

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**ANÁLISIS DE LA BRECHA DIGITAL EN EL USO DE BIM EN EQUIPOS DE
CONSTRUCCIÓN**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Angela Jennifer Castillo Ruiz

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Sergio Alonso Quevedo Yparraguirre

ASESOR:

Danny Eduardo Murguía Sánchez

Lima, Junio, 2020

RESUMEN

La metodología BIM brinda diversos beneficios en los proyectos de construcción; sin embargo, durante su implementación su uso se limita a un grupo reducido de profesionales que cuenta con conocimientos para emplear sus herramientas tecnológicas y acceder a la información, por lo que se deja de lado a los profesionales que carecen de estos conocimientos y, por ende, no pueden aprovechar las ventajas que entrega la metodología BIM.

La presente investigación tuvo como propósito identificar los principales factores que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en equipos de construcción, con la finalidad de dar recomendaciones para reducir la brecha digital dentro de las empresas constructoras.

Para ello, se diseñó una entrevista enfocada a obtener la percepción de profesionales sobre la brecha digital. Los profesionales entrevistados han participado en proyectos de construcción donde se implementó la metodología BIM y han tenido a su cargo la toma de decisiones en su desarrollo. Así, se entrevistó a 24 profesionales que participaron en este tipo de proyectos en el territorio nacional.

Luego, se procesaron y analizaron los resultados más relevantes obtenidos de las entrevistas para, posteriormente, discutir la información obtenida mediante el contraste con lo recolectado a través de la revisión de literatura, y así conocer la evolución que ha tenido esta problemática. Como resultado, se identificó que la resistencia al cambio y la falta de difusión de la metodología son dos de las principales razones de la existencia de una brecha digital en el uso de BIM.

Finalmente, se formularon recomendaciones para reducir la brecha digital, las cuales se encuentran enfocadas principalmente en tres pilares: la educación, las empresas y el Estado. El trabajo en conjunto y continuo de los involucrados en estos factores puede lograr una mejor adopción de BIM tanto dentro como fuera de las empresas.



Dedicado a nuestros padres por su apoyo incondicional.



Agradecemos al profesor Murguía por su guía durante esta etapa final de nuestra carrera universitaria y a los entrevistados que accedieron a brindarnos una entrevista y compartirnos sus experiencias.

Tabla de contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.4. Preguntas de investigación.....	3
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1. Industria AEC y las TIC.....	3
2.1.1. Antecedentes.....	3
2.1.2. Oportunidades de mejora con las TIC en la industria AEC	4
2.1.3. Implementación de las TIC en la industria AEC	5
2.2. Brecha digital	7
2.2.1. Antecedentes.....	7
2.2.2. Definición	9
2.2.3. Brecha digital en AEC	11
2.3. Building Information Modeling	13
2.3.1. Antecedentes.....	13
2.3.2. Definición	14
2.3.3. Usos BIM.....	16
2.3.4. Beneficios de BIM.....	24
2.3.5. Adopción BIM.....	29
2.4. Dificultades durante la implementación de BIM.....	32
2.4.1. Factores que afectan la adopción de BIM.....	32
2.4.2. Brecha digital en BIM.....	38
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
4. DISEÑO DE LA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.....	46
4.1. La entrevista semiestructurada	46
4.2. Estructura de la entrevista	48
4.2.1. Preguntas de control.....	48
4.2.2. Preguntas de la entrevista	49
4.3. Perfil del entrevistado	50
4.4. Recolección de información.....	51
4.5. Procesamiento de la información	53
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	54
5.1. Actividades del usuario BIM en obras de construcción	55
5.2. Causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM.....	58
5.3. Desventajas de los no usuarios BIM frente a los usuarios BIM a causa de la brecha digital	61
5.4. Recomendaciones para reducir la brecha digital	62
6. DISCUSIÓN.....	66
6.1. Contraste de resultados con estudios previos	66

6.2.	Resolución de los objetivos de investigación.....	69
6.3.	Limitaciones de la investigación y recomendaciones a futuros estudios.....	78
7.	CONCLUSIONES	80
8.	REFERENCIAS.....	84



Lista de tablas

Tabla 1: Oportunidades de mejora con Tecnologías de la Información.	5
Tabla 2: Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC).	17
Tabla 3: Principales barreras de la implementación BIM según otros autores.	36
Tabla 4: Relación entre los objetivos planteados y las preguntas de entrevista. Elaboración propia.	49
Tabla 5: Profesionales entrevistados y sus respectivos años de experiencia. Elaboración propia.	52

Lista de figuras

Figura 1: Principales características de BIM.	16
Figura 2: Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio. Fuente: Eastman et al (2018).	18
Figura 3: Documentos relacionados a los modelos BIM. Tomado de PlanBIM Chile (2019).	20
Figura 4: Curva de esfuerzo del proceso constructivo. Fuente: MacLeamy (2004).	21
Figura 5: Modelo de madurez BIM. Fuente: Bew-Richards (2008).	29
Figura 6: Línea de tiempo de los sucesos importantes relacionados a BIM. Tomado de Conferencia de Leyton (2018)	30
Figura 7: Nivel de adopción de Encuesta Nacional de BIM en Chile. Extraído de M. Loyola, 2013	40
Figura 8: Razones de No usuarios para no usar BIM. Tomado de M. Loyola de Encuesta Nacional de BIM en Chile (2013).	40
Figura 9: Grado de madurez BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao en el 2020. Tomado de Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao (Murguía et al, 2017)	41
Figura 10: Niveles de adopción BIM de Reporte Regional del BIM en Cusco. Adaptado de J. Vizcarra, 2018.	41
Figura 11: Motivos porque no se usa BIM de Reporte Regional del BIM en Cusco. Adaptado de J. Vizcarra, 2018.	42
Figura 12: Esquema de la metodología. Elaboración propia.	43
Figura 13: Formación de la entrevista semiestructurada. Elaboración propia.	48
Figura 14: Códigos de la pregunta A. Elaboración propia.	55
Figura 15: Códigos de la pregunta B. Elaboración propia.	56
Figura 16: Códigos de la pregunta C. Elaboración propia.	57
Figura 17: Códigos de la pregunta D. Elaboración propia.	58
Figura 18: Códigos de la pregunta E.1. Elaboración propia.	59
Figura 19: Códigos de la pregunta E.2. Elaboración propia.	60
Figura 20: Códigos de la pregunta F. Elaboración propia.	61
Figura 21: Códigos de la pregunta G.1. Elaboración propia.	62
Figura 22: Códigos de la pregunta G.2. Elaboración propia.	63
Figura 23: Códigos de la pregunta H. Elaboración propia.	64
Figura 24: Códigos de la pregunta I. Elaboración propia.	65
Figura 25: Principales significados del uso de BIM en proyectos de construcción. Elaboración propia.	72
Figura 26: Principales causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM. Elaboración propia.	74
Figura 27: Principales desventajas que afrontan los no usuarios BIM frente los usuarios BIM a causa de la brecha digital. Elaboración propia.	75
Figura 28: Recomendaciones para reducir la brecha digital. Elaboración propia.	78

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

La metodología Building Information Modeling, más conocida como BIM, es un conjunto de herramientas y procesos que permite el manejo de información en la construcción de forma innovadora, eficiente y que conlleva múltiples beneficios. Existen proyectos de construcción locales que afirman usar BIM; sin embargo, los creadores de los modelos son los equipos BIM o consultores BIM, los cuales representan un grupo reducido de los equipos de construcción y trabajan con la información de manera aislada debido a su conocimiento y manejo de las herramientas tecnológicas. Como resultado, muchos de los involucrados en el proyecto desconocen cómo interactuar con los modelos, extraer información, tomar decisiones en base a estos y, a pesar de la existencia de modelos, se continúa realizando procedimientos manuales, como el cálculo de metrados, que se han utilizado por varios años en esta industria y que demandan una gran cantidad de tiempo, el cual se podría reducir si el staff de obra en su totalidad supiera aprovechar las herramientas que ofrece BIM. Estos profesionales son conocidos como usuarios y no usuarios BIM, respectivamente.

Debido a esta problemática, se plantea determinar las razones que generan una brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en las empresas constructoras locales. De esta manera, se permitiría brindar recomendaciones para la reducción de esta brecha en base a los resultados obtenidos de entrevistas, las cuales se realizarán a profesionales encargados de la toma de decisiones en equipos de construcción de obras BIM.

1.2. Justificación de la investigación

Building Information Modeling (BIM) es una metodología basada en tecnologías, procesos y políticas que integra la información de los proyectos en su ciclo de vida. BIM permite generar modelos virtuales que contienen la geometría y datos de todos los productos de la construcción. Para lograrlo, las empresas y profesionales deben adoptar nuevas tecnologías de modelado y colaboración. Sin embargo, la introducción de nuevas tecnologías produce en el grupo social de interés la denominada *brecha digital* entre los usuarios y no usuarios. Los usuarios tienen las habilidades, conocimientos, e interés para adoptar las tecnologías, a diferencia de los no usuarios que desconocen o son reacios al cambio. Existe evidencia no documentada que dentro de proyectos de construcción existen usuarios y no usuarios BIM. Los últimos no maximizan los beneficios de tener modelos disponibles para potenciar la gestión de la construcción. Por tanto, existen brechas digitales entre los profesionales que conforman el equipo de obra. El presente trabajo de tesis buscará entender la brecha digital existente en los proyectos de construcción, determinar sus causas y proponer recomendaciones que permitan reducirla. De esta manera, los equipos de construcción y tomadores de decisiones podrán tomar decisiones para cerrar las brechas existentes.

1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo general:

Analizar la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en equipos de construcción de empresas constructoras locales

Objetivos específicos:

1. Determinar el significado del uso de BIM dentro de un proyecto de construcción

2. Identificar las causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM dentro de un equipo de construcción
3. Identificar las diferencias que se presentan entre usuarios y no usuarios BIM en el desarrollo de un proyecto de construcción a causa de la brecha digital
4. Formular recomendaciones a fin de reducir la brecha digital existente

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las actividades que un usuario BIM desarrolla dentro de una obra?
- ¿Cuáles son las causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en las empresas constructoras?
- ¿Qué desventajas afronta un no usuario BIM frente a un usuario BIM debido a la brecha digital?
- ¿Qué recomendaciones se pueden brindar para reducir la brecha digital en el uso de BIM?

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Industria AEC y las TIC

2.1.1. Antecedentes

La organización tradicional de un proyecto se encuentra dividido en etapas cuya sucesión de trabajo es lineal y no existe mucha comunicación entre los involucrados en ellas. Esto crea una cadena de problemas durante la construcción del proyecto, como diseños incompletos o con errores, planos no compatibilizados o documentación inconsistente que en su mayoría son detectados durante la ejecución del proyecto y que generan retrasos en los plazos y aumento del presupuesto (Koch, 2010). La calidad del proyecto también se ve afectada al no tener un diseño congruente, ya que, si no se hace un

seguimiento adecuado de la compatibilización de planos, se generan en campo productos no conformes. A pesar de que los problemas que suelen ocurrir son sencillos y pueden ser hallados con simples inspecciones visuales, estos pueden preverse durante el diseño si se realizara un uso de herramientas correctas para la detección de incompatibilidades en los dibujos 2D, para así contar con soluciones anticipadas.

2.1.2. Oportunidades de mejora con las TIC en la industria AEC

La industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción, conocida por sus siglas en inglés AEC, tiene como meta la optimización de sus procesos y aumento de la productividad en sus actividades, así como obtener un solo modelo coherente del cual se pueda agregar, modificar y extraer toda la información necesaria para la realización del proyecto (Björk,1999). No obstante, debido a la gran cantidad de involucrados presentes en la ejecución de sus proyectos, además de la gran cantidad de información que es necesaria desde la fase de diseño hasta la culminación del proyecto, esto se convierte en una complicada tarea. Por ello, el uso de las TIC en este sector se toma un rol importante. Sin embargo, no se han empleado las TIC de manera adecuada, ya que hace falta que su uso vaya acompañado de una estrategia de implementación que permita aprovechar todos sus beneficios.

Estas herramientas tecnológicas se presentan como un salto de competitividad para las empresas, pues les permite conseguir una mayor productividad en las principales etapas de la construcción. Es así que las TIC brindan múltiples oportunidades de mejora en la industria, algunos de ellos presentados en la Tabla 1, que entregan procesos enfocados en crear un flujo de trabajo interdisciplinario de manera que se logre un intercambio de información de manera fluida en todas las etapas de los proyectos, esto en base a un solo modelo que integre dicha información.

Tabla 1: Oportunidades de mejora con Tecnologías de la Información.

Dimensión	Valor		
	Eficiencia	Efectividad	Estratégico
Tiempo	Acelera tareas del usuario	Elimina flotamiento de información	Establece servicio al cliente en forma oportuna
Distancia	Mejora escala para mirar con perspectiva	Presenta puerta única de acceso	Alcanza presencia global
Relaciones	Altera rol de intermediarios	Permite hacer micro marketing para mirar detalles	Crea dependencia de los usuarios
Interacción	Hace uso de retroalimentación del usuario	El usuario controla el nivel de detalle	Comunicación en línea
Producto	Automatiza tareas usando agentes de software	Proporciona herramientas de apoyo a desiciones en línea	Combina información, productos y servicios
Información	Almacenamiento y manejo de grandes volúmenes	Identificaciones de patrones "ocultos"	Prever situaciones y necesidades

Tomado "Impacto de las herramientas avanzadas de visualización en la Industria AEC. Revista Ingeniería De Construcción" de Leonardo Rischmoller (2002)

2.1.3. Implementación de las TIC en la industria AEC

Desde los años ochenta, Gilmore ya mencionaba la necesidad de poner en práctica el uso de las TIC en las distintas etapas del proceso constructivo (Gilmore, 1989, Int. J. Proj. Manag., 7:147-153), lo cual se ha ido confirmando con el paso del tiempo. Etapas como el diseño y el planeamiento son cruciales al iniciar un proyecto y también en las que se generan la mayor cantidad de inconvenientes, por lo que no es sorpresa que sean las etapas que requieran de una mayor eficacia. Es así que, desde el inicio de la evolución tecnológica en la industria se ha demostrado que la adopción de estas herramientas entrega solo beneficios positivos. Una de las tecnologías adoptadas más importantes de las últimas décadas es el CAD. Esta permitió dar un primer gran avance hacia el futuro de la industria (Long et al, 2009), pues se dejó de lado los dibujos de planos hecho manualmente para dar paso a las herramientas digitales. Las ventajas

obtenidas fueron desde realizar los planos de manera digital y más rápida, hasta permitir que se automaticen ciertos procesos volviéndolos más eficaces y productivos.

Actualmente, se han implementado variadas tecnologías que aportan mejoras a fases dentro del proceso de construcción. Esto se ha desarrollado en empresas constructoras y se ha ido dando inicialmente mediante el uso de softwares que apoyan a la realización de trabajos pequeños dentro del desarrollo de un proyecto. Los programas para la planificación, presupuesto y diseño ya son de uso básico y fundamental en la mayoría, por no decir todas, las empresas constructoras.

Sin embargo, las herramientas adoptadas inicialmente no están al nivel de los proyectos actuales, ya que la evolución no solo ha ocurrido en las tecnologías, sino que los proyectos también se han vuelto más grandes y complejos. Es así que también aparecen aplicaciones más complejas que, a diferencia de las primeras tecnologías implementadas, tiene menor facilidad de adopción. Un ejemplo de este caso de implementación de las TIC más completas se da con el PPM (Portfolio Project Management), que mediante la gestión centralizada de uno o más portafolios de proyectos logra identificar las ganancias y riesgos que se podría obtener en la inversión de un proyecto. Esta TIC busca entregar a la empresa información útil para seleccionar proyectos en los que pueda cumplir sus objetivos operativos y financieros. Otro caso de TIC usado en la construcción es el llamado ERP (Enterprise Resource Planning), la cual permite la formulación de presupuestos, mejora de la planificación y el análisis del proyecto.

Es por esta variedad de complejidad en las tecnologías que

“A veces se confunde la transformación digital (TD) con solo mejorar los actuales modelos de negocio con las TIC y digitalizar los procesos de la empresa para obtener beneficios de corto plazo. Los expertos coinciden en

que la TD requiere cambiar los procesos y modelos con el apoyo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y otras tecnologías avanzadas, para con ello crear o aprovechar nuevas oportunidades de negocio. Esto necesariamente requiere un cambio cultural y también la colaboración e integración con los proveedores (Carrasco, 2020).”

Lo mencionado por Carrasco indica que durante la implementación de tecnologías se involucra no solo la manipulación de las nuevas herramientas, ya que estas tienen como finalidad ser solo un apoyo. Esta implementación se debe complementar con la forma en que los usuarios hacen uso de ella, pues solo se logrará una verdadera transformación mediante un cambio en la mentalidad y forma de trabajo. Es por ello que se debe capacitar correctamente sobre su uso y concientizar a los profesionales para que identifiquen, apliquen y valoren el potencial que trae consigo el uso de las TIC para mejorar la eficiencia en los proyectos (García, 2015). Además, se debe buscar el uso de las TIC como apoyo a conseguir soluciones integradas y aplicadas a las necesidades de cada empresa.

2.2. Brecha digital

2.2.1. Antecedentes

Desde sus inicios, la sociedad ha empleado herramientas para satisfacer sus necesidades, con el crecimiento de las sociedades también aumentaron las exigencias por una mejora en su calidad de vida mediante la evolución eficiente de estas herramientas. En la búsqueda por mejorar sus técnicas para la solución de problemas nace el concepto de tecnología, la cual hace uso de conocimientos y métodos para lograr un objetivo. Es por ello que la importancia que ha alcanzado la información ha convertido a la sociedad en una Sociedad de la Información, la cual tiene como principal

objetivo la mejora del sistema económico y social en base al conocimiento y su uso para desarrollar sus metas de progreso (Castells, 1998).

Debido a esto, a comunicación ha sido vital para el desarrollo de las sociedades y, a su vez, ha sido beneficiada por la tecnología al presentarse las necesidades básicas de crear un mejor flujo de comunicación e intercambio de la información. De acuerdo con Peres y Hilbert (2009):

“La información ha desempeñado un papel fundamental a través de la historia y de la posibilidad de compartirla mediante la comunicación continua, asombrando a la humanidad. El intercambio de información determina la conducta del ser humano, al punto que lingüistas y biólogos sostienen que el almacenaje de información por medio de diversas técnicas, como el arte, el lenguaje o las herramientas, fueron la fuerza impulsora que llevó a los seres humanos a convertirse en la especie dominante del planeta” (p.27).

Según lo indicado por Peres y Hilbert, el ser humano posee la necesidad innata de recopilar nuevos conocimientos que permitan solucionar problemas de manera cada vez más eficaz. Esto lo ha llevado a crear y adoptar diversas herramientas que permitan mejorar y facilitar la obtención de esta información. Así aparecen las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), las cuales “...permiten la adquisición, almacenamiento, procesamiento, evaluación, transmisión, distribución y difusión de la información” (Sánchez-Torres et al, 2012, p. 121). Además, es necesario mencionar que las TIC influyen en la mayoría de las áreas de actividades de las personas, sobre todo en el ámbito económico con la reinención de las formas de negociar, más rápidas y dinámicas (Castells, 1996).

Debido a ello, el avance tecnológico que existe en la actualidad ha generado un alto impacto en la forma de realizar actividades tanto en la vida cotidiana como en el ámbito

laboral. La constante mejora y creación de nuevas herramientas que facilitan los trabajos ha generado una necesidad de adaptación constante para el provecho de dichas herramientas. Lamentablemente, no todas las personas, sociedades e industrias aprovechan estas tecnologías de la misma manera, y esto se evidencia en la diferencia entre aquellos que pueden aprovechar sus beneficios y los que se ven excluidos de estos. Esta distancia se conoce como brecha digital.

2.2.2. Definición

En 1985, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) presentó el informe “El eslabón perdido” en el cual se habla de una desigualdad de acceso a las TIC entre los países desarrollados y los que se encuentran en desarrollo. Este compara la disponibilidad de servicios como el teléfono, computador e Internet en los hogares a en función de edad, ingresos, nivel educativo y ubicación. Asimismo, este informe fue uno de los primeros en dar a conocer la correlación entre el acceso a las tecnologías y el nivel económico de cada país (UIT, 2005).

El término brecha digital no cuenta con una única definición, pues, con el paso del tiempo, distintas personas y agrupaciones han tratado de definirla según sus intereses o contexto en el que se usa. Inicialmente se concebía el término en base a la posibilidad que tenían las personas para acceder a una tecnología. La Comisión Económica para América Latina y Caribe (CEPAL), en un estudio sobre la transición de la economía tradicional a una digital, define la brecha digital como “la diferencia entre aquellos que tienen acceso de las tecnologías digitales y aquellos que no”. Otra definición se dio en el estudio “La Sociedad de la Información en la Comunidad Andina” realizado por la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina (ASETA) en el año 2003, donde se define a la brecha digital como “la diferencia que existe entre

las personas (comunidades, provincias, países...) que cuentan con las condiciones óptimas para utilizar adecuadamente las tecnologías de la información y la comunicación en su vida diaria y aquellas que no tienen accesos a las mismas o que aunque lo tengan no saben utilizarlas”. De aquí se observa que en primera instancia se tiene como principal problema la falta de infraestructura para hacer uso de las TIC.

Sin embargo, los niveles de acceso a las TIC han aumentado en comparación con los primeros años de su aparición por lo que se ha incluido, poco a poco, otros factores en la definición de brecha digital. Así lo considera Castells (2001):

“Por un lado, es cierto que hay una gran diferencia de conectividad y observamos que aquellas personas que no tienen acceso a Internet tienen una debilidad cada vez más considerable en el mercado de trabajo. Observamos también que los territorios no conectados a Internet pierden competitividad económica internacional y, por consiguiente, son bolsas crecientes de pobreza incapaces de sumarse al nuevo modelo de desarrollo. Pero, por otro lado, lo que también observamos es un desarrollo considerable de la conectividad [...] pero lo que sí se observa en aquellas personas, sobre todo estudiantes, niños, que están conectadas, es que aparece un segundo elemento de división social mucho más importante que la conectividad técnica, y es la capacidad educativa y cultural de utilizar Internet. (p.6)”

De esta manera, aparece una nueva definición de brecha digital generada por la capacidad de las personas para hacer uso de las tecnologías, además del aprovechamiento de las mismas para mejorar su desarrollo. Es por ello, que la brecha digital “...no debe medirse únicamente por la posibilidad de utilizar tecnologías de

comunicaciones de punta, sino, también, en términos de capacidad de procesamiento de información y de la habilidad para crear redes de beneficio mutuo que puedan coadyuvar a mejorar el nivel de vida” (Comunidad Virtual MISTICA, 2002).

La brecha digital se ve ampliamente relacionada al desarrollo humano dentro de una población que, según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), “es la creación de un entorno en el que las personas puedan desarrollar su máximo potencial y llevar adelante una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses” (Desarrollo Humano|PNUD, n.d.). Así, podemos afirmar que la brecha digital afecta el desarrollo humano de la sociedad al generar una diferencia en las oportunidades con las que cuentan y las capacidades que desarrollen gracias a estas. Por lo tanto, al realizar el estudio de una brecha digital, debe buscarse como finalidad la creación de tácticas no solo para la capacitación de una tecnología, sino de un cambio de mentalidad en la sociedad para que aproveche estas nuevas oportunidades con mira hacia un desarrollo sostenible de ellas (Serrano, 2003).

2.2.3. Brecha digital en AEC

El sector de la construcción es una de las actividades económicas más importantes para el desarrollo de un país, es por ello, que se encuentra en constante búsqueda de la optimización de sus procesos. Por lo que se han creado gran cantidad de metodologías y programas para lograr este fin. A pesar de ello, es una de las industrias con menor nivel de digitalización según el MGI industry digitization index (Agarwal, 2016), esto muestra que se presentan muchos desafíos en el proceso de reducción de la brecha digital.

Un ejemplo se presentó durante la adopción de herramientas CAVT (Computer Advanced Visualization Tools, por sus siglas en inglés), un estudio publicado en la

revista Ingeniería de Construcción (Rischmoller, 2011) demuestra que la adopción de tecnologías ha contribuido en gran medida a una mejora en la producción en los proyectos, entregando una capacidad de visualización de modelos y flujos de trabajo de manera digital. A pesar de ello, al momento de hacer uso de las herramientas y aplicar procesos en la realidad estos no se realizan de manera completa, dejando de lado gran parte de los beneficios que entregan. Así mismo, en el estudio se concluye que es necesario enfocar la adopción de tecnologías a un aprendizaje completo para hacer uso de todo el potencial que entregan estas tecnologías, además se debe promover la investigación en nuevas y mejores tecnologías de la información en el sector construcción.

En un estudio presentado en el reporte “Exploring digital transformation in global Construction” realizado en el año 2020 por la empresa Finalcad, se expone que a pesar del gran crecimiento que está teniendo la industria AEC aún se presenta una baja productividad en los proyectos. Los resultados obtenidos de este estudio demuestran que existe una necesidad por implementar tecnologías en el sector, al tener como principales causas de retrasos, la falta de comunicación y colaboración; y en el caso de los sobrecostos, el cumplimiento y regulación de costos. Estos y otros problemas comunes encontrados en el estudio se han hecho más visibles durante el inicio de la pandemia del COVID-19, permitiendo apreciar la brecha existente en la adopción de tecnologías en la industria. Por ello, es necesaria una digitalización por parte de la industria AEC, así aprovechar los beneficios de colaboración y comunicación que entregan las nuevas tecnologías, además de estar mejor preparados para los siguientes obstáculos que puedan presentarse.

Estos estudios entregan una visión de la brecha existente en la industria AEC, haciendo notar que está no es causada únicamente por la falta de acceso a las tecnologías, si no a

la falta de aprovechamiento e inversión. Esto quiere decir que, a pesar de estar implementando nuevas tecnologías a los proyectos, aún se presenta una brecha digital debido a la falta de aprovechamiento de las TIC para lograr un mayor desarrollo y productividad en los procesos de trabajo. Lo cual debe complementarse con una inversión tanto en educación como en investigación.

2.3. Building Information Modeling

2.3.1. Antecedentes

En la última década, las técnicas manuales empleadas por profesionales del diseño han sido reemplazadas por las herramientas que brinda el CAD. Estas permitieron un progreso en cuanto a la disminución de tiempo que demandaba esta etapa en los proyectos; sin embargo, continúa limitándose al uso de representaciones lineales que no articulan correctamente los diseños que abarca un mismo proyecto.

La etapa de diseño de los proyectos de construcción requiere representar un modelo como una unidad; es decir, precisa integrar las representaciones que lo componen para un correcto estudio e interpretación de lo que se ha modelado antes de plasmarlo en la realidad. Sin embargo, las representaciones en CAD no lo permiten, pues estas se comportan como modelos independientes que no siempre se interrelacionan con exactitud a pesar que su diseñador afirme lo contrario, además de solo brindar a los usuarios información aparente que debe ser interpretada por los mismos, lo cual disminuye la objetividad del modelo.

A fin de superar las exigencias de calidad y productividad, los programas CAD se fueron adaptando a las solicitudes de ciertos sectores de la producción industrial; por ello, se empezaron a emplear diseños en base a objetos paramétricos. Esto conllevó a una notable disminución de tiempos de diseño y a una mayor credibilidad de los

resultados plasmados en la documentación obtenida; no obstante, la limitación original del CAD aún persistía.

No obstante, ante la limitación de transmitir información netamente a través de lo plasmado en la documentación, se idearon métodos para solucionar este inconveniente. Por ejemplo, se añadieron herramientas al CAD, tal como la importación de datos de otro tipo de programas, se empezó a compartir documentación a través de sitios web, y se comenzó a optar por el método diseño-construcción para limitar el intercambio de información a una sola entidad que ejecutaría el proyecto. Sin duda, estos métodos lograron mejorar el intercambio de información; sin embargo, seguían presentándose limitaciones en la comunicación, puesto que aún no se lograba agilizar la obtención de información indispensable para el proyecto, tales como los cálculos estructurales o las evaluaciones de costos.

Ante esta situación, se hacía imprescindible la existencia de un modelador de información que, mediante un único diseño, englobe los distintos aspectos de un proyecto y brinde las representaciones de este que sean requeridas. Es así que BIM se surge como un elemento alentador para la evolución del manejo de la información.

2.3.2. Definición

La metodología BIM es uno de los más importantes desarrollos en la industria de la construcción. Esta busca mejorar el flujo de comunicación entre los involucrados en la realización de un proyecto, además de crear y gestionar los proyectos de manera más rápida y económica. Para lograr esto, BIM se basa en el uso de modelos de virtuales 3D inteligentes que describen las características técnicas de cada elemento, los sistemas constructivos existentes, la relación espacial entre cada uno de ellos, los plazos y costos

que conlleva la realización de los mismos, además de aspectos medioambientales (Vidal, 2016).

Uno de los primeros en investigar el uso de tecnologías para organizar la información de un proyecto fue Charles Eastman. Él define BIM como una metodología que involucra procesos y herramientas que permiten digitalizar la data de todas las etapas de un proyecto (2011). Sin embargo, no fue el primero en hacer uso del término, ya que, en 1985, Simon Ruffle hace uso del término Building Model al buscar una forma de delegar el proceso de representación manual a una digital. Algunas de las ventajas de usar estos modelos inteligentes en vez de los modelos CAD 3D tradicionales es que, además de brindar una visualización, se actualiza automáticamente ante cualquier modificación de los planos del proyecto. Adicionalmente, las ubicaciones espaciales de cada elemento estos modelos también toman en cuenta los sistemas constructivos de los mismos.

Debido a la gran cantidad de información que incluye cada uno de los modelos, es necesario que los distintos miembros se encuentren constantemente modificando y ajustando sus especialidades de acuerdo a como vayan cambiando las especificaciones del proyecto para asegurarse que el modelo sea lo más preciso posible antes de su construcción (Carmona e Irwin, 2019). Sobre esto, es necesario recalcar que, contrario a lo comúnmente se cree, BIM no es solo el uso de un modelo 3D para la compatibilidad de incongruencias, sino en el uso de los mismos para lograr mejoras en los flujos de trabajo y en los procesos de entregas del proyecto. (Hardin, 2009).

Por lo tanto, en términos generales, se puede definir BIM como una metodología de trabajo colaborativo que emplea modelos 3D para representar y trabajar la información de un proyecto durante todo su ciclo de vida (Almeida, 2018).

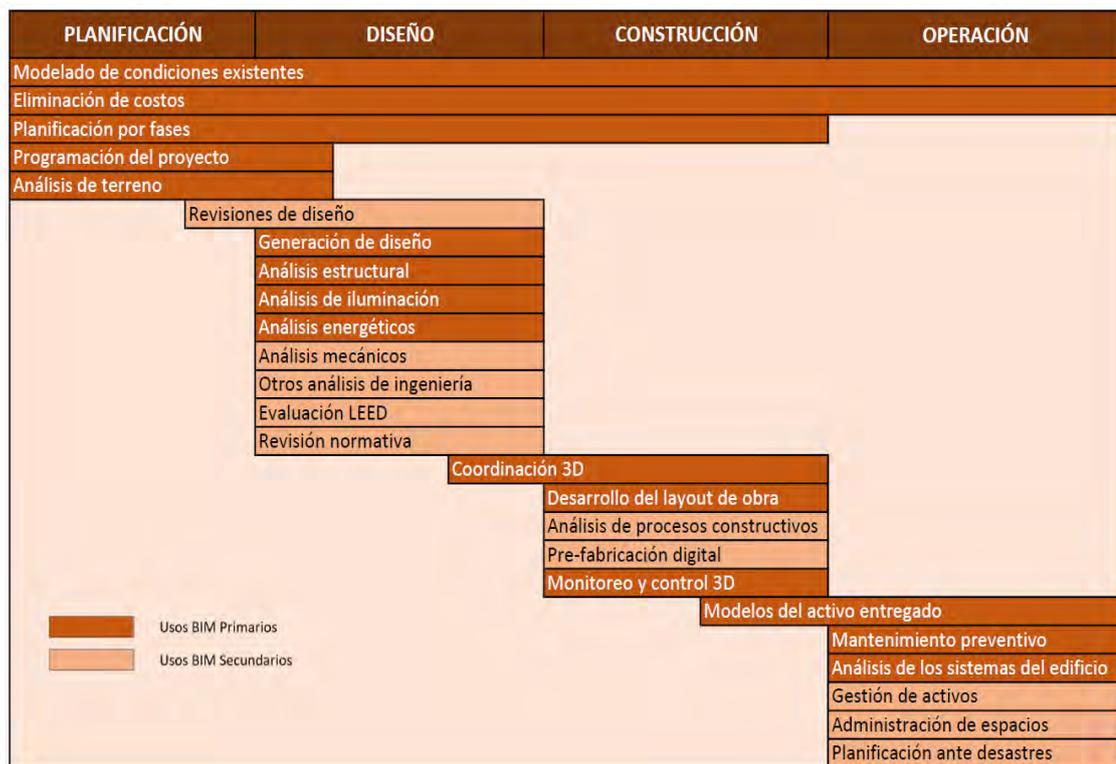


Figura 1: Principales características de BIM.
Adaptado de "Building Information Modeling (BIM)" por Siemens

2.3.3. Usos BIM

Los proyectos están divididos en etapas o fases, las cuales comprenden trabajos relacionados secuencialmente entre sí mediante los cuales, a través de sus culminaciones, se puede medir el avance del proyecto (Cerdán et al, 2016). Por ello, se opta por clasificar los usos BIM mediante la etapa del proyecto en la que es empleado, pero se considera que los usos no son exclusivos de una determinada etapa, pues varios de ellos son inherentes a todo el ciclo de vida del proyecto o forman parte de más de una etapa. La Universidad de Pensilvania presenta los principales usos BIM en su página web:

Tabla 2: Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC).



Tomado de "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0. The Pennsylvania State University" de Computer Integrated Construction Research Program (2010).

2.3.3.1. Modelamiento y visualización 3D

La metodología BIM emplea un modelo digital para representar tridimensionalmente lo que se va a construir. Este modelo es importante no solo porque muestra a los usuarios el producto parcial o final del proyecto que se está llevando a cabo, sino que también, gracias al trabajo en conjunto de todos los especialistas en la etapa de diseño, este comprende las características de cada uno de los componentes del edificio: tiempo, costo, ambiental, mantenimiento y reparación (Almeida, 2018), además de dimensiones, materialidad, sistemas estructurales, entre otros. Al permitir el modelado de cualquier obra provisional o definitiva, en base a ellos se crean *renders* con determinada calidad de realismo con lo que se visualiza lo que se está por construir y se facilita la toma de decisiones anticipadas (Sacks et al, 2010).

Por otro lado, el uso del modelo 3D no se limita a la etapa de construcción, pues “un modelo BIM completo ofrece mucho más como herramienta de largo alcance para mejorar el rendimiento de un edificio y administrar las operaciones de manera más eficiente a lo largo de la vida del edificio” (Carmona et al, 2007). Para ello, se realiza un modelado *as-built* de todas las instalaciones del producto final en el que se tiene las características finales tal cual se ha construido (Computer Integrated Construction, 2013). Cuando no se cuenta con el modelo tridimensional de una edificación, los trabajos de reparación o remodelación que se requieren realizar se llevan a cabo con dibujos 2D que presentan información inexacta debido a su antigüedad. Incluso, hay ocasiones donde los especialistas se ven en la obligación de rediseñar espacios ante la ausencia de construcciones, por lo que se genera una gran inversión de tiempo y dinero, las cuales se habrían evitado con la existencia del modelo BIM del edificio (Carmona et al, 2007).

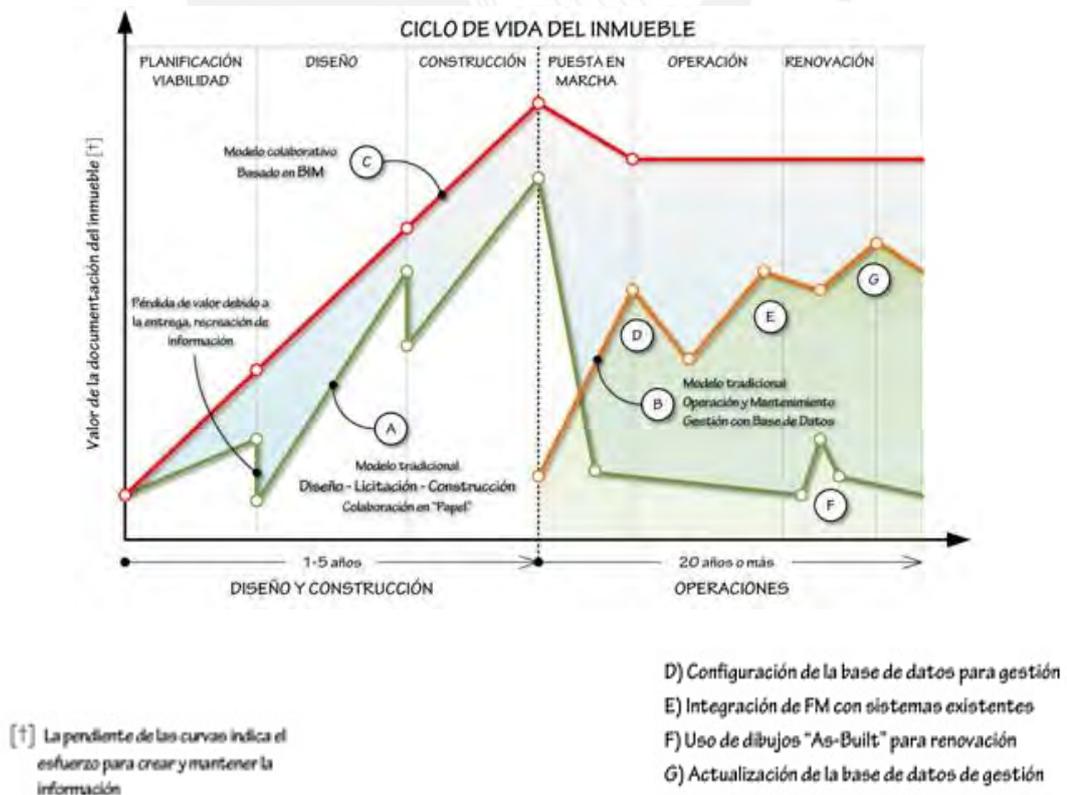


Figura 2: Representación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de un edificio. Fuente: Eastman et al (2018).

2.3.3.2. Elaboración de dibujos 2D

Los modeladores BIM emplean herramientas para desarrollar modelos tridimensionales a partir de la creación de objetos de distintas geometrías y características. Sin embargo, aparte del conocido trabajo con las vistas 3D, existen herramientas que permiten elaborar automáticamente planos 2D a partir del modelo creado. Tal como señala Testa (2019):

“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).”

Una vez culminado el diseño en todas las especialidades, es posible exportar planos que muestren lo trabajado por los especialistas y que mantengan los detalles del diseño (Escudero, 2013).

2.3.3.3. Gestión documentaria

BIM trabaja con modelos tridimensionales de construcción paramétricos. Según Autodesk, la información completa del modelo está comprendida en una base de datos integrada donde todo está parametrizado e interconectado, de modo que, si en una vista del modelo se altera una característica del mismo, esta variación podrá observarse automáticamente en las demás vistas y en los documentos que se produzcan a partir del modelo, lo cual aumenta su grado de exactitud y, por tanto, de fiabilidad. Esta característica de las herramientas BIM se conoce como bidireccionalidad asociativa (Escudero, 2013).

El Plan BIM Chile dentro de sus estándares para proyectos públicos reconoce dos tipos de documentos relacionados a los modelos BIM:

- Documentos a ser extraídos directamente de los modelos BIM: planos, especificaciones técnicas, videos, etc.
- Documentos de apoyo al desarrollo del proyecto y los modelos: fichas técnicas, catálogos, nubes de punto, etc.

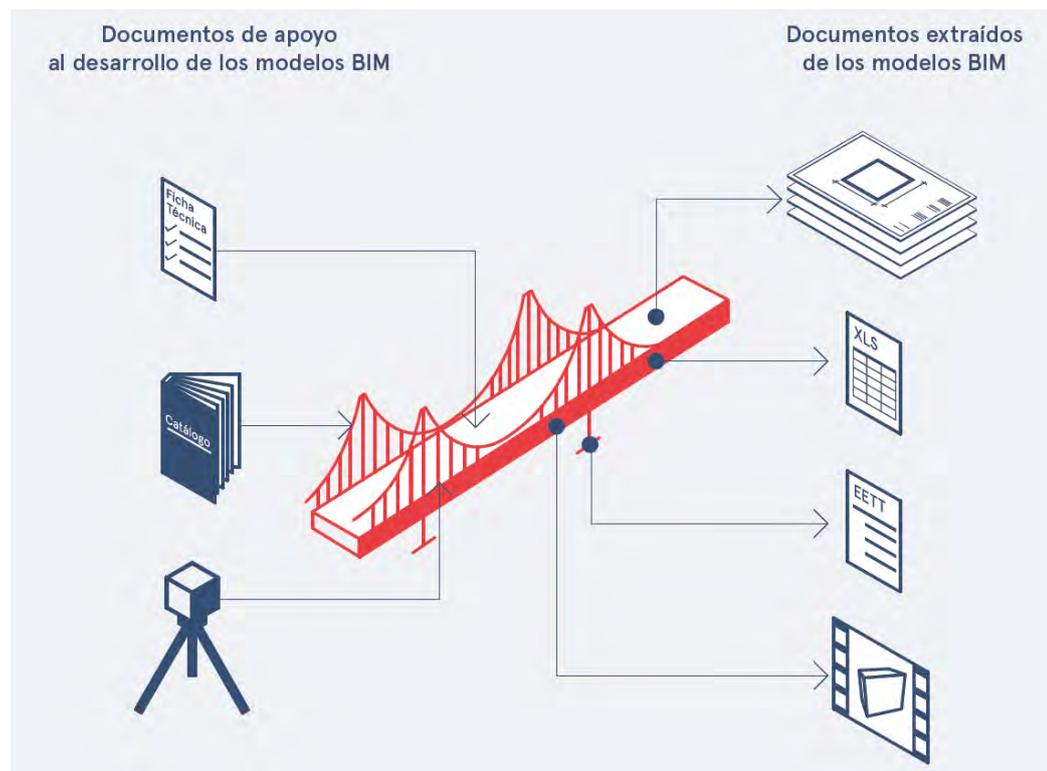


Figura 3: Documentos relacionados a los modelos BIM. Tomado de PlanBIM Chile (2019).

2.3.3.4. Integración de sistemas

Tradicionalmente, el desarrollo del proyecto se trabajaba de manera aislada por cada especialista; es decir, cada uno se preocupaba por su área de interés sin priorizar el producto final en conjunto. Esta falta de coordinación generaba reprocesos e incompatibilidades en la construcción de edificaciones, por lo que se impactaba negativamente en el costo y plazo.

Frente a esta situación, BIM promueve el trabajo colaborativo entre especialidades para realizar una construcción virtual a través del modelo y así cometer la mínima cantidad de errores al llevarse a cabo la construcción real. Para ello, se promueve el trabajo colaborativo entre especialidades para detectar incompatibilidades pre-construcción y así eliminar las incompatibilidades y reprocesos (Testa, 2019).

2.3.3.5. Gestión de cambios en el diseño

Al vincular todos los datos del proyecto, la metodología BIM permite la simulación de procesos, mediante la cual los especialistas se anticipan a los sucesos que conllevaría cualquier cambio que deseen realizar en el proyecto y tomar una decisión en base a ello. (Oussouboure et al, 2017). En la figura 4 se presenta la Curva de MacLeamy. En ella se puede observar que, a diferencia del método tradicional, la metodología BIM genera un incremento de esfuerzos en la etapa de diseño para lograr una disminución progresiva a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Además, se aprecia que es conveniente realizar cambios en el diseño en etapas tempranas del proyecto para evitar la posibilidad de tener impactos altos en los costos, tal como sucedería en etapas posteriores.

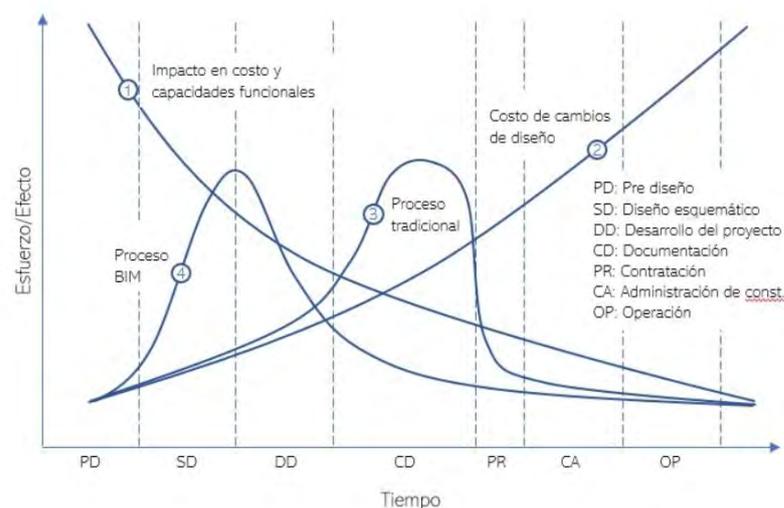


Figura 4: Curva de esfuerzo del proceso constructivo. Fuente: MacLeamy (2004).

2.3.3.6. Detección de interferencias

La detección de interferencias es uno de los usos más difundidos de la metodología BIM. En la actualidad los proyectos son cada vez de mayor magnitud y complejidad, como consecuencia el problema de las interferencias entre las diferentes especialidades se ha vuelto un problema más común. Este problema se genera normalmente por una representación incorrecta del proyecto en planos 2D. Es aquí donde BIM entrega una solución mediante un modelado de información 3D y la implementación de un flujo de trabajo interdisciplinario. El modelado 3D que brinda la metodología BIM trata de representar la construcción real del proyecto por lo que se debe realizar lo más similar al producto final. Este modelo debe ser retroalimentado con información de todas las especialidades de manera que termine siendo una “pre-construcción de la edificación”. Una vez realizado el modelo, los softwares BIM-Manager facilitan la opción de “detección de interferencias” la cual entrega un reporte de las incompatibilidades presentes en el modelo, las cuales son resueltas posteriormente mediante una reunión de coordinación o RFIs (Taboada et al, 2011).

2.3.3.7. Programación 4D

La dimensión 4D de BIM brinda uno de los beneficios más conocidos de BIM: la estimación del tiempo y la planificación de los trabajos. La programación 4D permite realizar una simulación de la construcción en base al modelo 3D en la que se muestra todo el proceso constructivo y el espacio a ocupar para los diferentes trabajos (Eastman et al, 2018). Esta simulación permite analizar distintos escenarios de construcción de manera que se pueda optar por la programación más eficiente, además de entregar un control sobre los espacios necesarios para cada etapa de la construcción,

de manera que se puedan aprovechar todas las áreas en obra e identificar posibles riesgos en los trabajos simultáneos. Por otro lado, al tener una simulación del cronograma relacionado al modelo se puede gestionar la logística de materiales previendo los problemas comunes de manera que se logren reducir los retrasos durante el proyecto (San Lorenzo, 2019).

2.3.3.8. Estimación de cantidades y estimación de costos

La estimación de cantidades y costos de un proyecto hace referencia al modelado 5D del BIM, en el cual se agrega la variable costo a la metodología. BIM ofrece herramientas para cuantificar la data de los objetos creados en el modelo a partir de características comunes y, en base a la información de costos unitarios ingresada al modelo, se calculan los costos parciales y totales.

Además, los autores Czmocho y Pekala (2014) indican que realizar este modelo permite una “...estimación rápida del costo de los diseños conceptuales y cualquier otra estimación de costos. Con la ayuda de BIM 5D podemos comparar fácilmente el tiempo de ejecución y los costos totales de varias alternativas en términos de materiales y tecnología...”. El modelado permite visualizar los cambios que se realizarán en el modelo en tiempo real, y no solo aquellos referentes al diseño, sino también conocer los cambios en costos que se puedan generar y el alcance que tendrá el proyecto.

Por otro lado, el modelado 5D también beneficia el lado comercial del proyecto, tal como afirma Property Wire (2012):

El compilado de información ha sido desarrollado como resultado de la colaboración de la industria para garantizar que en cualquier momento de la vida de un edificio haya un conjunto de reglas consistentes para medir y capturar datos de costos, completando

así el ciclo de vida de la administración de costos y apoyando la adquisición de proyectos de construcción desde el inicio hasta el final. Una mejor comprensión de los costos durante el proceso de construcción aumentará la certeza para la planificación comercial y apoyará una reducción en el gasto en proyectos de construcción del sector público y privado a largo plazo.

2.3.4. Beneficios de BIM

Al hacer uso de BIM, los equipos de construcción poseen una diversa cantidad de herramientas y beneficios para el desarrollo del proyecto desde su etapa inicial. “La tecnología BIM y los procesos asociados están en el corazón de cómo el diseño y el proceso de construcción del edificio pueden responder a las crecientes presiones de mayor complejidad, desarrollo más rápido, mejor sostenibilidad y, al mismo tiempo, reducir el costo del edificio y su uso posterior” (Eastman et al, 2018).

Además, Eastman et al, en su libro BIM Handbook (2018) clasifica los usos de BIM de acuerdo a las etapas del proyecto en la que beneficien al mismo.

2.3.4.1. Preconstrucción

- Determinación del concepto, viabilidad y beneficios del diseño

BIM permite la creación de un modelo de construcción que genera una base aproximada de costos, la cual es de gran utilidad para el propietario, pues así se determina si las dimensiones de la construcción, calidad y requisitos establecidos cumplen con un presupuesto de tiempo y costo acorde a las posibilidades del propietario. Es decir, determina la viabilidad del proyecto previamente a su ejecución y es de gran utilidad para restablecer los alcances del proyecto antes de su construcción.

- Incremento del rendimiento y calidad del proyecto

BIM, bajo el desarrollo de un modelo esquemático del proyecto a construir, posee herramientas que permiten la evaluación de alternativas de diseño. Estas herramientas de análisis y simulación aumentan la calidad general del proyecto, pues posibilita la evaluación a detalle del esquema propuesto y así se determina si cumple con los alcances planteados.

- Optimización de la colaboración empleando el IPD

Integrated Project Delivery, representado por sus siglas IPD, es un marco integrador de ejecución de proyecto que, de ser empleado por el equipo del proyecto desde los inicios del diseño, optimiza la comprensión de requisitos para todos los involucrados y evita el uso de papeles para intercambiar información y, por ende, retrasos. Asimismo, permite estimar costos en tiempo real a medida que se desarrolla la etapa de diseño.

2.3.4.2. Diseño

- Visualización más temprana y precisa del diseño

A diferencia de otros softwares de diseño, la tecnología BIM genera modelos 3D en vez de crear varias vistas 2D. Esto permite visualizar en cualquier etapa del diseño las dimensiones y verificar si cumplen con las expectativas planteadas.

- Correcciones automáticas de bajo nivel al realizar cambios en el diseño

BIM reduce la necesidad de realizar cambio en el diseño debido a su característica de crear objetos con reglas paramétricas. Estos aseguran que el modelo 3D no presente errores de geometría, alineación ni coordinación espacial.

- Creación de dibujos 2D precisos

BIM permite extraer dibujos de cualquier vista del modelo. Usualmente, esta tarea se realizaba mediante la creación de planos de construcción, los cuales demandaban una gran cantidad de tiempo y presentaban errores de diseño e incompatibilidades; sin embargo, BIM permite reducir el tiempo de creación de estos y aumentar la precisión de los mismos. Además, ante cualquier cambio que se realice en el diseño, estos dibujos 2D se adaptan automáticamente a las nuevas solicitudes.

- Colaboración temprana de múltiples disciplinas

La característica interdisciplinaria de BIM permite que se realice un trabajo simultáneo en el diseño. Esto disminuye el tiempo empleado en esta etapa y disminuye la posibilidad de presentar errores o se omita algún dato importante, ya que anteriormente se creaban modelos independientes que, al reunirlos, presentan los inconvenientes descritos anteriormente. Por otro lado, en caso de presentarse algún inconveniente en el diseño, BIM permite detectarlo en los inicios de esta etapa y así se mejora el diseño constantemente.

- Verificación rápida de la conformidad del diseño

BIM provee mediciones cuantitativas de las medidas del diseño y de los materiales empleados en el mismo. Además, estima costos en base al diseño, lo que permite evaluar la conformidad de los requisitos planteados inicialmente y realizar modificaciones en caso sean pertinentes antes de su ejecución.

- Optimización de la eficiencia energética y sostenibilidad

BIM presenta herramientas de análisis de energía que posibilita evaluar el uso de energía que tendría el modelo de construcción diseñado. Anteriormente se requería finalizar la creación de planos 2D para evaluar rendimiento energético del diseño; sin embargo, en caso de necesitar la optimización de este, la acción demandaba mucho tiempo, y con la tecnología BIM esta dificultad se ha visto superada.

2.3.4.3. Construcción

- Uso del modelo diseñado como base para componentes fabricados

Las herramientas de fabricación de BIM permiten representar de manera precisa los materiales próximos a fabricarse y con los que se realizará la construcción. Este proceso se optimiza debido a que, al estar definido el modelo en 3D, se puede desarrollar una fabricación automatizada empleando tecnología de control numérico. Asimismo, se facilita que los proveedores obtengan detalles de la intención de diseño para la fabricación de materiales de manera inmediata, lo cual contribuye a la disminución en el costo y tiempo de construcción.

- Respuesta rápida a cambios en el diseño

Cualquier alteración en el diseño y su repercusión en otros objetos se actualizan automáticamente y, además, se adaptan con precisión al modelo. Esto es útil pues reduce los trabajos en papel que esto demandaría al tener que modificar todos los planos que se ven afectados por estos cambios. De esta manera, se reduce el tiempo de coordinaciones adicionales que este tipo de situaciones requerirían.

- Sincronización del plan de diseño y construcción

BIM hace posible la sincronización del diseño con la planificación de la construcción, pues provee el diseño 3D que se vincula a un plan de construcción mediante 4D CAD. Esta sincronización permite simular la ejecución del proyecto y observar estado proyectado del mismo en cualquier momento, además de identificar posibles inconvenientes y formas de optimizar su desarrollo. Otro beneficio que ofrece BIM es que incluye elementos temporales, tales como grúas, andamios, etc. a la programación de actividades y, de esta manera, proporciona un estado más preciso de la construcción.

- Mejor implementación de técnicas de Lean Construction

“BIM y la filosofía Lean se han utilizado por separado como enfoques clave para la mejora general de proyectos de construcción. Su combinación, dados varios escenarios, presenta oportunidades de mejora, así como desafíos en la implementación” (Hamdi et al, 2012). Es así que BIM provee un modelo 3D y la cantidad de materiales que se necesitan en cada etapa del trabajo, permite una mejor planificación y programación, así como una mejor gestión del plazo. Esto, combinado con el accionar Lean, minimiza costos, pérdidas y contribuye a una mejor colaboración entre las partes.

2.3.4.4. Post-construcción

- Optimización de la puesta en servicio y de la entrega de información

BIM asocia información de los materiales instalados a los objetos del modelo 3D, de tal forma que esta pueda estar disponible en cualquier momento que sea requerida.

Así, los propietarios pueden verificar el correcto diseño y funcionamiento de los sistemas luego de haberse culminado la etapa de construcción.

2.3.5. Adopción BIM

Con el pasar de los años, los usos de BIM se han ido difundiendo cada vez más entre los agentes de la industria AEC debido a los beneficios que estos conllevan; sin embargo, no todos los países han implementado BIM en sus proyectos de la misma manera. Por ello, se han realizado distintos estudios para determinar el estado de adopción BIM en el Perú, los cuales reflejan el progreso histórico del nivel de adopción, así como los factores que impiden el continuo desarrollo de este.

En la conferencia titulada “Nivel de adopción de BIM en el Perú”, Christian Leyton, presidente del Comité BIM del Perú, explica los niveles de BIM empleando el siguiente esquema:

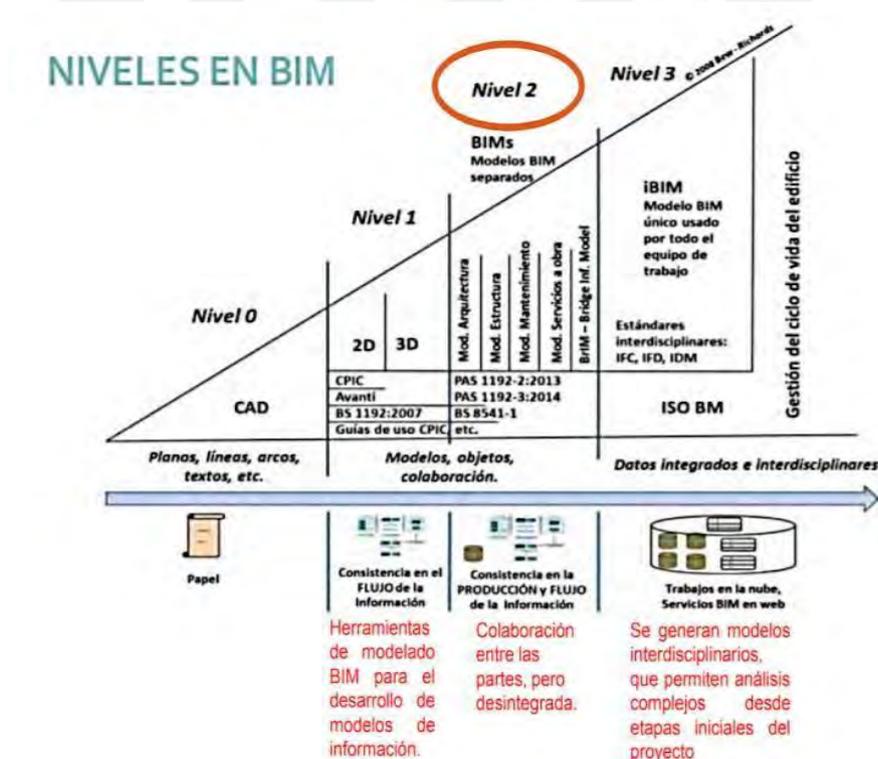


Figura 5: Modelo de madurez BIM. Fuente: Bew-Richards (2008).

Como se puede apreciar en la Figura 5, existen 4 niveles que dependen de los usos de BIM que se empleen en un proyecto, tal como se describe en la imagen. Así, Perú se encuentra ubicado en el nivel 2, pues la mayoría de proyectos que usan BIM lo hacen mediante modelos independientes de cada especialidad; por ello, no existe colaboración entre los modelos y no se permite el sistema integrado que permite aprovechar los beneficios BIM al máximo.

Históricamente, el aumento de adopción BIM en el país ha ido de la mano con sucesos que datan desde los inicios de la presente época, los cuales se podría afirmar que contribuyeron a impulsar la implementación de esta tecnología. Según la conferencia de Leyton, entre los más destacados se encuentran los siguientes:

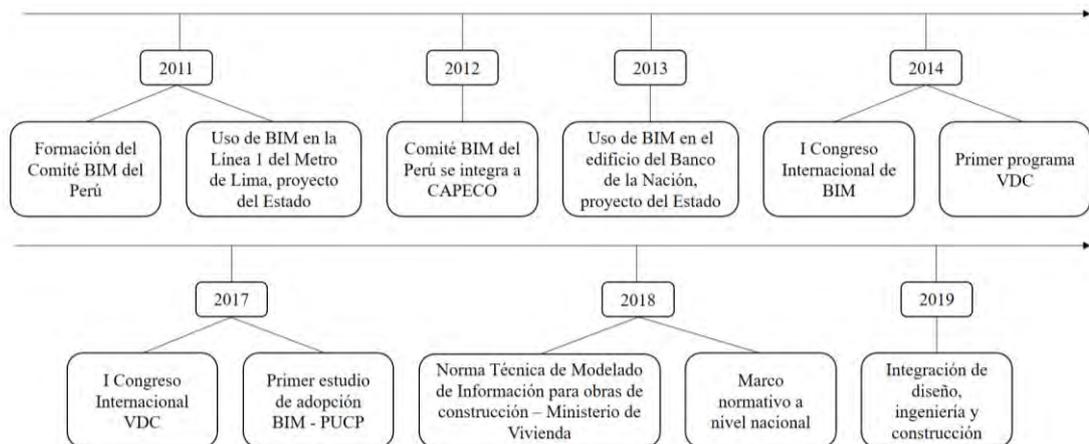


Figura 6: Línea de tiempo de los sucesos importantes relacionados a BIM. Tomado de Conferencia de Leyton (2018)

De estos sucesos, uno de los más relevantes es el Primer estudio de adopción BIM, ya que presenta los resultados de una investigación realizada en distintos proyectos de construcción, con los cuales se puede entender la realidad de la adopción BIM en la actualidad.

En el año 2017, la Pontificia Universidad Católica del Perú publicó un informe titulado “Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificaciones en Lima y Callao 2017”, el cual tuvo como investigador principal al ingeniero Danny Murguía. Esta investigación parte de la necesidad de saber el estado de adopción BIM en los proyectos de Lima Metropolitana, pues si bien muchos de ellos señalan que emplean BIM, estos suelen limitarse a modelar la edificación, mas no a emplearlo como un integrador de sistemas: “el máximo responsable de la integración de los modelos virtuales de todas las especialidades, que dirige la colaboración en el diseño, que promueve la constructibilidad y la operatividad, y que gestiona ingeniería de valor con la expertos de todos los involucrados dentro del costo, calidad y plazos esperados” (Murguía et al, 2017).

La metodología empleada se basó en el uso de una encuesta dirigida a gerentes de proyecto, jefes de campo o residentes que sepan el estado real del uso de BIM en la obra a la que pertenecen. De esta manera, los resultados obtenidos se analizaron a través del método descriptivo para mostrar la tendencia de las respuestas a través de gráficos y tablas.

Los resultados mostraron tendencias importantes entre las unidades de análisis. Por ejemplo, se obtuvo que el 94% de los encuestados posee algún conocimiento de BIM, pero el 72% de los encuestados no posee experiencia alguna con BIM. Además, se aprecia que la adopción BIM se concentra mayormente en proyectos dirigidos por empresas grandes, pues ha adoptado el uso de BIM en el 94% de sus proyectos, a diferencia de los proyectos dirigidos por microempresas, de los cuales solo el 6% ha adoptado BIM.

Se planea realizar un segundo estudio para determinar la situación de adopción BIM en Lima Metropolitana y así comparar los resultados con los del primer estudio. Esto

permitiría evaluar la evolución de la difusión de BIM en los últimos años y su progreso por categorías.

Finalmente, una forma de expresar la progresiva adopción de BIM en el Perú es la siguiente: “La evolución en los últimos años ha sido promovida por la empresa privada, con mucha influencia en el sector público. Así mismo, la multiplicación de consorcios extranjeros en licitaciones -que ya han desarrollado esa metodología en sus países de origen- ha motivado a diferentes empresas del sector a invertir en la educación de sus profesionales y en la implementación de la metodología en sus áreas de proyecto. Los resultados son impresionantes” (Basurto, 2018).

2.4. Dificultades durante la implementación de BIM

La metodología BIM tiene como fin la mejora de la productividad y calidad en los proyectos. Esta se presenta como una innovación que conlleva beneficios para sus usuarios mediante el trabajo colaborativo entre los involucrados; además, logra reducir los desechos y optimizar todas las etapas de este (Azhar, 2011). A pesar de ello, su difusión e implementación ha tenido diversas barreras desde sus inicios, por lo que ha sido objeto de estudios de distintos investigadores con la finalidad de eliminarlas y permitir su correcta adaptación en la industria de la construcción. Por lo expuesto, en las últimas décadas se han elaborado numerosos informes científicos acerca de la difusión de BIM y su adopción en distintos países.

2.4.1. Factores que afectan la adopción de BIM

La adopción de nuevas tecnologías siempre será un proceso largo, pues su aprendizaje y aceptación son puntos principales en el proceso de adopción de una tecnología. En el

caso de la metodología BIM, su uso ha ido incrementando en los últimos años; sin embargo, se han presentado obstáculos durante el proceso de adopción que pueden deberse tanto a la accesibilidad a la tecnología como al aprovechamiento de la misma, tal como se ha visto en capítulos anteriores.

- Un estudio realizado por Arayici et al. (2009) sobre las barreras durante la implementación BIM en Hong Kong mostró que la adopción de BIM es aún bajo; sobre todo en los arquitectos, los cuales representan un papel importante en la implementación de BIM. Además, del estudio se obtuvo que el uso de BIM es aún muy bajo comparado con el uso de herramientas tradicionales como el CAD. El estudio también indica que la baja adopción de BIM se ve debe a la división que existe entre el diseño y el dibujo, el complicado y largo proceso de modelado, la falta de capacitación y soporte técnico, además de la poca disponibilidad de software de prueba gratuito.

Según este estudio, los usuarios BIM aseguran que el uso de BIM es beneficioso ya que presenta diferentes vistas del proyecto, así como la posibilidad de crear y actualizar modificaciones de manera automática e instantánea. Sin embargo, aproximadamente la mitad de los no usuarios BIM encuestados jamás había escuchado sobre esta metodología, lo cual evidencia que aún falta una mayor difusión del mismo. El resto de encuestados consideraba que el software tradicional satisfacía las necesidades de diseño y dibujo, y que BIM no pudo reducir el tiempo de diseño.

Los resultados del estudio muestran que los no usuarios de BIM, a pesar de tener conocimiento de la existencia de la metodología, siguen considerando más provechoso continuar el proceso tradicional de diseño y construcción. Es necesario la mejora de asistencia respecto a los softwares para permitir un mejor entendimiento

de los mismos. También se observa la gran influencia que tienen los clientes y otros miembros del equipo de proyecto para iniciar una implementación de BIM. Estos, al no tener un conocimiento básico, son los primeros en rechazar la implementación de esta nueva metodología.

- En el año 2013, Kriengsak Panuwatwanich, miembro de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Griffith, Queensland, Australia, y Vachara Peansupap, miembro del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chulalongkorn, Bangkok, Tailandia, realizaron una conferencia en Budapest, Hungría, en la cual expusieron un estudio titulado “Factores que afectan la actual difusión de BIM: un estudio cualitativo de una red profesional en línea”. Los autores partieron de la problemática existente de la lenta difusión de BIM y su adopción, la cual no había alcanzado su máxima capacidad; por ello, decidieron investigar las percepciones que tenían los profesionales de AEC en cuanto a BIM.

La metodología de esta investigación empleada fue realizar debates públicos en una popular red profesional llamada LinkedIn. “La investigación adoptó la teoría de Difusión de Innovación (DOI) de Everett Roger como un marco conceptual para orientar el análisis. El análisis se realizó utilizando una técnica cualitativa a través del software NVivo 10 para analizar 45 hilos de discusión recuperados de uno de los grupos de discusión de BIMspecific para temas y conceptos relevantes para la difusión de BIM” (Panuwatwanich et al, 2013).

Los resultados obtenidos revelaron que la mayoría de usuarios son conscientes de los beneficios de BIM; sin embargo, hay obstáculos que impiden su adopción:

En primer lugar, la dificultad de ajustar su proceso de trabajo a esta tecnología debido la resistencia al cambio originada por la cultura existente. En segundo lugar, hay usuarios que implementan BIM para encontrar soluciones a corto plazo en lugar

de adoptarlo en un proceso a largo plazo. Esto conllevaría a la insatisfacción de resultados obtenidos y, por lo tanto, a una errónea decepción de los beneficios de BIM. Finalmente, también se identificó la falta de una cultura y ambientes organizados que permitan una correcta difusión de la innovación.

- En el año 2012, McGraw Hill Construction publica el informe “The Business Value of BIM” (McGraw Hill, 2012) en el que se exponen los beneficios de la implementación de la metodología BIM en los proyectos, además de mostrarse el nivel de adopción de BIM obtenido mediante encuestas al sector AEC estadounidense, se obtiene que aproximadamente el 46% de la industria hacía uso de BIM, valor que demostraba el rápido crecimiento de la adopción BIM en comparación del 28% obtenido en el mismo informe en el año 2010. A pesar del alto crecimiento de adopción, aún se mostraba un alto rechazo a su uso por parte de los no usuarios divididos en empresas de diseño y construcción (A/E), contratistas y clientes.

Del estudio se obtuvo que una de las principales razones que evitaban el uso de BIM era que no resultaba eficiente al aplicarlo en proyectos pequeños y medianos, lo cual se ve relacionado a la baja implementación en organizaciones pequeñas y medianas quienes suelen realizar este tipo de proyectos. En el caso de las empresas A/E existe un menor interés por iniciar la implementación de BIM debido a que el 53% considera que el tiempo formación que requiere es bastante largo; mientras que el 46%, que el costo de los softwares es alto. El 55% de los clientes no poseen un claro entendimiento de BIM, por lo que rechazan su uso en los proyectos. En el mismo estudio se realizó una encuesta sobre los factores influyen en la decisión de los no usuarios a no hacer uso de BIM, en el cual predominó la falta de demanda de parte

de los clientes. En las empresas A/E se vio como principal razón el costo de los softwares (52%), seguido de un 44% que considera que los procesos usados en BIM no son aplicables a sus proyectos.

Así como estos se han realizado muchos estudios alrededor del mundo, buscando identificar las dificultades que se presentan al implementar BIM. Es así que Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018) en su estudio realiza un resumen de los principales obstáculos que diversos autores, a continuación, se presenta un fragmento de dicho resumen:

Tabla 3: Principales barreras de la implementación BIM según otros autores.

Autor	Barreras durante la implementación de BIM
A. Elmualim and J. Gilder (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Poco conocimiento de BIM - Falta de entrenamiento - Costo de la formación
K. A. Al-shaikhli (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de capacitar al personal sobre nuevos procesos/flujos de trabajo - Nivel de entendimiento de BIM necesario para poder implementarlo
M. Abubakar, Y.M. Ibrahim, D. Kado, and K. Bala (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - La resistencia al cambio - La necesidad de contratos BIM - Costo de la formación
N. Nazar (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - El propietario no solicita el uso de BIM. - Los pequeños proyectos no se preocupan por usar el BIM - Costos de instalación inicial - La fuerte resistencia al cambio
NBS (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas relacionados con interoperabilidad - Costos de instalación inicial - Insuficientes estándares BIM
NBS (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Escasez de expertos - La necesidad de contratos especiales - La fuerte resistencia al cambio - Competencia débil
R. Stanley and D. Thurnell (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Poco conocimiento de BIM - El propietario no solicita el uso de BIM - La fuerte resistencia al cambio - BIM no es requerido por otros miembros del equipo

Autor	Barreras durante la implementación de BIM
S. Liu, B. Xie, L. Tivendal, and C. Liu (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de claridad en las responsabilidades del contenido de los datos - Necesidad de asignar el rol de director de BIM - La filosofía de BIM requiere la reestructuración de las metodologías de trabajo dentro de las empresas
S. M. Ahmed, H. H. Emam, and P. Farrell (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Escasez de expertos - Falta de entrenamiento - El propietario no solicitó el uso de BIM - Costos de instalación inicial
V. Kushwaha (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Estándares BIM insuficientes - Costo del software - Tiempo de entrenamiento
Y. Arayici (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de instalación inicial - Tiempo de entrenamiento - Problemas relacionados con interoperabilidad - Cambio de las metodologías de trabajo
Z. Zakaria, M. A. Nasly, T. H. Ahmad, A. Marshall-Ponting, and A. H. Zuhairi (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Competencia débil - Costo del software - El propietario solicita el uso de BIM solo en determinadas etapas - Escasez de expertos

Adaptado de "Barriers of adoption Building Information Modeling (BIM) in construction projects of Iraq" por Hatem et al. (2018)

Se aprecia una variedad de barreras presentes durante la implementación de BIM las cuales se repiten entre los distintos estudios. Entre los cuales podemos identificar costo y tiempo que toma el aprendizaje de la metodología, la necesidad de implementar nuevos flujos de trabajo dentro de las empresas y el poco conocimiento que se tiene sobre BIM, lo cual se refleja en la poca cantidad de profesionales con las competencias necesarias para la implementación, además de la falta de estándares sobre el uso de BIM.

2.4.2. Brecha digital en BIM

Como se ha mencionado anteriormente la implementación de las tecnologías en la industria de la construcción se encuentra fuertemente afectado por distintas dificultades los cuales crean una gran brecha digital en las empresas. Una de estas nuevas tecnologías es la metodología BIM que, a pesar que actualmente existe una gran cantidad de investigaciones y los proyectos en los que se ha impulsado su adopción, está sigue dándose de manera lenta e incompleta.

Así lo expone Mauricio Loyola, miembro del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile, en su artículo titulado “La difusión y masificación de BIM en la industria: el caso chileno”, describió el problema de la brecha digital en el caso BIM con la siguiente cita: “Cuando solo un grupo de aventureros utiliza la tecnología de manera aislada, los beneficios que ellos obtienen son inferiores a los que alcanzarían con un trabajo integrado y colaborativo y, por lo tanto, podrían no ser lo suficientemente atractivos para entusiasmar a aquellos más renuentes” (Loyola, 2014). Además, señaló que en países donde BIM no se encuentra muy difundido, se complica tener equipos de construcción en los que todos sus miembros sean parte del trabajo colaborativo de la tecnología BIM y, por ende, se limitarían a emplearla en determinadas etapas del proyecto y no durante todo el desarrollo del mismo. Frente a esta situación, desarrolló un artículo en el que mostró el trabajo que realizó un grupo de empresas privadas que ofrecieron servicios BIM a equipos profesionales que desconocían de esta metodología y que, de esta manera, impulsaron y difundieron los beneficios de la tecnología BIM en Chile.

El artículo consta de dos estudios cuantitativos que se desarrollaron en los años 2011 y 2013. La metodología de ambos estudios consistió en una encuesta de alcance nacional destinada a oficinas de ingeniería, arquitectura y construcción; sin embargo, el primer

estudio se orientó a medir el nivel de adopción BIM en Chile, y el segundo a caracterizar más detalladamente el estado de adopción BIM dos años después.

Los resultados obtenidos fueron alentadores para la masificación de BIM en Chile, pues en un principio se observó que los usuarios BIM eran subcontratados para servicios externos de modelación y coordinación BIM. No obstante, ese tipo de trabajos se fueron sustituyendo por servicios directos; es decir, los usuarios directos comenzaron a ser más requeridos en los proyectos para emplear las funciones avanzadas e integradas de esta tecnología durante todo el proyecto. Por lo tanto, se pudo concluir que los servicios externos de BIM fueron un buen inicio para la difusión de los beneficios y herramientas de BIM, pero aún se necesita mayores esfuerzos para disminuir el número de no usuarios a fin de aprovechar todas las herramientas que esta tecnología nos ofrece.

Por otro lado, la Encuesta Nacional BIM (Loyola, 2013) realizada en Chile brinda una primera vista al nivel de adopción de BIM de manera individual. En esta encuesta se encontró que el 62% de los entrevistados se identificaba como no usuario, pero que más de la mitad de este porcentaje sí tenía conocimiento sobre la metodología BIM. Estos últimos expusieron las principales razones por las que no hacían uso de BIM, entre las cuales se encuentran la falta de personal capacitado, el alto costo de las licencias de los softwares y que BIM no es considerado como valor agregado al proyecto por parte de los clientes.



Figura 7: Nivel de adopción de Encuesta Nacional de BIM en Chile. Extraído de M. Loyola, 2013



Figura 8: Razones de No usuarios para no usar BIM. Tomado de M. Loyola de Encuesta Nacional de BIM en Chile (2013).

Similarmente, en Perú se han realizado dos estudios sobre el nivel de adopción BIM, los cuales permiten realizar una comparación del crecimiento que se tiene en el uso de esta metodología. Ambos estudios muestran de manera general que existe un crecimiento en la adopción de BIM en el Perú, sin embargo, este crecimiento no se mantiene dentro de los proyectos. Se muestra un bajo grado de madurez en los proyectos de construcción lo cual genera una brecha digital en la calidad de uso de esta tecnología.

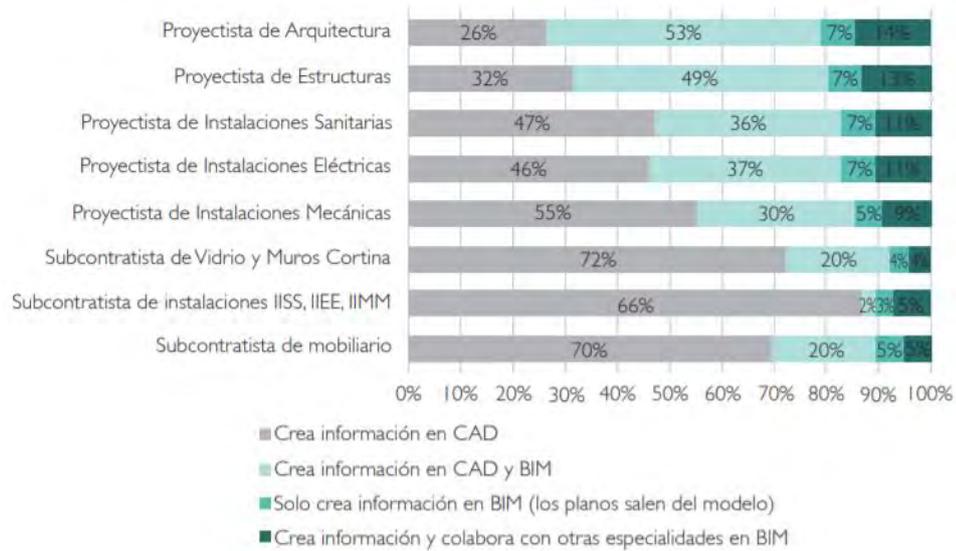


Figura 9: Grado de madurez BIM en proyectos de edificación urbana en Lima Metropolitana y Callao en el 2020. Tomado de Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao (Murguía et al, 2017)

Otra demostración de la brecha digital existente en BIM, en el caso de Perú, se presenta en el Reporte Regional del Building Information Modeling (Vizcarra, 2018) realizado en la ciudad de Cusco, Perú. En este estudio se identificaron los niveles de adopción mediante el registro de usuarios y no usuarios BIM a partir de un sondeo general, el cual reflejó un mayor porcentaje de no usuarios. Además, se exponen los motivos por los que los no usuarios encuestados consideran que no se está haciendo uso de BIM, entre los cuales se presentan en mayor porcentaje la desinformación y la falta de educación profesional sobre la metodología BIM y sus herramientas.

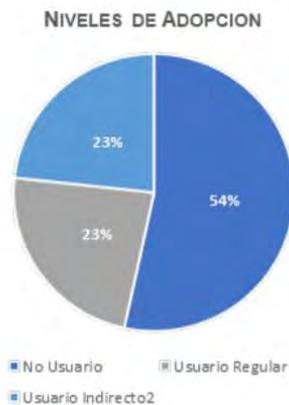


Figura 10: Niveles de adopción BIM de Reporte Regional del BIM en Cusco. Adaptado de J. Vizcarra, 2018.

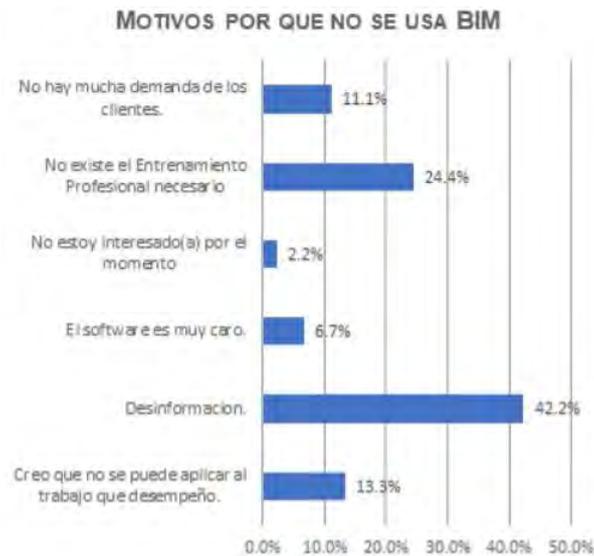


Figura 11: Motivos porque no se usa BIM de Reporte Regional del BIM en Cusco. Adaptado de J. Vizcarra, 2018.

Como se ha visto en el presente capítulo, la brecha digital en la industria AEC es un problema que data desde hace muchos años en diferentes países. En el caso de Perú, la existencia de una brecha digital BIM es una realidad, por lo que se refuerza el planteamiento de la presente investigación de analizar más a fondo el estado actual de la brecha digital en las obras que se desarrollan en el territorio nacional y así brindar recomendaciones para mitigar este problema existente entre los profesionales de la construcción.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo se llevará a cabo una investigación cualitativa exploratoria a fin de analizar la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en empresas constructoras locales. Para ello, la metodología de investigación constará de 6 partes, las cuales se presentan en el siguiente esquema y serán detalladas posteriormente:

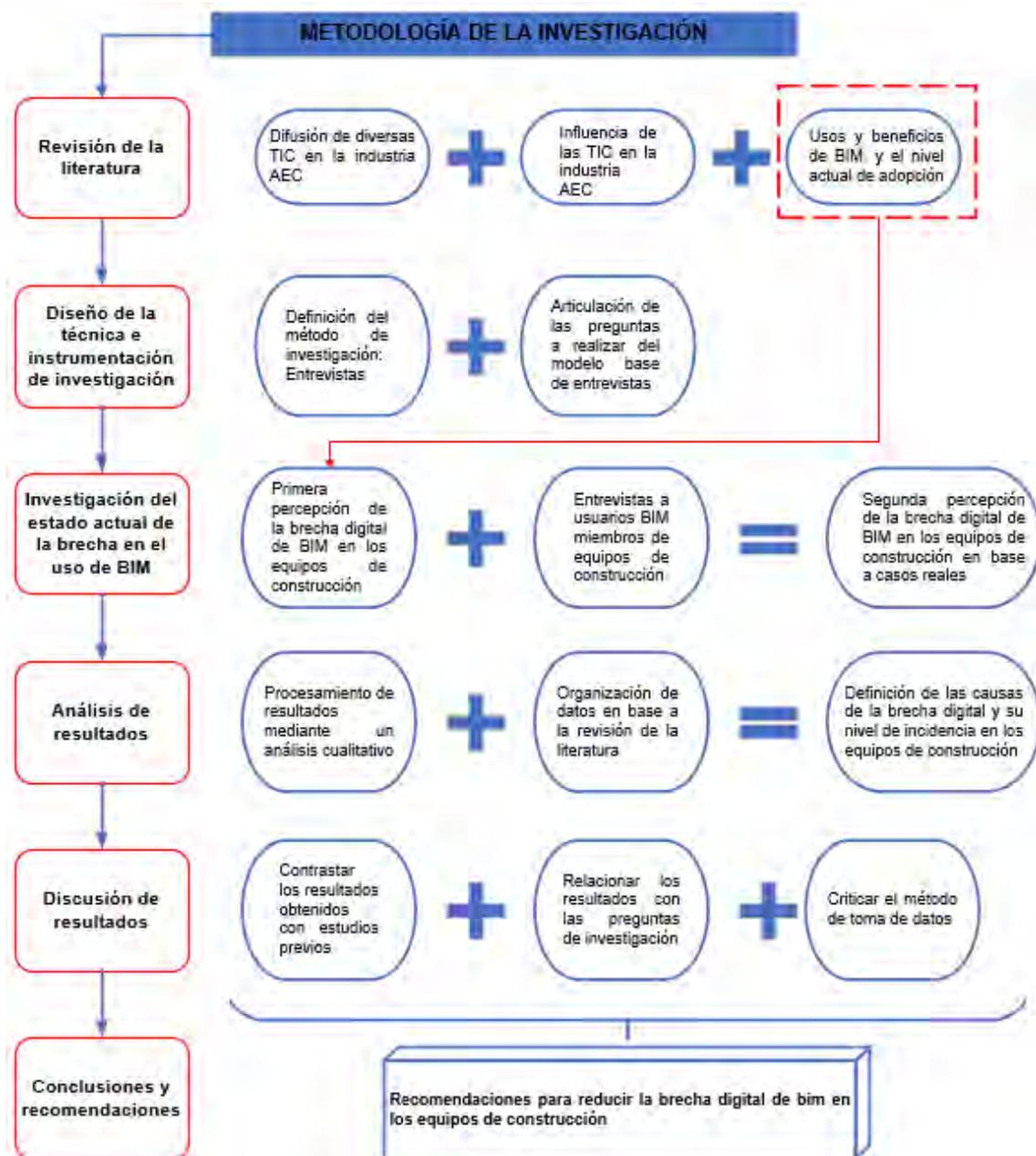


Figura 12: Esquema de la metodología. Elaboración propia.

- Revisión de literatura

Se recopilará información acerca de la difusión de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), principalmente de los factores que contribuyeron o afectaron en la rapidez de difusión de estas tecnologías. Además, se investigará acerca de la repercusión de las TIC en la industria AEC (Architecture, Engineering & Construction). Así, se podrá comparar la información obtenida con la situación que atraviesa la difusión de la tecnología BIM. Por otro lado, se reunirá información de los usos BIM en proyectos de construcción y los beneficios que estos conllevan; asimismo, se recopilará información de la brecha digital dentro de los equipos de construcción. Para ello se revisarán estudios de adopción de BIM en diferentes países y el proceso histórico que este ha atravesado.

- Diseño de la técnica e instrumento de investigación

Debido al enfoque de la investigación, se empleará la entrevista como método de recolección de datos. Asimismo, estas serán del tipo semiestructuradas, ya que se emplearán preguntas abiertas y cerradas para obtener la mayor cantidad de información posible. Por ello, se diseñarán preguntas a fin de obtener respuestas a las preguntas de investigación y, conforme se encuentren defectos durante la investigación y se reciban sugerencias por parte de los entrevistados, estas se irán perfeccionando a fin de encontrar un diseño final óptimo.

- Investigación del estado actual de la brecha en el uso de BIM

Se realizará entrevistas a profesionales que hayan tenido a cargo la toma de decisiones en equipos de construcción de proyectos BIM. Estas tendrán por finalidad obtener un panorama más amplio de la brecha digital existente entre usuarios y no usuarios BIM. Se espera adquirir, bajo experiencia propia de los entrevistados, información relevante que

responda a las preguntas de investigación planteadas. Así, se verificarán las actividades que desarrolla un usuario BIM en una obra, las causas de la brecha digital existente en equipos de construcción, y las desventajas que enfrentan los no usuarios BIM en la ejecución de una obra de construcción y su repercusión en el desarrollo del proyecto.

- Análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas

Se organizará la información de modo que, empleando la data de la revisión de literatura y las respuestas de las entrevistas, se obtengan los principales usos BIM en los proyectos de la industria AEC y cómo estos se relacionan con las desventajas que padecen los no usuarios BIM en la ejecución de una obra de construcción. Además, se analizarán las principales causas de la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM y la viabilidad de propuestas para reducirla a corto o largo plazo. Por ello, se procesará la información adquirida en las entrevistas mediante un análisis cualitativo, el cual permitirá extraer las ideas principales y agruparlas por códigos que representarán las respuestas. Adicionalmente, a partir de estos códigos se generarán gráficos que presenten la información recopilada de manera visual y ordenada para finalmente describirla detalladamente.

- Discusión de resultados

Se realizará una crítica a los resultados obtenidos de las entrevistas y se contrastarán con los estudios previos recopilados en el capítulo de Revisión de literatura. Además, se relacionará las preguntas realizadas a fin de obtener respuestas a las preguntas de investigación. Posteriormente, se evaluará las limitaciones del método de investigación empleado en el presente trabajo y se sugerirá recomendaciones para próximos estudios.

Así, finalmente, se propondrán recomendaciones para las gerencias de las empresas constructoras en base al estudio realizado.

- Conclusiones y recomendaciones

Se presentarán las conclusiones de la investigación en base al análisis de resultados obtenidos mediante el método estadístico descriptivo. Con ellas, procederá a brindar recomendaciones finales que permitan reducir la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM en las empresas constructoras locales.

4. DISEÑO DE LA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

El instrumento de investigación es la herramienta base para la recolección de datos, por lo que el diseño de la misma debe entregar confiabilidad, validez y objetividad a los resultados que se obtendrán. La presente investigación busca conocer percepción de los profesionales sobre la brecha digital existente en los equipos de trabajo y así dar respuesta a los objetivos planteados en conjunto con la información obtenida en la revisión de literatura, por lo que se optó por la entrevista pues es “una conversación formal, con una intencionalidad, que lleva implícitos unos objetivos englobados en una investigación” (Peláez et al, 2013).

4.1. La entrevista semiestructurada

Una vez que se decidió el instrumento de investigación, se realizó un análisis del tipo de entrevista que se emplearía, pues se clasifican de la siguiente manera: entrevista estructurada, semiestructurada y no estructurada, y cada una está destinada para determinado tipo de investigaciones.

La entrevista estructurada se basa en preguntas cerradas que están orientadas a obtener respuestas solo a determinadas preguntas, lo cual no es conveniente para esta investigación porque los entrevistados se limitarían a responder esas preguntas y no se recogería una perspectiva más amplia.

La entrevista no estructurada carece de un esquema previamente preparado, pues las preguntas se formulan a raíz de las respuestas que brinda el entrevistado. Entonces, si bien se busca un diálogo espontáneo con los profesionales, se consideró óptimo tener una pauta marcada en la entrevista a través de las preguntas que se diseñarán para la misma.

Así, se decidió el uso de entrevistas semiestructuradas. Estas permiten tener un mayor control sobre los temas a tratar durante la entrevista sin dejar de ser flexible, lo cual permite que los entrevistados expresen sus opiniones y conocimientos a través de preguntas abiertas que fomenten el diálogo con el entrevistado y así se puedan entrelazar los temas a tratar.

Las preguntas de la entrevista se diseñaron en base a los objetivos específicos, de manera que la entrevista se enfoque en los puntos de interés de cada objetivo. Para ello, se realizó un cuadro en el que se relaciona cada objetivo con las preguntas de la entrevista, el cual fue aprobado por el asesor de la presente investigación, el ingeniero Danny Murguía, que es un profesional altamente calificado en el tema. Sin embargo, al ser una entrevista mixta, esta no se limitó a estas preguntas, ya que las respuestas de los entrevistados podrían generar nuevas preguntas de manera espontánea durante la entrevista que permitan relacionar los objetivos.

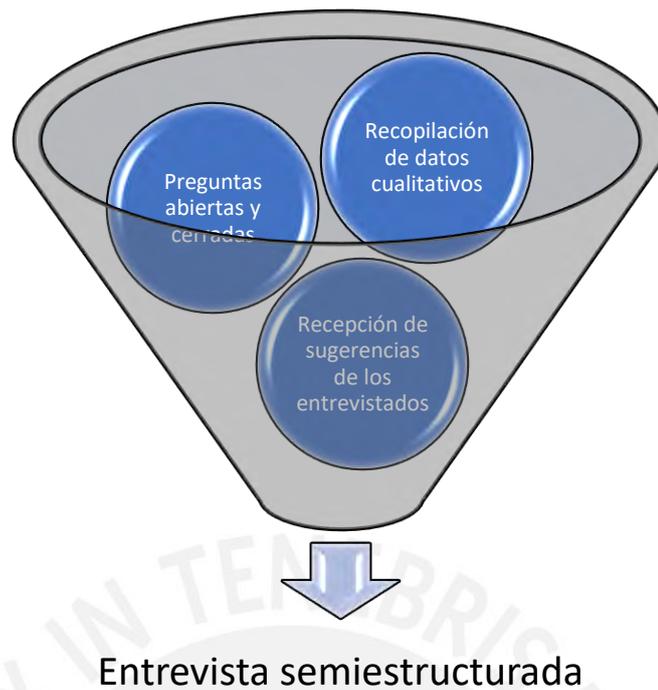


Figura 13: Formación de la entrevista semiestructurada. Elaboración propia.

4.2. Estructura de la entrevista

4.2.1. Preguntas de control

Al inicio de cada entrevista se realizaron cinco preguntas al entrevistado para garantizar que cumplan con el perfil buscado en la presente investigación. Estas fueron preguntas cerradas y abiertas, y estuvieron referidas a su experiencia profesional y a su relación con BIM en los proyectos de construcción en los que haya participado. Cabe resaltar que parte de esta información ya se conocía previamente a la entrevista, pues fue consultada a los profesionales al contactarlos y explicarles la finalidad de la entrevista; sin embargo, es importante tenerla registrada para garantizar la fidelidad de los resultados de la investigación.

Las preguntas control realizadas fueron las siguientes:

- A. Años de experiencia profesional
- B. Rol dentro de la obra
- C. Explique brevemente lo que entiende sobre BIM
- D. ¿Qué usos le han dado a BIM en el proyecto?
- E. ¿En qué fase del proyecto se ha implementado el uso de BIM?

4.2.2. Preguntas de la entrevista

Las preguntas de la entrevista están relacionadas a los objetivos de la investigación presentados en el primer capítulo. Estas son preguntas abiertas que brindarán a los profesionales la posibilidad de contar sus experiencias y aprendizajes del trabajo con BIM en proyectos de construcción. De esta manera, en base a la información obtenida en las respuestas de los entrevistados se podrá interrelacionar las preguntas de la entrevista para dar respuesta a las preguntas de investigación. Por este motivo, se organizaron las preguntas en la siguiente tabla para una mayor visibilización del objetivo que satisface cada una y así tener un mejor manejo de la entrevista.

Tabla 4: Relación entre los objetivos planteados y las preguntas de entrevista. Elaboración propia.

Objetivo relacionado	Pregunta de entrevista
a. Determinar cuáles son las actividades que un usuario BIM desarrolla dentro de una obra	¿Qué actividades tiene a su cargo un usuario BIM en esta obra?
	¿Cuáles son los roles que desempeña un no usuario BIM en el área donde se ha implementado BIM?
	¿Qué factores impulsaron la implementación de BIM en la ejecución de este proyecto?

b. Definir las causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM	¿Cuáles considera Ud. que son las principales causas por las que existe una brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM?
	¿Qué cambios positivos y/o negativos ha identificado desde la implementación de BIM en el proyecto?
c. Identificar las desventajas que padecen los no usuarios BIM a consecuencia de la brecha digital a comparación de los usuarios BIM	En base a su experiencia en el uso de BIM en obras de construcción, ¿cuáles son las principales desventajas que ha identificado para un no usuario BIM frente a un usuario BIM?
d. Formular recomendaciones a fin de reducir la brecha digital existente	¿Durante la implementación de BIM en una empresa es factible buscar el apoyo de consultores BIM?, si se decide buscar su apoyo ¿son necesarios solo durante el inicio o para siempre, a pesar de haberse consolidado la metodología en la empresa?
	¿Qué estrategias emplearía Ud. en una empresa constructora a fin de reducir esta brecha digital?
	¿Cuáles son los factores de la industria que ayudarían a superar esta brecha digital?

4.3. Perfil del entrevistado

El perfil buscado en los profesionales de la industria de la construcción es haber participado en la ejecución de obras donde se haya implementado BIM y contar con un mínimo de 4 años de experiencia profesional para que se cuente un panorama amplio del estado de la industria AEC. Sin embargo, si bien hay distintos cargos que se pueden ocupar en obras de este tipo, lo que se requería para esta investigación es haber tenido responsabilidades de toma de decisiones dentro del equipo de construcción, pues así comprenderá las funciones de los usuarios y no usuarios BIM, su relación entre ellos y sus limitaciones en el campo de acción.

4.4. Recolección de información

Una vez definido el perfil de profesionales que se requería, se elaboró una carta de presentación para ser enviada a los potenciales entrevistados al momento de contactarlos. Esta carta fue firmada por Danny Murguía, asesor de la presente tesis de investigación, y se explicaba el propósito del estudio, la información que se solicitará y la protección de datos. De esta manera se demostraba la seriedad de la propuesta a los profesionales y brindaba una mayor oportunidad de que accedan a ser entrevistados.

Luego, se procedió con la búsqueda de los mismos a través de la red social LinkedIn. Esta brinda la facilidad de filtrar usuarios ingresando en el buscador el cargo que estén desempeñando o hayan desempeñado anteriormente, así que se encontró un buen número de ellos a los cuáles se les envió solicitud de mensaje. No obstante, a pesar de saludarlos cordialmente y enviarles la carta de presentación, muchos de ellos desistieron de la invitación o decidieron no continuar contestando los mensajes, por lo que esta vía no fue suficiente para conseguir el número de entrevistas deseadas; por ello, se optó por consultar por contactos en compañeros de universidad y en los centros laborales de los tesisistas.

Inicialmente, las primeras entrevistas se realizaron de forma presencial. Se agendaba una fecha y hora con los entrevistados y se acudía a su centro de trabajo para llevarla a cabo. Sin embargo, debido al inicio de la pandemia del COVID-19, la modalidad de la entrevista cambió y se tornó totalmente virtual a través de la plataforma de Google Meets, Zoom o llamada telefónica. De esta manera, se consiguió realizar 24 entrevistas en total entre los últimos meses del 2019 e inicios del 2021 a profesionales que participaron en el trabajo de campo de obras civiles situadas en el Perú.

Los entrevistados y sus cargos dentro de los proyectos se presentan en la siguiente tabla. Cabe resaltar que los datos personales de los participantes no serán revelados por criterios de confidencialidad, pero se presentan los cargos que ejercieron y la experiencia profesional de cada uno.

Tabla 5: Profesionales entrevistados y sus respectivos años de experiencia. Elaboración propia.

Código	Cargo	Experiencia profesional (años)	Fecha de entrevista	Duración entrevista (min)
Entrevistado 1	Jefe de producción	7	16/11/2019	14
Entrevistado 2	Supervisión de instalaciones	10	09/12/2019	20
Entrevistado 3	Coordinador de proyectos	6	11/03/2020	30
Entrevistado 4	Ingeniero de campo	10	18/02/2020	16
Entrevistado 5	Jefe de supervisión	25	13/02/2020	13
Entrevistado 6	Jefe de supervisión	13	26/12/2019	20
Entrevistado 7	Arquitecta de producción	6	22/03/2020	15
Entrevistado 8	Ingeniero residente	10	29/01/2020	30
Entrevistado 9	Ingeniero residente	6	29/01/2020	30
Entrevistado 10	Supervisor de arquitectura	9	12/02/2020	15
Entrevistado 11	Director de proyectos	7	09/12/2019	18
Entrevistado 12	Ingeniero de producción	7	25/04/2020	22
Entrevistado 13	Ingeniero BIM de campo	4	08/05/2020	30
Entrevistado 14	Ingeniero de oficina técnica	4	15/10/2020	25
Entrevistado 15	Ingeniero BIM	4	04/09/2020	20
Entrevistado 16	Ingeniero de oficina técnica	8	30/10/2020	31
Entrevistado 17	Residente de obra	12	28/11/2020	15
Entrevistado 18	Ingeniero de oficina técnica	8	06/10/2020	33

Entrevistado 19	Ingeniero BIM	5	02/12/2020	17
Entrevistado 20	Jefe de producción	5	02/12/2020	24
Entrevistado 21	Implementador de VDC	5	02/12/2020	45
Entrevistado 22	Ingeniero de oficina técnica	4	05/12/2020	44
Entrevistado 23	Ingeniero BIM	5	08/12/2020	19
Entrevistado 24	Ingeniero residente	18	12/12/2020	39

4.5. Procesamiento de la información

Luego de realizar todas las entrevistas y grabarlas, se procedió con la transcripción literal de cada una de ellas. Las entrevistas tuvieron una duración total de 9,75 horas y la transcripción por parte de los autores dio como resultado 86 páginas. Estas se encuentran en el siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1rWINsxKd27xJliC3cksBMRr4f7PRRUiq?usp=sharing>

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como se ha visto en capítulos anteriores, la metodología BIM contribuye al aumento de la productividad en los proyectos; sin embargo, su adopción requiere un proceso largo que debe contar con el apoyo y el compromiso de todos los *stakeholders* para sobrellevar las dificultades que se presenten. En este capítulo, se analizarán los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas con la finalidad de identificar la realidad de la brecha digital en equipos de construcción.

Una vez transcritas las entrevistas, se realizó un análisis cualitativo haciendo uso de los softwares Word y Excel. Este tipo de análisis por categorías y códigos se eligió debido a que permite un estudio a través de un proceso dinámico en el que se vinculan las distintas respuestas obtenidas a través de categorías en función a temas en común (Coffey et al, 2003).

Primero, empleando el software Word, se identificaron y clasificaron las ideas principales de las respuestas a través de códigos, los cuales representan los puntos más relevantes de las respuestas de los entrevistados y se clasificaron según las preguntas realizadas. Posteriormente, a través de Excel se determinó la frecuencia en la que fueron mencionados estos códigos en las entrevistas y se realizaron gráficos circulares de modo que puedan visualizarse.

A continuación, se presentarán las preguntas realizadas durante las entrevistas y las categorías identificadas, ambas representadas por sus respectivos códigos y organizadas según los objetivos que abarcan en la investigación.

5.1. Actividades del usuario BIM en obras de construcción

Pregunta A: ¿Qué actividades tiene a su cargo un usuario BIM en esta obra?

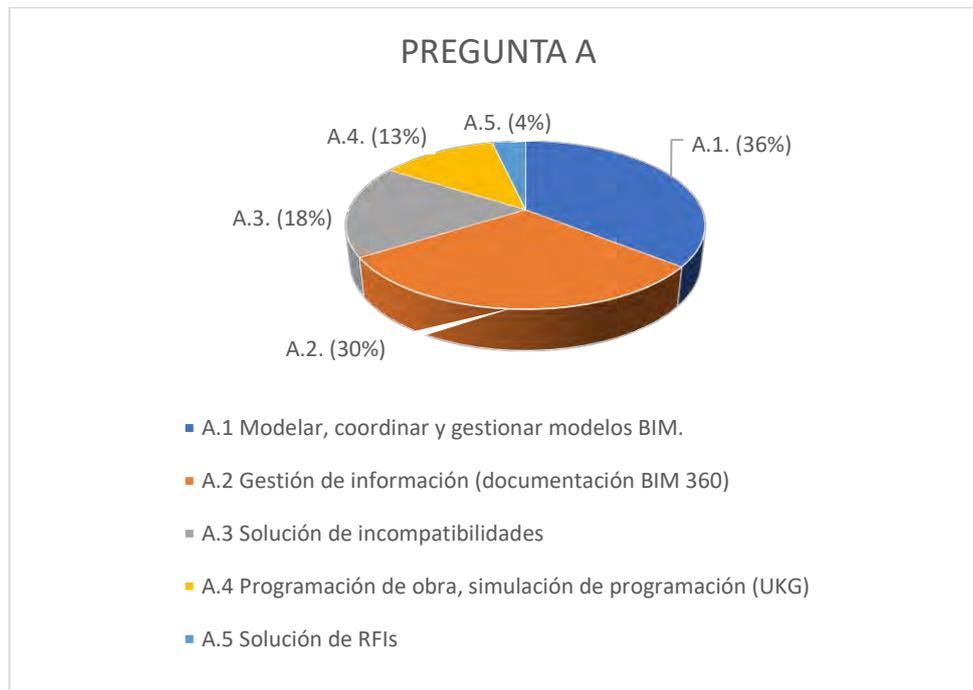


Figura 14: Códigos de la pregunta A. Elaboración propia.

Los resultados posicionan el modelamiento, coordinación y gestión del modelo 3D y de la información como las actividades de los usuarios BIM más aplicadas en obras de construcción; de la misma manera, gran parte de usuarios BIM tienen como función la solución de incompatibilidades, pues es el uso BIM más conocido. Estas actividades son empleadas para tener una mejor visualización del proyecto y facilitar la interacción con el cliente. Finalmente, se aprecia que, en menor medida, la solución de Solicitudes de Información (RFI) es un uso BIM que también se aplica en las obras, ya que reemplaza los correos o llamadas telefónicas y permite agilizar la comunicación ya sea con el cliente o especialistas.

Pregunta B: ¿Cuáles son los roles que desempeña un no usuario BIM en el área donde se ha implementado BIM?

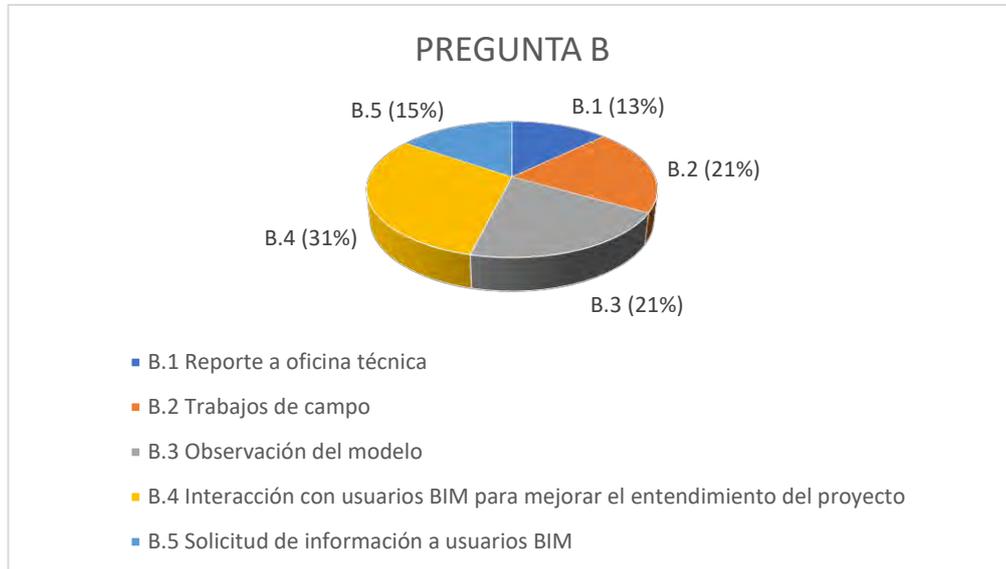


Figura 15: Códigos de la pregunta B. Elaboración propia

Las entrevistas reflejan el principal rol de los no usuarios BIM en este tipo de obras es la interacción con usuarios BIM para entender mejor el proyecto, pues esto se les complica al no saber emplear las herramientas BIM por cuenta propia y solo se limitan a observar el modelo, mas no a manipularlo. Asimismo, limitan su trabajo a realizar trabajos de campo y a realizar reportes a la oficina técnica donde los usuarios BIM trabajan con el modelo. “La información que salía de campo era reportada a la oficina técnica donde estaban los usuarios BIM. Los no usuarios BIM reportaban en hojas de Excel, documentos e informes” (Entrevistado 2).

Pregunta C: ¿Qué factores impulsaron la implementación de BIM en la ejecución de este proyecto?

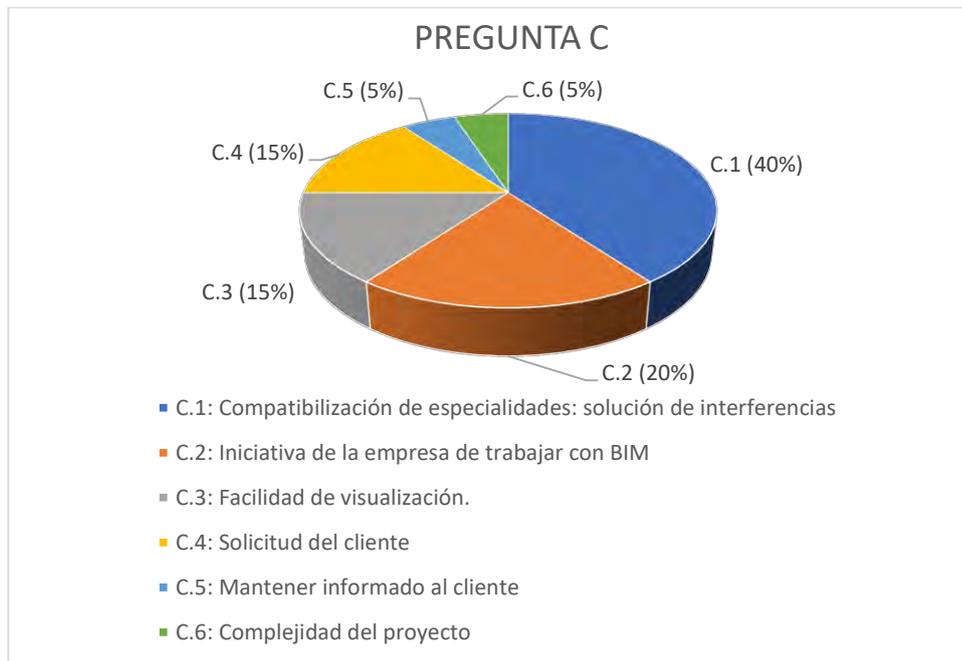


Figura 16: Códigos de la pregunta C. Elaboración propia.

Los resultados muestran a la compatibilización de especialidades como uno de los principales factores que impulsaron la implementación de BIM en su proyecto. Esta herramienta permite detectar interferencias entre especialidades en etapas tempranas del proyecto y generar reducciones en costo y plazo. Por otro lado, destacan la importancia de la iniciativa propia de la empresa para la que trabajan y la solicitud del cliente de trabajar con BIM, pues al ser una metodología poco adoptada en la actualidad, se tuvo la predisposición de invertir en ella y acceder a sus beneficios. Finalmente, resaltaron la facilidad de visualización mediante el modelo 3D, pues este permite un mejor entendimiento en proyectos de gran complejidad, además de las herramientas de intercambio de información con el cliente que proporciona la plataforma BIM 360, entre otros beneficios.

5.2. Causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM

Pregunta D: ¿Cuáles considera Ud. que son las principales causas por las que existe una brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM?

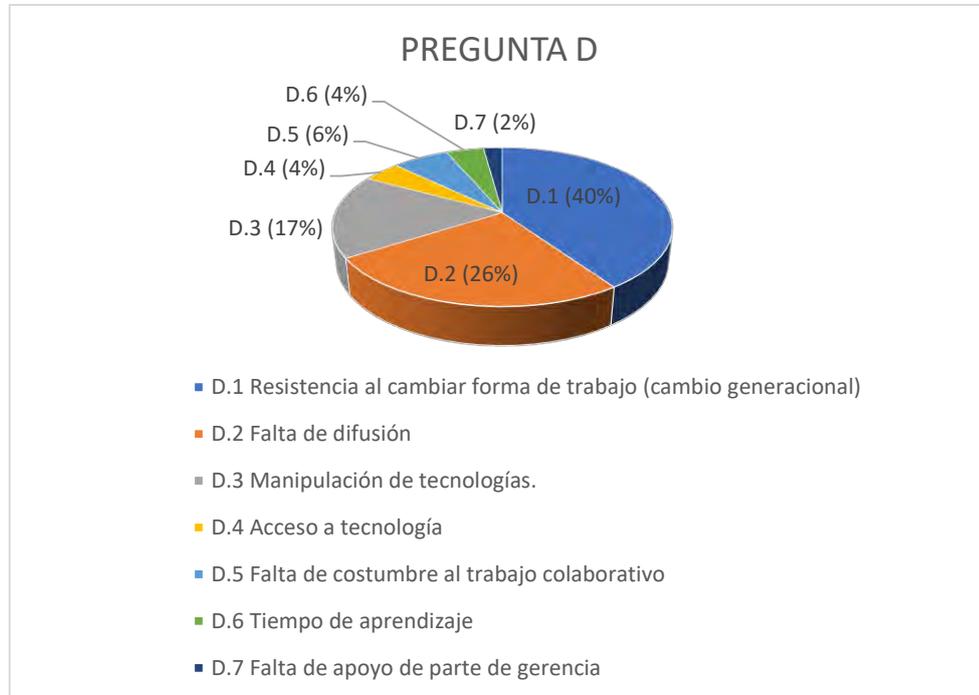


Figura 17: Códigos de la pregunta D. Elaboración propia.

Los entrevistados reconocieron la existencia de una brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM. Según las entrevistas, la resistencia al cambio se posiciona como la causa principal de esta problemática, pues el testimonio de los entrevistados refleja que los ingenieros de mayor edad se muestran en contra de trabajar con modelos 3D y desean continuar con el trabajo mediante modelos 2D. Además, “se empezó con BIM hace poco tiempo y se irá aumentando paulatinamente. Los ingenieros mayores ya no se adaptarán a esta metodología: serán los ingenieros que vienen los que la adaptarán y llegará a ser tan usual como el CAD, tal como pasó la evolución del papel al CAD” (Entrevistado 11). Por otro lado, consideran que la metodología BIM no está suficientemente difundida, por lo que sus beneficios no son muy conocidos y ello dificulta que las empresas y profesionales inviertan tiempo y dinero en profundizarse en BIM, por lo que se recibe

poco apoyo por parte de la gerencia. A ello se le suma que la tecnología BIM no es de fácil acceso por su costo y sus herramientas tecnológicas resultan tediosas de manejar a muchos no usuarios. Por último, los entrevistados indicaron que las distintas especialidades de un proyecto no están acostumbradas a trabajar entre ellas de manera colaborativa, por lo que se les dificulta adaptarse a esta nueva forma de trabajo.

Pregunta E: ¿Qué cambios positivos (E.1) y/o negativos (E.2) ha identificado desde la implementación de BIM en el proyecto?

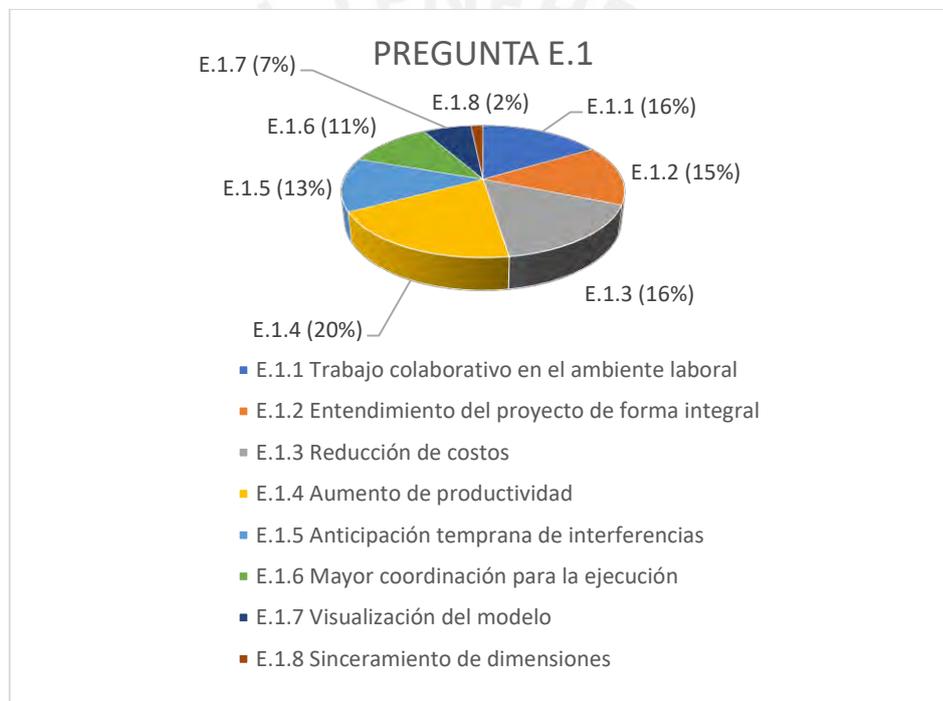


Figura 18: Códigos de la pregunta E.1. Elaboración propia.

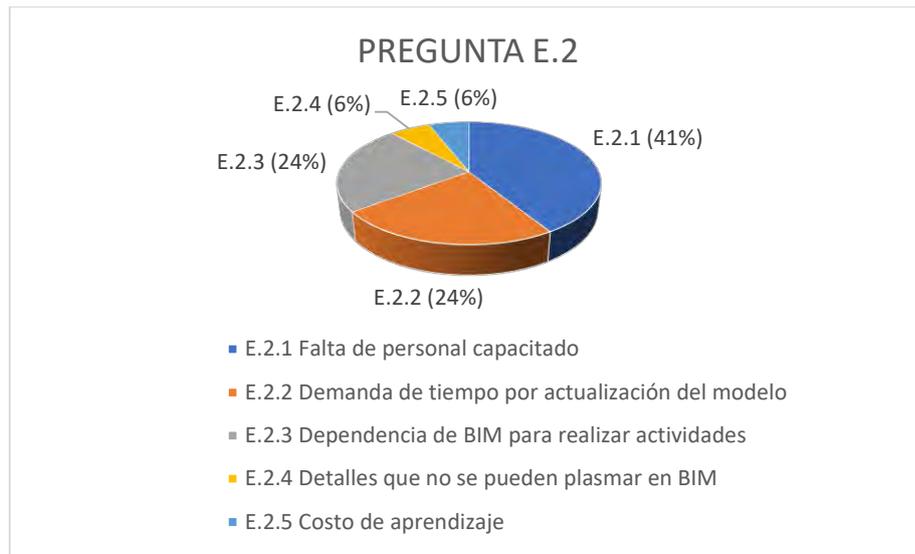


Figura 19: Códigos de la pregunta E.2. Elaboración propia.

Desde la implementación de BIM, los proyectos de los entrevistados tuvieron cambios positivos respecto a lo que se esperaría de la forma tradicional de trabajo. Por ejemplo, la mayoría identificó un aumento en la productividad a través de la implementación de BIM respecto al uso de métodos tradicionales de trabajo. Además, se permitió el trabajo colaborativo en el que se involucró al cliente y a los contratistas, lo cual facilitó la toma de decisiones, ahorro de tiempo en comunicaciones y optimizó coordinaciones durante la ejecución de obra. Por otro lado, las herramientas BIM permitieron el entendimiento del proyecto de forma integral, ya que la visualización del modelo 3D presenta el diseño real en etapas iniciales del proyecto, así como el sinceramiento de dimensiones y detección de interferencias, los cuales tradicionalmente se identificaban durante la ejecución de obra y generaban sobrecostos y extensiones de plazo.

Sin embargo, la implementación de BIM evidenció algunas carencias en los proyectos a los que se hizo referencia. Los resultados reflejan que hace falta una mayor cantidad de personal capacitado para emplear óptimamente las herramientas BIM, lo que es desfavorable, ya que muchas actividades dependen de ellas y no se dan abasto. A ello se

le suma que capacitar en BIM resulta costoso para el proyecto, tal como indicaron algunos entrevistados. Asimismo, indicaron que la actualización constante del modelo durante la ejecución de obra demanda más tiempo del que desearían, así como detalles que no se pudieron plasmar en el mismo y tuvieron que explicar verbalmente en reuniones internas o externas.

5.3. Desventajas de los no usuarios BIM frente a los usuarios BIM a causa de la brecha digital

Pregunta F: ¿Cuáles son las principales desventajas que ha identificado para un no usuario BIM frente a un usuario BIM?

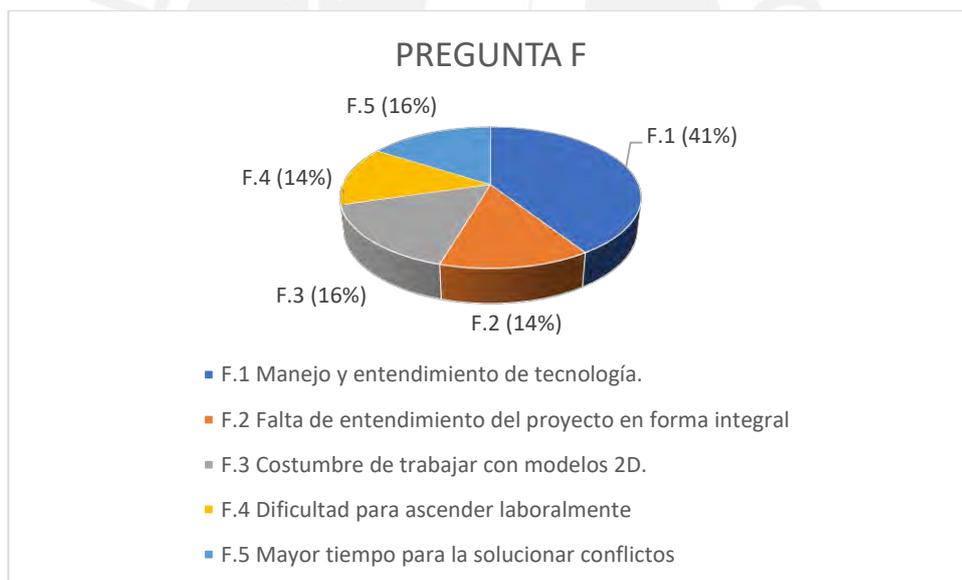


Figura 20: Códigos de la pregunta F. Elaboración propia.

Estos resultados reflejan que los no usuarios BIM presentan grandes desventajas en el día a día de ejecución de obra. Según apreciación de los entrevistados que sí son usuarios BIM, la principal desventaja de los no usuarios BIM respecto a los usuarios BIM es el manejo y entendimiento de la tecnología BIM, la cual es descrita como compleja. A esta

dificultad se le añade la falta de entendimiento del proyecto, pues al no manipular las herramientas por cuenta propia, se les complica la comprensión de forma integral a menos que se apoyen de usuarios BIM. Además, la tendencia que poseen de trabajar con modelos 2D les dificulta la comprensión de modelos 3D, así como la solución rápida de conflictos mediante su uso: “a los no usuarios BIM les cuesta trabajar con modelos 3D y con proyecciones, pues solo tienen en la cabeza imágenes en 2D” (Entrevistado 1). Por otro lado, entrevistados que se identificaron a sí mismos como no usuarios BIM señalaron que la terminología BIM es uno de las desventajas que padecen en obra y que les dificulta el entendimiento de los trabajos a realizar, así como la ya mencionada costumbre de trabajar con diseños 2D. Esto a su vez genera que los no usuarios BIM, a comparación de los usuarios BIM, requieran mayor tiempo para solucionar conflictos y ello conlleva a que tengan menos posibilidades de ascender laboralmente.

5.4. Recomendaciones para reducir la brecha digital

Pregunta G: ¿Durante la implementación de BIM a una empresa es factible buscar el apoyo de consultores BIM? (G.1) Si se decide buscar su apoyo ¿son necesarios solo durante el inicio o para siempre, a pesar de haberse consolidado la metodología en la empresa? (G.2)

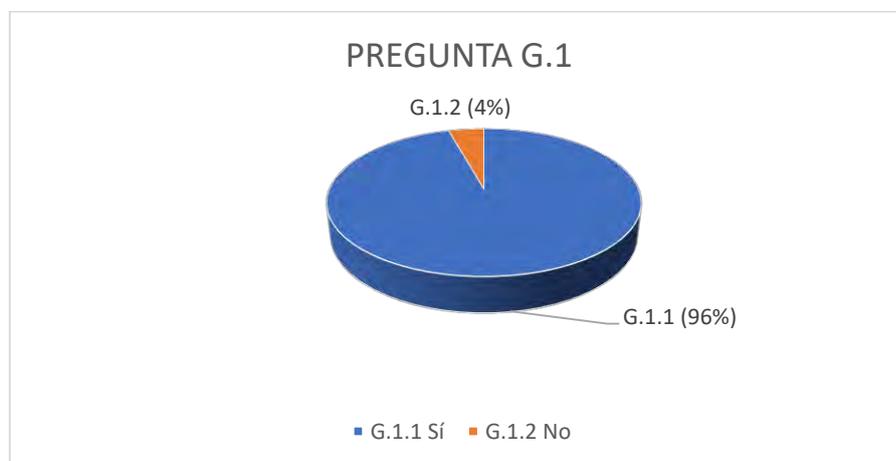


Figura 21: Códigos de la pregunta G.1. Elaboración propia.

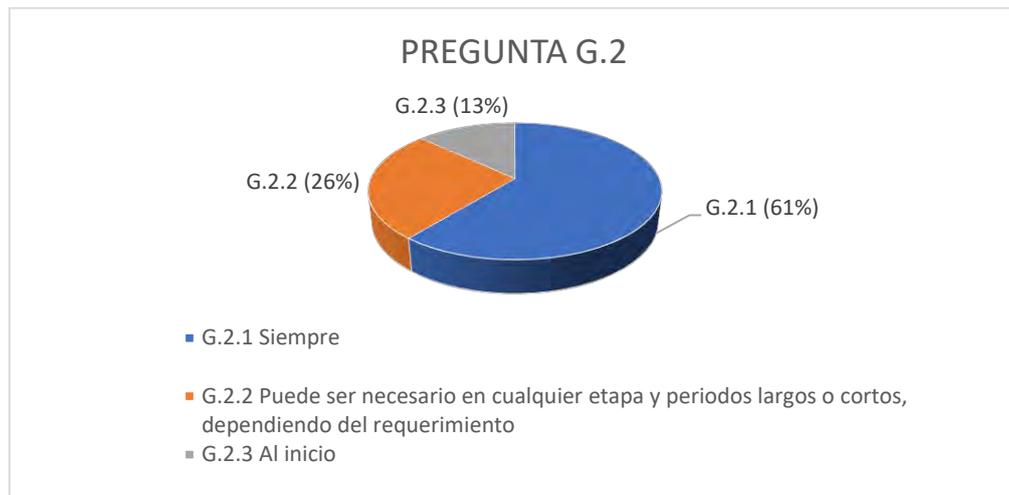


Figura 22: Códigos de la pregunta G.2. Elaboración propia.

Casi todos los entrevistados afirmaron que es factible buscar el apoyo de consultores BIM durante su implementación en una empresa; sin embargo, difirieron en qué etapas estos son necesario. El gráfico 13 muestra que la mayor parte de ellos opina que estos consultores deberían ser parte de la empresa de forma permanente, generalmente porque contribuirán en una correcta adopción BIM para la organización: “Al inicio es fundamental, luego sirve de soporte para capacitar en cuanto a mejoras o agilización de procesos” (Entrevistado 4).

Por otro lado, que algunos no los consideran imprescindibles y que solo se les debería contratar por requerimientos para etapas puntuales del proyecto, así como, en menor medida, se plantea que solo se les debería necesitar al inicio para establecer pautas.

Pregunta H: ¿Cuáles son los factores de la industria que ayudarían a superar esta brecha digital?

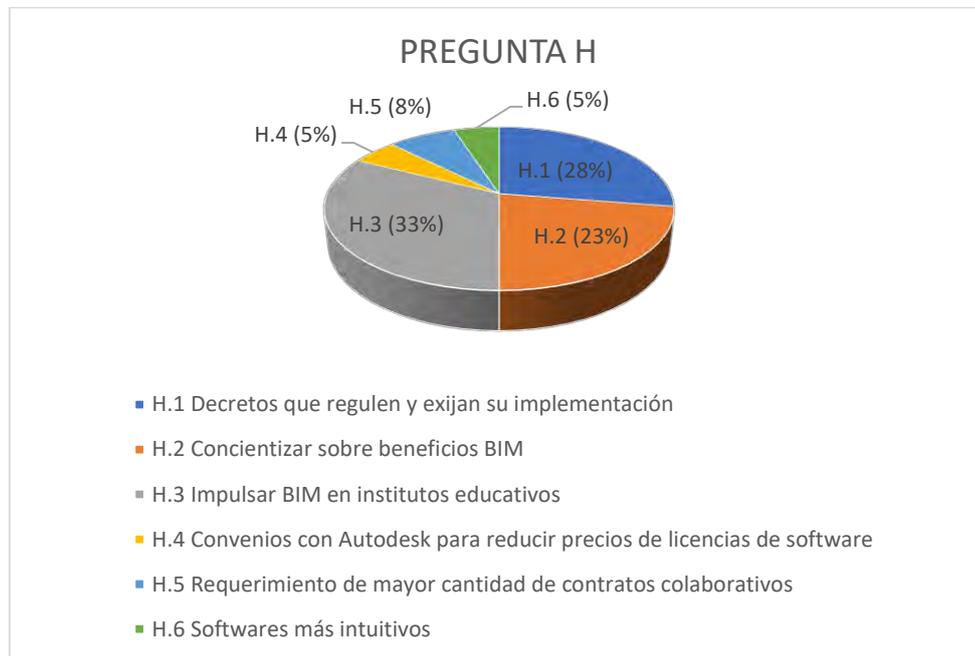


Figura 23: Códigos de la pregunta H. Elaboración propia.

Según apreciación de los entrevistados, hay diversas formas mediante la cual la industria de la construcción impulsaría la reducción de la brecha digital existente. La respuesta más resaltante fue impulsar su presencia en mallas curriculares de instituciones educativas para introducir a las generaciones venideras en esta forma de trabajo. También destacaron la emisión de decretos que regulen y exijan la implementación de BIM en proyectos, pues de esta manera la implementación de esta metodología se haría más fiable. Asimismo, resaltaron la importancia de concientizar masivamente sobre los beneficios que ofrece BIM, ya que estos no han sido difundidos correctamente y son desconocidos por las generaciones anteriores de ingenieros. Por otro lado, algunos entrevistados plantearon la opción de impulsar los contratos colaborativos, pues BIM se adapta a este método de contratación por su forma de trabajo. Finalmente, comentaron, con menor frecuencia, que la obtención de licencias para emplear los softwares BIM es

un problema en la actualidad por su alto costo, por lo que establecer convenios con Autodesk brindaría a empresas pequeñas una opción para iniciarse en BIM.

Pregunta I: ¿Qué estrategias emplearía Ud. en una empresa constructora a fin de reducir esta brecha digital?

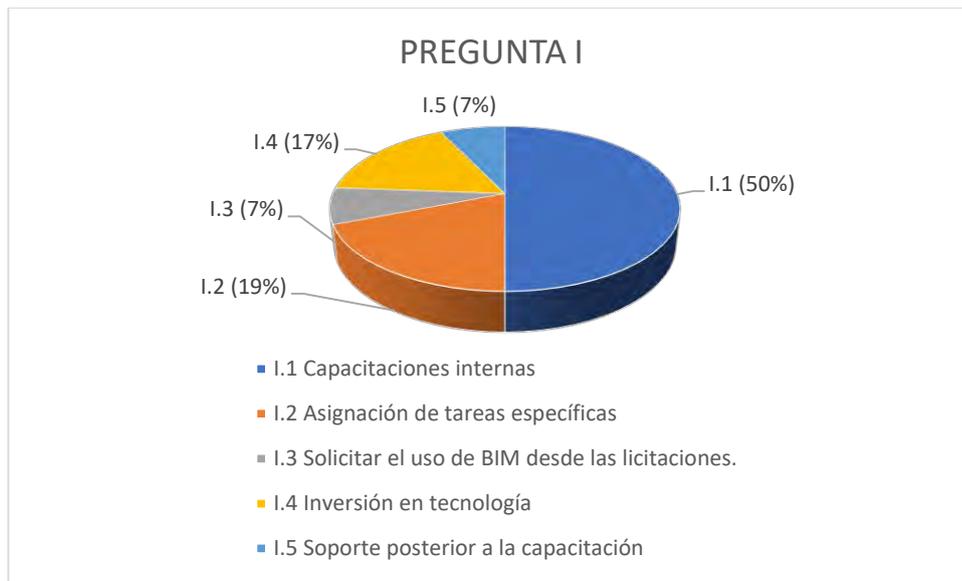


Figura 24: Códigos de la pregunta I. Elaboración propia.

Durante las entrevistas se afirmó que las capacitaciones internas son primordiales en las empresas constructoras para que el personal se adapte poco a poco a la metodología BIM y forme parte de los trabajos colaborativos: “Se debe capacitar a los no usuarios BIM en el manejo de herramientas y procesos básicos para llevar a cabo las principales funciones que se aplicarán en el proyecto. Esto creará independencia y estímulos para seguir aprendiendo” (Entrevistado 4). En caso no se disponga del tiempo suficiente, se considera que asignando tareas específicas se introducirá paulatinamente a los no usuarios BIM en esta forma de trabajo y mediante la experiencia tendrán roles multifuncionales. Adicionalmente, hubo entrevistados que resaltaron la importancia de las licitaciones, pues entre más se solicite BIM desde esa etapa, la demanda de usuarios BIM

incrementará y los no usuarios requerirán adaptarse a esta metodología. Por último, se indicó la importancia de invertir en tecnología, pues de esta forma los trabajadores tendrán mayores oportunidades de adaptarse a las herramientas; sin embargo, se mencionó, en menor medida, que pese a realizar capacitaciones y brindar facilidades de desarrollarse en BIM, es necesario contar con el apoyo de un consultor que brinde soporte en cualquier etapa del proyecto, puesto que es posible que se presenten problemas con la tecnología que solo pueda solucionar un especialista.

6. DISCUSIÓN

6.1. Contraste de resultados con estudios previos

La presente investigación muestra la percepción de los entrevistados y brinda un panorama actual de la brecha digital existente entre usuarios y no usuarios BIM; sin embargo, es conveniente contrastar los resultados obtenidos con los estudios presentados en el capítulo de Revisión de la literatura para analizar la evolución de esta problemática desde la década anterior y evaluar la calidad de los resultados.

El estudio de Arayici (2009) sobre las barreras durante la implementación BIM en Hong Kong identificó que entre las principales causas de la baja adopción BIM se encuentra la división existente entre el diseño y dibujo, además del complicado y largo proceso de modelado. Estos hechos no difieren de la actualidad, pues aún persiste, según los resultados obtenidos, la costumbre de trabajar con dibujos 2D y el rechazo hacia los diseños 3D, esto por el manejo de tecnología que implica y que, además, señalaron como tediosa la actualización del modelo 3D debido a la cantidad de tiempo que demanda, por lo que fue señalado como un cambio negativo de la implementación BIM en sus proyectos. Por otro lado, este estudio reflejó que se encuentra beneficioso el uso de BIM debido a las diferentes vistas que ofrece del proyecto y las modificaciones en tiempo real,

lo cual se asemeja a los usos de los entrevistados de esta investigación ya que hicieron énfasis en la facilidad de visualización del modelo y, sobre todo, en el entendimiento de forma integral que permite del proyecto y que fue de gran utilidad en proyectos de gran complejidad.

El estudio titulado “The business value of BIM” (Mc Graw Gill, 2012) concluyó que el sector AEC estadounidense consideraba que el uso de BIM no resulta eficiente en proyectos pequeños y medianos, por lo que empresas de las mismas características se consideraban limitadas para aplicar esta metodología. Esta es una realidad que no resulta ajena al pensamiento actual en Perú, ya que los entrevistados recomiendan impulsar el requerimiento de contratos colaborativos y de esta manera se favorecería la implementación de BIM en cualquier tipo de proyecto. Este estudio, además, obtuvo cifras que reflejan las principales causas de la existencia de la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM: gran parte de las empresas AEC consultadas coincidió que formarse en BIM demanda una gran cantidad de tiempo, el cual muy pocos profesionales disponen debido a las labores que tienen a su cargo; además, indicaron que el costo de los softwares BIM es muy alto y no todas pueden acceder a él. Entonces, se aprecia que la realidad estadounidense es semejante a la actualidad peruana. Los entrevistados de la presente investigación reconocieron el tiempo de aprendizaje y el acceso a la tecnología como factores importantes de la existencia de la brecha digital, tal como se aprecia en el gráfico 4; por ello, se identificaron oportunidades de mejora aplicables en el Perú, tales como el poco impulso que tiene BIM en instituciones educativas y que permitiría formar profesionales con conocimientos sólidos desde temprana edad, así como la carencia de convenios con Autodesk para obtener licencias de software y reducir costos. Por otra parte, este estudio recogió la percepción de no usuarios BIM y se obtuvo que el factor predominante por el que deciden no emplear BIM en los proyectos es la falta de demanda

por parte de los clientes. Esta razón es válida, pues al ser una metodología poco difundida para esa época, es fácil deducir que los beneficios BIM están poco interiorizados en el sector AEC; similarmente, los entrevistados de la presente investigación afirman que la solicitud del cliente es importante para evitar la formación de barreras e invertir en BIM. El estudio “Factores que afectan la actual difusión de BIM: un estudio cualitativo de una red profesional en línea” (Panuwatwanich et al., 2013) refleja que la resistencia al cambio, la cual es influenciada por el cambio generacional de profesionales, y la ausencia de una cultura y ambientes organizados impiden la difusión de nuevas tecnologías que optimicen el sistema tradicional de construcción. De la misma manera, Mauricio Loyola mediante su artículo “La difusión y masificación de BIM en la industria: el caso chileno” hizo énfasis en que la ausencia de trabajo integrado y colaborativo genera beneficios muy inferiores a los que se obtendrían de existir una cultura colaborativa y, por ende, los no usuarios BIM escatiman esfuerzos en emplear esta metodología. La realidad en Perú no es ajena a esta conclusión, pues de la investigación realizada se aprecia que la resistencia a cambiar la forma de trabajo es el factor principal que se considera causante de la existencia de la brecha digital: asimismo, los entrevistados coinciden que se carece de una cultura de trabajo colaborativo, pues existe una tendencia marcada en la que las especialidades se trabajan de manera aislada.

Por otro lado, el estudio de Loyola también visibilizó la importancia de introducirse en esta metodología al demostrar que, al dejar de ser contratados los usuarios BIM como servicio externo en determinadas etapas y empezar a formar parte de todo el proyecto, se comenzó a aprovechar las herramientas avanzadas que ofrece BIM y la demanda de sus servicios incrementó. Siguiendo la misma línea, la mayoría de los entrevistados de la presente investigación considera que los consultores BIM deberían estar presentes durante toda la implementación de BIM en una empresa, de modo que brinde soporte a

los no usuarios BIM y optimice los procesos y herramientas que ofrece esta tecnología; no obstante, hubo entrevistados que afirmaron que la necesidad de estos servicios solo debería presentarse al inicio o en etapas específicas, pero estos representan un porcentaje menor de la muestra.

6.2. Resolución de los objetivos de investigación

Las preguntas de la entrevista permitieron identificar los resultados necesarios para cumplir los objetivos planteados en esta investigación. Las preguntas fueron diseñadas y organizadas de manera que se logre una secuencia de respuestas que permitan obtener mayor información.

En primer lugar, se consultó a los entrevistados sobre las responsabilidades de los usuarios y no usuarios BIM dentro de los equipos de construcción. En el caso de los usuarios BIM, encontramos entre las actividades más comunes la programación de obra haciendo uso del modelo para obtener una simulación de la misma, la solución de incompatibilidades, la actualización del modelo, la gestión de la información, la solución rápida de RFIs y la modelación, coordinación y gestión de modelos BIM.

Por otro lado, la mayoría de no usuarios BIM se limitan a desempeñar actividades de la manera tradicional, tales como la realización de trabajos de campo, realización de reportes a oficina técnica y creación de planos 2D para su proyección en un modelo 3D. Los usuarios que, de alguna manera, tienen una parte activa dentro del uso de la metodología, únicamente son observadores de los modelos y facilitan información a los usuarios BIM para mejorar el entendimiento del proyecto.

También se identificaron los factores que impulsan a una empresa a implementar la metodología BIM en un proyecto. La mayoría de los entrevistados afirmó que esta implementación se vio impulsada por aprovechar los beneficios de BIM en el proyecto, entre los cuales se mencionaron la compatibilización de planos, el aumento de

productividad, que conlleva reducciones en costo y plazo, además de la facilidad de visualización del proyecto gracias a los modelos 3D. Otra razón fue la iniciativa por parte de las empresas por implementarlo, buscando conseguir una mayor competitividad en el mercado de la construcción.

Estas primeras preguntas demuestran que la implementación de BIM se encuentra fuertemente ligado a aprovechar los beneficios principales brindados por BIM, es por ello que las actividades realizadas por los usuarios BIM dentro de los equipos de construcción buscan mejorar estas características en los proyectos, basándose principalmente en un sistema integral que permite la colaboración multidisciplinaria mediante herramientas digitales de información.

Los resultados sostienen que las actividades más comunes relacionadas al trabajo con BIM se encontraban relacionadas a cuatro funciones bien marcadas. Primero, cumplen la función de revisión, mediante la comprobación de datos en los modelos que se usarán en el proyecto. En segundo lugar, se realiza el modelamiento, el cual es la actividad que más publicidad ha obtenido cuando se habla sobre BIM, además de ser la forma más común de iniciarse en BIM por parte de la mayoría de profesionales. Esta actividad se encarga de desarrollar y actualizar constantemente los modelos 3D para cada especialidad que intervienen en el proyecto. También se utiliza para la coordinación que se refiere a la integración de los involucrados en todo el proyecto, además de facilitar el intercambio de información entre ellos. Esta última función es una de las más importantes, ya que es la base de la metodología al permitir un trabajo colaborativo de manera que incorpora los distintos puntos de vista de los profesionales para la prevención y solución de problemas, además de mejorar el modelo con la información recopilada de los profesionales. Por último, se identifican actividades relacionadas a la gestión, pues esta función, junto a la coordinación, son vitales en la ejecución del proyecto ya que se ve relacionada a la

organización de las actividades del proyecto y de la información existente en los modelos, además de comprobar que se cumplan los requisitos de la metodología. Los roles identificados durante las entrevistas son también descritos en la Matriz de Roles BIM presentado por PlanBIM de Chile (2019), con la adición de un rol conocido como la Dirección en BIM, el cual consiste en “liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos” (PlanBIM, 2019). Estos roles definidos son realizados durante todo el ciclo de vida de los proyectos.

La implementación de la metodología BIM en los proyectos generó cambios positivos como el entendimiento de los proyectos de manera integral, sobre todo aquellos de gran complejidad, además de la optimización de la coordinación entre especialidades y la perspectiva completa del proyecto que ofrece la visualización del modelo. Como era de esperarse, también se presentó una reducción del presupuesto inicial del proyecto y una mayor productividad gracias a la anticipación de interferencias y el sinceramiento de las dimensiones. Sin embargo, los entrevistados mencionaron que no todos los cambios que fueron positivos, pues se identificó una gran carencia de personal capacitado debido a esta brecha digital existente, por la cual gran parte de los profesionales en las empresas desconocen cómo trabajar con la metodología BIM. A su vez, los entrevistados identificaron como otro cambio negativo la demanda de tiempo que exige actualizar el modelo 3D, la dependencia al BIM para realizar actividades y la existencia de algunos detalles que no es posible plasmar en los diseños.



Figura 25: Principales significados del uso de BIM en proyectos de construcción. Elaboración propia.

A continuación, se presentarán las causas que generan la brecha digital, las cuales fueron identificadas durante el análisis cualitativo en las entrevistas descritas según la frecuencia en las que fueron mencionadas:

- Resistencia al cambio: muchos de los entrevistados afirman que una de las principales causas de la brecha se debe a la falta de interés de aprender esta metodología. La mayoría de trabajadores prefieren trabajar con aquellas herramientas que conocen y dominan, por lo que consideran innecesario el aprendizaje de nuevas herramientas. Además, los entrevistados coincidieron en que esto también se debe a que se está dando un cambio generacional, pues los profesionales más jóvenes están familiarizados con las herramientas digitales y, a diferencia de los profesionales de mayor edad, no son flexibles para aprender nuevas tecnologías y puede resultarles más complicado adaptarse de manera rápida.
- Falta de difusión: muchos de los entrevistados afirmaron que la falta de difusión de los beneficios de la metodología también es una causa por la que se genera esta brecha. A su vez, coinciden en la necesidad de un estudio que muestre de manera práctica los

beneficios que entrega BIM en proyectos reales; mientras que algunos consideran que esto no se ha llevado a cabo debido al miedo existente de perder la ventaja comercial dentro de la industria. Además, algunos entrevistados también afirman que existe una falta de difusión a nivel educativo, puesto que no se ha implementado en la malla curricular el uso de la metodología BIM en todas las instituciones educativas.

- Manipulación de tecnologías: La metodología BIM está relacionada con el uso de la tecnología para facilitar el trabajo colaborativo dentro de los equipos de trabajo, por lo que el entendimiento de las herramientas tecnológicas es importante. Los entrevistados coincidieron en que el conocimiento de este mundo digital entrega una mayor facilidad de proponer y ser proactivo en el manejo de la metodología.
- Acceso a la tecnología: Los entrevistados coincidieron en que una de las causas de la brecha digital es la falta de acceso a las tecnologías necesarias para el aprendizaje de las herramientas BIM. Debido a la gran cantidad de herramientas tecnológicas que requiere BIM para lograr un mejor trabajo colaborativo, la falta de acceso a las mismas se torna un problema, ya que los usuarios se ven limitados al no poder aprovecharlos; sin embargo, también se señaló que esta causa, aún existente, se ha reducido en gran cantidad gracias al avance de las TIC.
- Falta de costumbre al trabajo colaborativo: Los entrevistados consideran que los profesionales del Perú no están acostumbrados a trabajar colaborativamente pues existe una tendencia marcada de trabajar de manera aislada; en consecuencia, se imposibilitan de aprovechar las herramientas que ofrece BIM y así acceder a los beneficios que conlleva su uso.

Adicionalmente, es necesario mencionar que las actividades realizadas por los no usuarios BIM demuestran que no se tiene intención de incluirlos en la metodología

durante la ejecución de un proyecto. La mayoría de actividades no se encuentran relacionadas a las herramientas, ni a la metodología BIM, pues como máximo se les permite un acercamiento limitado mediante la visualización y esto refleja que a pesar de que en un proyecto se haya implementado la metodología, no significa que todos los participantes equipo se verán involucrados directamente con ella. Esta podría considerarse como una causa originada por la misma implementación en sí, ya que se considera como un cambio negativo la falta de personal capacitado tras la implementación de la metodología en un proyecto, es decir, no se busca incluir a los profesionales en los proyectos sin una capacitación previa.



Figura 26: Principales causas que generan la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM. Elaboración propia.

Una vez conocidas las actividades que ejercen cada tipo de usuario, se consultó sobre las limitaciones que afrontan los no usuarios BIM durante la ejecución del proyecto. Una de las más notorias es la falta de manejo y entendimiento de la tecnología, la cual no les permite aportar sus ideas sin apoyo de un usuario BIM. Los entrevistados también aseguraron que otra desventaja es la falta de entendimiento integral del proyecto, pues al no tener un rápido o fácil acceso a la información integrada, se le dificulta la asimilación

completa del proyecto. Entre otras desventajas mencionadas se encuentran la costumbre de los no usuarios a trabajar en un entorno 2D, la dificultad de ascender laboralmente y la necesidad de un mayor tiempo para solucionar conflictos que se presenten.

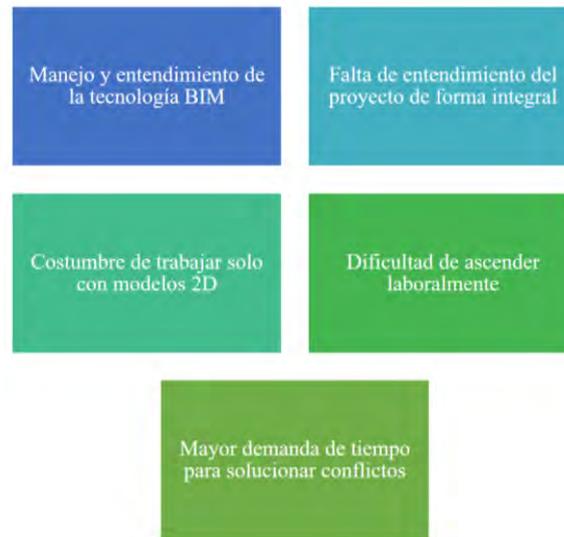


Figura 27: Principales desventajas que afrontan los no usuarios BIM frente a los usuarios BIM a causa de la brecha digital. Elaboración propia.

De las entrevistas también se obtuvieron estrategias que podrían aplicarse a empresas constructoras y en la industria de la construcción para así reducir la brecha digital en equipos de construcción.

En primer lugar, se presentarán aquellas estrategias que los entrevistados aplicarían a las empresas constructoras:

- Capacitaciones internas: Los entrevistados, casi en su totalidad, coincidieron en que se debe realizar capacitaciones internas en las empresas de manera que se pueda dar a conocer los beneficios que trae consigo el BIM, además del correcto uso de las herramientas en los proyectos. Estas capacitaciones no serían enfocadas únicamente a los trabajadores de la empresa, sino también al cliente y los contratistas, puesto que ellos harán uso activo de las tecnologías BIM. Estas capacitaciones e inducciones

deben ser constantes y brindar el conocimiento para realizar las principales actividades que se aplicarán en el proyecto.

- Asignación de tareas específicas: Muchos entrevistados afirmaron que la asignación de funciones específicas permitiría mejorar los procesos de la empresa. Esta estrategia busca involucrar a los no usuarios mediante objetivos puntuales y teniendo un control constante de los avances para así crear incentivo en ellos mismos de conocer más de la metodología BIM.
- Inversión en tecnología: Afirmaron que es necesaria la inversión en recursos tecnológicos para reducir la brecha, ya que al entregar las herramientas digitales a los trabajadores se hace más sencillo que los no usuarios accedan a estas y puedan aprender a manejarlas correctamente.
- Apoyo de consultores BIM: Todos los entrevistados consideran necesario buscar el apoyo de consultores BIM, los cuales contribuirán en la creación de un sistema adecuado para la empresa de modo que la adopción de BIM sea lo más fluido posible, y así reducir la curva de aprendizaje de los trabajadores, además de brindar soporte posterior a las capacitaciones. Por otro lado, el tiempo de apoyo que brindarán a la empresa debe estar definida por la misma, se deben tener objetivos claros para tener una mejor consolidación de la metodología en la empresa.

Por último, los entrevistados brindaron estrategias aplicables a la industria de la construcción con la finalidad de reducir la brecha digital en los equipos de construcción:

- Concientizar sobre beneficios BIM: Se afirma que es necesario crear un interés por emplear BIM mostrando los beneficios que conlleva la implementación de esta metodología. Para lograr una revolución digital se debe concientizar, tanto a los

trabajadores de una empresa como a los clientes y contratistas involucrados en los proyectos de construcción, sobre lo que se puede lograr mediante el trabajo colaborativo que plantea la metodología BIM durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

- Impulsar BIM en instituciones educativas: Los entrevistados también consideran que necesaria la implementación de la metodología BIM en la malla curricular de las universidades debido a que estas cumplen un papel fundamental en la formación de los futuros profesionales. Con esta medida se busca incentivar al trabajo colaborativo y fomentar el aprendizaje e investigación de la metodología, dando a los futuros profesionales una experiencia temprana de lo que es trabajar con la metodología BIM.
- Convenios para reducir precios de licencias de software: La obtención de convenios con las distintas compañías creadoras de los softwares de diseño permitiría conseguir licencias más accesibles para empresas pequeñas y usuarios independientes.
- Decretos que regulen y exijan la metodología BIM: La mayoría de entrevistados afirma que es necesaria la emisión de decretos que regulen el uso de BIM en los proyectos, además de empezar a exigir su uso en las licitaciones públicas y privadas. Con estos decretos se tendría un documento que exponga las buenas prácticas y el correcto uso de BIM para facilitar la implementación del mismo, además de una guía para las empresas sobre cómo incluir a todos sus trabajadores en la metodología BIM de manera progresiva y eficiente.
- Softwares más intuitivos: Los softwares empleados para trabajar en la metodología BIM no siempre son perceptivos, lo que los convierte en una herramienta complicada

para los no usuarios. La implementación de software más intuitivos incentivaría a los no usuarios a dominar y mejorar su manejo en el uso de estas herramientas.



Figura 28: Recomendaciones para reducir la brecha digital. Elaboración propia.

6.3. Limitaciones de la investigación y recomendaciones a futuros estudios

Para concluir este capítulo, se describirán las limitaciones que se presentaron durante la investigación, se brindará recomendaciones para próximos estudios y se evaluará la calidad del método empleado.

En primer lugar, debido a que BIM es una metodología poco adoptada en el Perú, resultó complicado encontrar profesionales con las características que se plantearon; además, no todos los profesionales que se contactaron estuvieron predispuestos a acceder a una entrevista, por lo que no fue posible reunir la cantidad de entrevistas planteadas inicialmente. Adicionalmente, cabe mencionar que durante los meses de marzo y abril se complicó la obtención de entrevistas debido a la pandemia mundial del COVID-19,

motivo por el cual se optó por realizar las entrevistas a través de plataformas virtuales o llamadas telefónicas.

En segundo lugar, la experiencia adquirida al realizar la investigación permite recomendar la red social LinkedIn para contactar profesionales con las características establecidas, ya que esta red permitió acceder a la experiencia laboral de numerosos perfiles a través de herramientas sencillas de búsqueda. Asimismo, se recomienda preparar una presentación que explique la importancia de la investigación y conlleve a los profesionales a acceder a una entrevista y, de ser posible, a recomendar a otros profesionales que cumplan el perfil.

Finalmente, el análisis cualitativo resultó ser óptimo para el tipo de investigación que se deseó realizar. Este método, a través de la entrevista como técnica de recolección de datos, permitió tener una perspectiva amplia de cada uno de los entrevistados en las preguntas que se plantearon; por ello, se recomienda elaborar las preguntas abiertas de modo que se permita a los profesionales expresarse y compartir sus testimonios, de modo que se enriquezca la calidad de las respuestas. Sin embargo, es necesario que estas preguntas sean aprobadas por parte de un profesional altamente calificado en el tema para asegurarse que estas contribuyen con los objetivos de la investigación, por lo que, en este caso, se contó con el apoyo del ingeniero Danny Murguía.

7. CONCLUSIONES

A pesar de los múltiples beneficios que ofrece la metodología BIM, esta se encuentra atravesando un proceso paulatino de adopción en todo el mundo y se enfrenta a distintas barreras que impiden su correcta implementación, las cuales generan resultados por debajo de las expectativas y provocan una percepción equivocada. Por ende, reducir la brecha digital entre usuarios y no usuarios BIM resulta importante para favorecer la adopción de BIM no solo en Perú, sino en todos los países que estén iniciando en esta metodología y así sus proyectos puedan aprovechar al máximo las herramientas que ofrece.

Tal como se refleja en las respuestas obtenidas en la investigación, los usuarios BIM poseen capacidad de gestión en obras de construcción. Sus conocimientos en el manejo de las herramientas BIM les permiten interactuar directamente con el modelo 3D y trabajar con la información que este brinda, así como encontrar soluciones óptimas y con anticipación a los problemas que demandarían más tiempo si se realizaran mediante la forma de trabajo tradicional.

Caso opuesto experimentan los no usuarios BIM, pues su falta de manejo de las tecnologías y procesos BIM resumen sus labores en trabajos de campo y en reportar lo sucedido allí a la oficina BIM, por lo que su interacción con el modelo 3D y sus beneficios se limita a solo ser observadores del mismo, mas no a manipularlo.

Sin embargo, ambas partes reconocen los beneficios que BIM conllevó a los proyectos, los cuales fueron factores primordiales para su implementación. El principal fue la compatibilización de especialidades, el cual es el uso BIM más conocido por el impacto que genera en el plazo y costo de los proyectos, así como la facilidad de visualización mediante el modelo 3D que permite una mejor comprensión de proyectos de gran

complejidad; adicionalmente, reconocen que los *stakeholders* jugaron un rol importante en la implementación, pues los proyectos a los que hicieron referencia pudieron ejecutarse con la metodología BIM debido a la iniciativa de la empresa constructora y de la misma solicitud del cliente. Por lo tanto, es importante que, además de mejorar la difusión de los beneficios BIM en los profesionales de la construcción, esta sea comprendida en todos los agentes afines a la industria AEC para que puedan invertir en BIM.

Por otro lado, este estudio refleja que la brecha digital existente entre usuarios y no usuarios BIM se debe principalmente al cambio generacional de profesionales. Las generaciones anteriores se resisten a cambiar la forma tradicional de trabajo, ya que adoptar la metodología BIM implica manipular tecnologías que no conocen, que son difíciles de acceder y que les demandaría tiempo aprender, el cual en la mayoría de casos no disponen; además, hay una notoria ausencia de trabajo colaborativo en los equipos de construcción, lo cual también dificulta adaptarse a los procesos BIM.

Esta problemática genera desventajas que los no usuarios BIM afrontan en el día a día del desarrollo del proyecto. Además de la manipulación de tecnologías nuevas, se les dificulta entender el proyecto de manera integral como lo hace un usuario BIM, así como la tendencia marcada de pensar en soluciones basándose en modelos 2D, método que demanda mayor tiempo para solucionar conflictos.

No obstante, el apoyo de consultores BIM es una buena alternativa para la reducción de la brecha, pues su experiencia nutrirá a la empresa y a sus trabajadores durante la implementación de BIM; de esta manera, los procedimientos y tecnologías de esta metodología podrían desarrollarse correctamente y a la vez introducir a no usuarios BIM en esta nueva forma de trabajo, por lo que es necesario que este apoyo sea permanente en las empresas.

En cuanto a las recomendaciones para reducir la brecha digital, se han identificado oportunidades de mejora en la industria AEC. En primer lugar, es necesaria la emisión de decretos que regulen y exijan la implementación de BIM, pues estos permitirían establecer líneas base para su aplicación e impulsarían la concientización de sus beneficios, de manera que más profesionales la aplicarían en sus proyectos. En segundo lugar, es necesario que más instituciones educativas enseñen sobre esta metodología; para ello, establecer convenios con la compañía Autodesk, dueña de los softwares BIM, permitiría que una mayor cantidad de instituciones y empresas constructoras en crecimiento puedan acceder a ellos y, por ende, a más personas que deseen iniciarse en esta metodología. Finalmente, requerir una mayor cantidad de contratos colaborativos no solo contribuiría con la adopción BIM, sino que brindaría a los no usuarios BIM la oportunidad de trabajar en entornos de trabajo colaborativo y aplicar las herramientas que ofrecen las tecnologías.

Por otra parte, las empresas constructoras también tienen un rol importante en la reducción de la brecha digital. Ante la ausencia de personal capacitado en BIM, es indispensable el desarrollo de capacitaciones o talleres dentro de las empresas; para ello, es necesario que estas tomen la decisión de invertir en tecnología de modo que esté al alcance de los profesionales en etapa de formación. Asimismo, la asignación de tareas específicas dentro del área BIM permitiría a los no usuarios una mayor familiarización con este entorno debido a las vivencias y aprovechamiento de sus beneficios, además de las enseñanzas que recibirían por parte de los usuarios BIM. Por último, es importante que se solicite el uso de BIM desde la licitación, ya que los entrevistados reconocen la importancia de la aprobación del cliente para su correcta implementación, máximo aprovechamiento y, además, los no usuarios tendrían interés y la necesidad de adaptarse a esta forma de trabajo y de introducirse en la metodología BIM.

Finalmente, respecto a la técnica de investigación empleada es importante resaltar que el diseño elegido para la entrevista fue óptimo, pues este permitió que los entrevistados compartan sus experiencias a través de diálogos espontáneos y a la vez dirigidos a responder las preguntas de investigación. De esta manera, se pudo recopilar la información suficiente para llevar a cabo el análisis cualitativo y cumplir con los objetivos planteados.



8. REFERENCIAS

- Abubakar, M., Ibrahim, Y. M., Kado, D., & Bala, K. (2014). Contractors' perception of the factors affecting Building Information Modelling (BIM) adoption in the Nigerian Construction Industry. In *Computing in civil and building engineering (2014)* (pp. 167-178).
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2016). The digital future of construction. *Voices*.
- Ahmed, S. M., Emam, H. H., & Farrell, P. E. T. E. R. (2014). Barriers to BIM/4D implementation in Qatar. *Smart, Sustainable and Healthy Cities*, 533.
- Alcántara Rojas, P. V. (2013). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM.
- Al-shaikhli, K. A. (2015). Utilizing Building Information Modelling in Developing Bills of Quantities. PhD diss., M. Sc. thesis, Building and Construction Engineering Department University of Technology-Iraq.
- Almeida Del Savio, A. (2018). Beneficios del BIM en ingeniería.
- Anónimo. (14 de junio del 2018). AVANCES DE LA ADOPCIÓN BIM EN EL PERÚ. Perú. BIM Summit Managment & Technology Recuperado de <http://bimsummit.pe/avances-de-la-adopcion-bim-en-el-peru/>

Anónimo. (2005). *El “eslabón perdido” y la brecha digital: reconsideración del Informe Maitland. Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información*. Recuperado de <http://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/background/missing-link-es.html>

Arayici, Y. (2015). Building information modelling.

Arayici, Y., Khosrowshahi, F., Ponting, A. M., & Mihindu, S. A. (2009, May). Towards implementation of building information modelling in the construction industry. In Proceedings of The Fifth International Conference on Construction in the 21st Century: Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology (pp. 1342-1351).

ASETA (2003). Documento La Sociedad de la Información en la Comunidad Andina.

Azhar, S., Hein, M., & Sketo, B. (2008, April). Building information modeling (BIM): Benefits, risks and challenges. In Proceedings of the 44th ASC Annual Conference (pp. 2-5).

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.

Björk, B. C. (1999). Information Technology in Construction—domain definition and research issues.

Camacho, K. (2005). La brecha digital. Palabras en juego: enfoques multiculturales sobre las sociedades de la información, 61-71.

Carrasco, A. P. (2020) Avances tecnológicos en proyectos de ingeniería y construcción un enfoque integrado VDC, BIM, IPD y LEAN.

Carmona, J. and 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>

Castells, M. (1997). La era de la información. Volumen 1: La sociedad red. Madrid: Alianza Editorial.

Castells, M. (2000, octubre). Internet y la sociedad red. In Conferencia de Presentación del Programa de Doctorado sobre la Sociedad de la Información y el Conocimiento. Universitat Oberta de Catalunya (Vol. 7, pp. 1-13).

Cerdán Castillo, A., & Mafé Grau, A. (2016). Los usos del modelo BIM.

Coffey, A., & Atkinson, P. (2003). ENCONTRAR EL SENTIDO A LOS DATOS CUALITATIVOS Estrategias complementarias de investigación.

- Clancy, R. (2012). RICS launches landmark new guidance to the construction sector. PropertyWire. Recuperado de <https://www.propertywire.com/news/europe/rics-construction-industry-guidelines/>
- Collantes, J. (2018). Evaluación de los factores claves para la aceptación y uso de BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Construction, M. H. (2012). The business value of BIM in North America: multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012). Smart Market Report.
- Comunidad Virtual MISTICA (2002). Trabajando la Internet con una visión social. Documento colectivo de la Comunidad Virtual Mística. [Versión electrónica]. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES).
- Czmoch, I., & Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. *Procedia Engineering*, 91, 210-215.
- Eastman, C. (1974). An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50. (Tech.). Pittsburgh, PA.: Carnegie-Mellon Univ. (ERIC Document Reproduction Service No. 113833)
- 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. John Wiley & Sons.

- Elmualim, A., & Gilder, J. (2014). BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and design management*, 10(3-4), 183-199.
- Escudero González, P. (2013). Estudio sobre las exigencias en un modelo BIM para evaluar prestacionalmente el Documento Básico de Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación.
- FINALCAD. (2020). Exploring digital transformation in global Construction. Recuperado de <https://www.finalcad.com/survey-report-exploring-digital-transformation>
- Gámez, F. C., Severino, M. J. S., & Márquez, R. J. G. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.
- García, D. V. (2015). Las TIC en la educación. *Plumilla Educativa*, 16(2), 62-79.
- Gilmore, M. (1989) Knowledge-based systems in construction and civil engineering. *International Journal of Project Management*.
- Hamdi, O., & Leite, F. (2012). BIM and Lean interactions from the bim capability maturity model perspective: A case study. In *IGLC 2012-20th Conference of the International Group for Lean Construction*, The International Group for Lean Construction.
- Koch, J. E., Gransberg, D., & Molenaar, K. R. (2010). *Project administration for Design-Build contracts: A primer for owners, engineers, and contractors*.

- Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018). Barriers of adoption Building Information Modeling (BIM) in construction projects of Iraq. *Engineering Journal*, 22(2), 59-81.
- Hilbert, M. R. (2001). From industrial economics to digital economics: an introduction to the transition (No. 100). United Nations Publications.
- 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. *Int. Res. J. Eng. Technol*, 3(1), 100-105.
- Leyton, C. (2018). Nivel de adopción de BIM en el Perú [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/formacion/descargar.php?id=89>
- Liu, S., Xie, B., Tivendal, L., & Liu, C. (2015). Critical barriers to BIM implementation in the AEC industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7(6), 162.
- Long, K., Oliver, A., & Schünmann, D. (2009). New Civil Engineer: Three-legged race. *New Civil Engineer* (www.nce.co.uk).
- Loyola, M. (2013). Encuesta Nacional BIM 2013: Informe de Resultados.
- Loyola, Mauricio. (2014). La difusión y masificación de BIM en la industria: el caso chileno. *Spanish Journal of Building Information Modeling*. 1. 40-46.

MacLeamy, P. (2004). *Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design and Construction and Operation (WP-1202)*.

Murguía, D., Tapia, G., Collantes, J. (2017). Primer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao 2017. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Murguía, D., Vasquez, C., Balboa, M., Lara, W. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Naoum, S. (2012). *Dissertation research and writing for construction students*. Routledge.

Nazar, N. (2014). *Using the virtual building technology for quantity surveying of buildings (Doctoral dissertation, Master Thesis)*, University of Baghdad).

NBS, N. (2014). *International BIM Report*. UK: The National BIM Library.

NBS, N. (2015). *International BIM Report*. UK: The National BIM Library.

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

- Panuwatwanich, K., & Peansupap, V. (2013, July). Factors affecting the current diffusion of BIM: a qualitative study of online professional network. In Creative Construction Conference (pp. 575-586).
- Peláez, A., Rodríguez, J., Ramírez, S., Pérez, L., Vázquez, A., & González, L. (2013). La entrevista. Universidad autónoma de México. Recuperado de http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/E
- PennState College of Engineering. (2013). The Uses of BIM [Gráfico]. Recuperado de <https://managebim.wixsite.com/2016/single-post/2017/08/18/Identificando-los-Usos-y-Objetivos-BIM-para-el-proyecto>
- Peres, W., & Hilbert, M. R. (Eds.). (2009). La Sociedad de la Información en América Latina y el Caribe: Desarrollo de las Tecnologías y Tecnologías para el Desarrollo (Vol. 98). United Nations Publications.
- Picó, E. C. (2008). Introducción a la tecnología BIM. Barcelona: Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I Secció Geometria Descriptiva, 1-40.
- Prado Luján, G. A. (2018). Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción.
- Remolà, M. R., & Paños, J. (2014). Building information modeling (BIM). *Cercha*, 119, 52-53.

Rischmoller, L. (2002). Impacto de las herramientas avanzadas de visualización en la Industria AEC. Tesis de Doctorado, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Rischmoller, L., Alarcón, L. F., Fischer, M., & Fox, R. (2011). Impacto de las herramientas avanzadas de visualización en la Industria AEC. *Revista Ingeniería De Construcción*, 17(2), 64-73.

Rodríguez, A. M. R., Cordero, P., y Garrido, A. C. (2016). BIM: diseño y gestión de la construcción. Anaya Multimedia.

Comité de Transformación Digital CORFO (2019). PlanBIM, Roles BIM y Matriz de Roles BIM. C Recuperado de <http://www.planbim.cl>

Ruffle, S. (1986). Architectural design exposed: from computer-aided drawing to computer-aided design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 13(4), 385-389.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of construction engineering and management*, 136(9), 968-980.

Sánchez-Torres, J. M., González-Zabala, M. P., & Muñoz, M. P. S. (2012). La sociedad de la información: génesis, iniciativas, concepto y su relación con las TIC. *Revista UIS Ingenierías*, 11(1), 113-128.

San Lorenzo, P. S. F. (2019). La planificación 4D ya es una realidad. Spanish Journal of Building Information Modeling, (19), 14-18.

SIEMENS. (s. f.). Building information modeling (BIM). Siemens.Com Global Website. Recuperado de <https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/digital-building-lifecycle/bim.html>

Stanley, R., & Thurnell, D. (2014). The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand.

Strafaci, A. (2008). What does BIM mean for civil engineers CE News, Transportation.

Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 14(28).

Testa, R. F. (2019). Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción.

Vidal, A. L. (2016). Una (r) evolución llamada BIM. Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN• N.º, 974, 53.

Vizcarra, J. M. Reporte Regional del Building Information Modeling (BIM) Cusco 2018.

Zuhairi, A., Marshall-Ponting, A., Ahmad, T. H., Nasly, M. A., & Zahrizan, Z. (2014).

Exploring the barriers and driving factors in implementing Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian construction industry-a preliminary study.

