del proyecto por parte de la empresa subcontratada y no es un aprendizaje continuo ya que solo es una entrega de información de acuerdo a los requerimientos de la empresa contratista respecto a los términos de la gestión, compatibilización y estandarización del modelado para generar un PEB (Plan de Ejecución BIM). La revisión de la información se realiza a cada empresa subcontratista, la cual tiene una propia forma de trabajo que no está regulada bajo una normativa, lo cual modifica los entregables, la presentación del modelo en los planos y se generan demoras en los plazos de entrega de los hitos del proyecto, en el cual se reducen los niveles de colaboración, pero se mantiene la calidad de la información.



ANEXO C

ENTREVISTADO 3

PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cuánto tiempo de experiencia tiene en la Industria de la Construcción?

Tengo ocho años de experiencia. Ya desde mis primeros ciclos venía incursionando como practicante, trabajaba, estudiaba y estaba inmerso en lo que era el tema de diseño y modelado BIM.

2. ¿Cuál es el cargo que ocupa actualmente y sus funciones?

Mi cargo actual es el de Gerente de operaciones y BIM manager de la empresa. Mis funciones son velar por el correcto funcionamiento de la parte operativa y la parte BIM de la empresa.

3. ¿Qué entiende por metodología BIM y cuánta experiencia tiene usándola?

La metodología BIM es un proceso de trabajo, en el cual se busca extraer toda la información y centralizar en un solo en un solo modelo de información entonces este modelo ayuda a todas las partes involucradas del proyecto a estar centralizada en un solo punto y de esta manera poder extraer esa información para diferentes usos ya sea metrados, planos de visualización 3D, diferentes usos BIM que se les puede dar. También, ayuda a poder agilizar los procesos de entendimiento del proyecto y un mejor manejo de la gestión de la información. Tengo ocho años de experiencia BIM y desde egresado los cinco años de experiencia que me he dedicado al ámbito BIM.

4. ¿Cuál es la principal función para la que usa BIM?

El uso más frecuente que se utiliza en la empresa es para la gestión de información de extracción de metrados y la documentación. También se utiliza en la detección de colisiones en la etapa de diseño o etapas tempranas del proyecto y que de esta manera poder mitigar los riesgos que se pueda tener en futuras etapas como la construcción.

5. ¿Cómo se implementó el BIM en su empresa? ¿Por subcontratación o formación de equipo *in house*?

Se implementó por formación de equipo *in house*. La empresa inició con el desarrollo de modelado y diseño BIM. En los inicios, según el nivel de madurez que se iba adoptando en la empresa, en una primera etapa de nivel de madurez, se tenían los detalles en CAD y transferían los detalles e información del modelo al Revit, los cuales, a medida que fueron creciendo, se convirtieron en familias típicas. A partir de estas, se generaron detalles constructivos propios y se pudo tener un mejor desarrollo de esos planos. Por lo tanto, se avanzó de forma lenta y progresiva en el nivel de madurez BIM.

6. ¿Quién decidió el uso de BIM en el proyecto?

El área gerencial de la empresa.

Preguntas referentes a equipo in house (equipo BIM *in house*):

7. ¿Cuáles fueron las razones para implementar un equipo BIM *in house*? (Contexto)

En primer lugar, se tenía el conocimiento y la experiencia previa de cómo desarrollar un proyecto en BIM. Después, se realizó la planificación y el desarrollo de los proyectos con la experiencia adquirida y se decidió formar a jóvenes entusiastas con conocimientos de nuevas tecnologías para continuar la adopción de BIM en la empresa.

Preguntas relacionadas a las variables a equipo *in house*:

a.1 ¿Para la contratación de especialistas BIM se requirió de un servicio de reclutamiento?

Sí, el proceso de contratación ha sido progresivo en la empresa. Nosotros tenemos puestos que están más alineados con el Plan BIM como los modeladores, coordinadores supervisores, BIM manager. Entonces, para los puestos de coordinadores se establecen procesos de selección, en base a conocimientos sobre la ISO 19.650 en base a la guía nacional BIM y en base a los criterios del uso del software tanto Revit como Navisworks para la coordinación.

a.2 ¿En el mercado laboral existen suficientes profesionales calificados en la metodología BIM?

No hay suficientes profesionales calificados en la metodología BIM ya que es usual encontrar profesionales que dominan el software, pero no dominan la metodología. Por otro lado, hay personas que dominan la metodología, pero no el software y mucho tiene que ver con el deseo del ascenso laboral. Se tiene que entender que no solo el aspecto gerencial es relevante, sino que también el conocimiento de software en la parte operativa es una parte fundamental en el BIM.

b.1 ¿La gerencia promueve la capacitación y adopción BIM?

Sí, soy el encargado de las capacitaciones BIM que se realizan en la empresa. Se realizaron capacitaciones internas para el equipo y el área de diseño. Esto debido a que muchos diseñadores están acostumbrados a trabajar en CAD o en algunos softwares que no son tan BIM como SketchUp. Por lo tanto, se capacita al personal para que ellos puedan extraer información y no malgasten recursos en otro software que no se va a usar y que solamente están usando para su visualización o para su presentación, sino que todo se pueda extraer a partir de los usos del modelo BIM.

b.2 ¿Qué riesgos asumió la gerencia al implementar BIM en la empresa?

El riesgo fue la inmersión del equipo de trabajo en un sector en el cual no todos estaban acostumbrados debido a la existencia de otros subcontratistas para cada especialidad con menor nivel de preparación respecto al proceso de extraer la información de un modelo integral de un proyecto. Esto generó muchos retrasos y pérdidas económicas para la empresa en las entregas del proyecto porque se dependía de otros equipos que no estaban muy calificados.

c.1 ¿Qué funciones desempeña el líder BIM o persona encargada de BIM en la empresa?

Yo me encargo de revisar el estándar BIM de los proyectos, elaborar el PEB (Plan de Ejecución BIM), control y seguimiento del personal en cuanto a estándar de la calidad del modelado con el apoyo de los supervisores BIM.

c.2 ¿Quiénes conforman el equipo BIM *in house*?

El equipo está formado por modeladores y coordinadores BIM, los cuales se encargan de desarrollar la parte operativa de diseño del proyecto, supervisores BIM y el BIM manager que se encargan de la gestión del flujo de información y la integración de los procesos de trabajo.

d.1 ¿Cómo fue la curva de aprendizaje de la implementación BIM del equipo *in house* en la empresa?

Se presentó una adaptación muy lenta debido a que no todos en el equipo contaban con el conocimiento suficiente respecto a lo qué significaba BIM ya que es un campo de estudio muy amplio. La mayoría en el equipo tenía los conocimientos básicos, pero surgían nuevas actualizaciones de acuerdo a la Guía Nacional BIM con lo cual era necesaria la capacitación y el aprendizaje correspondiente. En ese momento, al no tener un estándar general para los proyectos, cada uno trataba de establecer su propio estándar de modelado ya que no había un punto base que indique las categorías que se tenían que usar para modelar cierto elemento y se elaboraban a partir de un PEB. La extracción y revisión de metrados fueron factores importantes dentro de la curva de aprendizaje ya que se solicitaban sustentos manuales de la extracción de las cantidades del modelo por parte de los supervisores y revisores del proyecto, lo cual se convertía en un desafío a superar por parte del equipo a partir del uso de hojas de cálculo y conocimientos técnicos para desarrollar las fórmulas de las cantidades de cada elemento. Además, otro factor en el desarrollo de la curva de aprendizaje, en la etapa de operación y mantenimiento, fue la colocación de parámetros *Uniclass*, los cuales no se conocían en un inicio y se fueron adoptando a medida que se trabajaba con una mayor cantidad de proyectos.

d.2 ¿Cuánto tiempo estima que duró el período de la curva de aprendizaje?

Costó dos proyectos que aproximadamente duraron seis meses cada uno. Es decir, el período de la curva de aprendizaje duró en total un año.

e.1 ¿En qué medida tener el equipo *in house* promueve o reduce el trabajo colaborativo del proyecto?

Mejora el trabajo colaborativo ya que al tener el equipo *in house*, permite tener un mejor control sobre el proyecto, ayuda a las decisiones, permite establecer una línea de aprendizaje, contar con un equipo de trabajo sólido, conservar el estándar y la metodología de trabajo dentro de la empresa.

e.2 ¿Qué formas de trabajo colaborativo se emplean en el desarrollo de los proyectos?

Las formas de trabajo colaborativas que aplicamos son VDC (*Virtual Design Construction*) a partir de sesiones ICE (*Integrated Concurrent Engineering*), *Lean Construction* y *Scrum* (metodologías ágiles).

f. ¿Cómo influyó la demanda del cliente para implementar BIM en la empresa?

Se explicó al cliente los beneficios de implementar BIM en todas las fases de un proyecto desde la planificación hasta la operación y mantenimiento a partir de todos los servicios que ofrece la empresa a parte del modelado. Esto, dependiendo del grado de comprensión de BIM del cliente, le genera mayor motivación y confianza para decidir por su implementación, favorece al proyecto y el crecimiento de la empresa.