

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**MADUREZ BIM ORGANIZACIONAL EN CONSTRUCTORAS QUE OPERAN EN**

**LA MACRO REGIÓN NORTE DEL PERÚ**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Sheyla Loreley Frontado Aldana

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Adrian Tello Reaño

**ASESOR:**

Danny Eduardo Murguía Sánchez


Lima, Julio, 2024

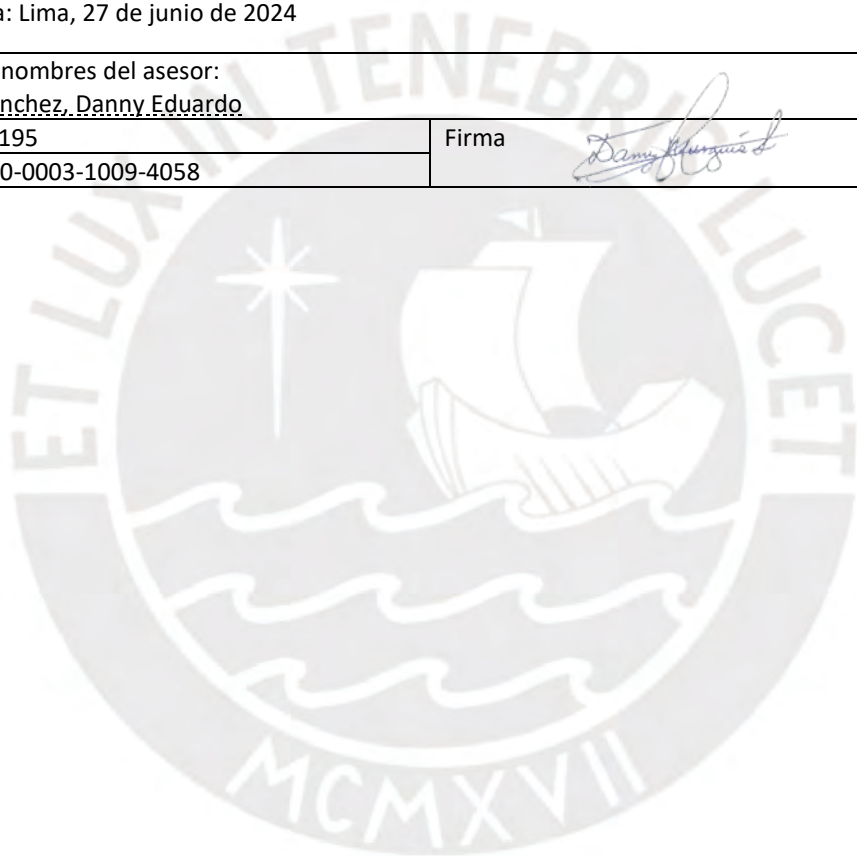
### Informe de Similitud

Yo, Danny Eduardo Murguía Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: "MADUREZ BIM ORGANIZACIONAL EN CONSTRUCTORAS QUE OPERAN EN LA MACRO REGIÓN NORTE DEL PERÚ", de la autora Sheyla Loreley Frontado Aldana y el autor Adrian Tello Reaño, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 27/06/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 27 de junio de 2024

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



## RESUMEN

La tesis se enfoca en evaluar el nivel de madurez BIM organizacional en constructoras que operan en la Macro Región norte del Perú. En ese contexto, la investigación propone abordar la falta de estudios sobre el uso de BIM en regiones poco exploradas, pero con un potencial de crecimiento en el sector construcción.

La metodología se basó en diseñar un instrumento de recolección de datos que permitió evaluar las competencias de tecnología, procesos, políticas, así como las capacidades de modelado, colaboración e integración. A diferencia de estudios previos, esta tesis consideró a las organizaciones como unidad de análisis. La encuesta se aplicó a 46 profesionales con roles de alta dirección dentro de sus organizaciones. Entre los hallazgos principales, se encontró que el 74% ha adoptado BIM. Además, las 12 constructoras que no han adoptado BIM consideran la poca demanda de proyectos BIM y la escasa evidencia de sus beneficios como las razones principales de no adopción. Por otro lado, en cuanto a las 34 constructoras que han adoptado BIM, se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial. En consecuencia, la mediana del puntaje de madurez BIM fue 25, lo que indica un nivel de madurez entre medio bajo y bajo según la escala propuesta por Succar.

Este estudio ofrece una comprensión inicial del estado actual de BIM en las organizaciones que operan en los departamentos del norte del país y proporciona una herramienta efectiva para determinar el puntaje de madurez BIM organizacional.

## ***Dedicatoria de Loreley Frontado***

*Para mi mami Peto, mi más grande inspiración*

## ***Dedicatoria de Adrian Tello***

*Dedico este logro a mi madre y abuelos, cuyo apoyo ha sido vital en mi vida y estudios. Agradezco a nuestro asesor por su guía esencial y a mis compañeros de estudio por su gran amistad y acompañamiento. Mi gratitud también a la organización que facilitó los recursos para nuestra investigación.*

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problemática .....	1
1.2. Justificación .....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Secuencia investigativa.....	4
1.4. Alcances y limitaciones .....	6
<b>CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Modelación de la información en la industria AECO.....	7
2.1.1. Adopción de BIM en el mundo.....	7
2.1.2. Madurez BIM.....	9
2.1.3. Evaluación del desempeño BIM .....	11
2.2. Evaluación de la madurez BIM según Succar .....	15
2.2.1. Métricas de evaluación de madurez BIM .....	16
2.2.2. Modelo de Punto de adopción.....	21
2.2.3. Matriz de Madurez BIM .....	23
2.2.4. Casos de aplicación.....	26
2.3. BIM en el Perú .....	29
2.3.1. Estado actual de la industria de la construcción .....	29
2.3.2. Marco normativo de la implementación BIM en el Perú.....	30

2.3.3.	Adopción BIM: Desafíos y beneficios para las constructoras .....	32
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>33</b>
3.1.	Diseño de muestreo .....	34
3.1.1.	Técnica de muestreo .....	34
3.1.2.	Unidad de análisis .....	34
3.1.3.	Tamaño de la muestra .....	34
3.2.	Diseño de la encuesta .....	35
3.2.1.	Estructura de la encuesta .....	35
3.2.2.	Fases de la encuesta .....	39
3.3.	Toma de datos .....	43
3.3.1.	Recopilación de información .....	43
3.3.2.	Procesamiento de información .....	44
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>46</b>
4.1.	Datos generales del encuestado .....	46
4.2.	Pre-BIM .....	53
4.3.	Madurez BIM.....	55
4.3.1.	Análisis descriptivo.....	55
4.3.2.	Análisis estadístico inferencial .....	87
<b>CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>89</b>
5.1.	Muestra .....	89
5.2.	Pre-BIM .....	90

5.3.	Conjuntos de Competencias BIM .....	92
5.3.1.	Tecnología.....	92
5.3.2.	Procesos .....	94
5.3.3.	Políticas.....	95
5.3.4.	Relación entre conjuntos de competencia.....	96
5.4.	Etapas de Capacidad .....	98
5.4.1.	Modelado .....	98
5.4.2.	Colaboración.....	98
5.4.3.	Integración .....	99
5.4.4.	Relación entre etapas de Capacidad.....	99
5.4.5.	Relación entre las etapas de capacidad y los conjuntos de competencia.....	100
5.5.	Escala Organizacional.....	100
5.6.	Puntaje de madurez BIM .....	101
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>103</b>
6.1.	Conclusiones.....	103
6.2.	Recomendaciones .....	105
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>106</b>
<b>ANEXOS 114</b>		
	Anexo 1: Plantilla de matriz de madurez BIM.....	114
	Anexo 2: Cuestionario oficial .....	118

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Taxonomía de la adopción BIM .....	10
<i>Figura 2.</i> Herramientas de medición de madurez BIM .....	14
<i>Figura 3.</i> Comparación de herramientas de medición de madurez BIM.....	15
<i>Figura 4.</i> Ejemplo de niveles de granularidad de la competencia Tecnología. ....	20
<i>Figura 5.</i> Modelo de Punto de Adopción. ....	22
<i>Figura 6.</i> Componentes de la matriz de madurez BIM.....	24
<i>Figura 7.</i> Esquema de la metodología de la investigación. ....	33
<i>Figura 8.</i> Principales secciones de la encuesta .....	35
<i>Figura 9.</i> Fases del diseño de la encuesta.....	39
<i>Figura 10.</i> Atributo “aplicaciones” en la MMB de Succar.....	40
<i>Figura 11.</i> Atributo “dinámicas” en la MMB de Succar. ....	41
<i>Figura 12.</i> Flujo de análisis de la Matriz de Madurez BIM (MMB).....	41
<i>Figura 13.</i> Evolución desde el diseño preliminar hacia el optimizado.....	43
<i>Figura 14.</i> Diagrama del análisis de madurez BIM.....	45
<i>Figura 15.</i> Gráfico circular sobre el cargo dentro de la organización de los encuestados. .	47
<i>Figura 16.</i> Gráfico circular sobre la cantidad de años que el profesional ha trabajado en la organización.....	48
<i>Figura 17.</i> Gráfico de barras del tipo de proyecto según rubro. ....	49
<i>Figura 18.</i> Antigüedad de la organización.....	50



<i>Figura 19.</i>	Número de colaboradores en la empresa. ....	51
<i>Figura 20.</i>	Gráfico de barras de las regiones de operación .....	52
<i>Figura 21.</i>	Respuestas de la pregunta filtro: adopción BIM.....	52
<i>Figura 22.</i>	PB1. Respuestas sobre las causas de la no adopción BIM. ....	53
<i>Figura 23.</i>	PB2. Respuestas sobre las acciones para la futura adopción BIM. ....	54
<i>Figura 24.</i>	PB3. Respuestas sobre el plazo estimado para la futura adopción BIM.....	55
<i>Figura 25.</i>	Resultados del nivel de madurez de Selección de Software (TS1).....	56
<i>Figura 26.</i>	Resultados del nivel de madurez de Uso de modelos 3D (TS2).....	57
<i>Figura 27.</i>	Resultados del nivel de madurez de Intercambio de información BIM (TS3)..	58
<i>Figura 28.</i>	Resultados del nivel de madurez de Calidad del hardware (TH1).....	59
<i>Figura 29.</i>	Resultados del nivel de madurez de Sustitución y mejora del hardware (TH2).....	60
<i>Figura 30.</i>	Resultados del nivel de madurez de Plataformas de almacenamiento de información BIM (TR1).....	61
<i>Figura 31.</i>	Resultados del nivel de madurez de Seguridad de la red y acceso a la información BIM (TR2).....	62
<i>Figura 32.</i>	Resultados del nivel de madurez de Conocimiento BIM compartido (PR1).....	63
<i>Figura 33.</i>	Resultados del nivel de madurez de Desempeño laboral (PA1).....	64
<i>Figura 34.</i>	Resultados del nivel de madurez de Roles BIM (PA2). ....	65
<i>Figura 35.</i>	Resultados del nivel de madurez de Detalle de entregables BIM (PP).....	66
<i>Figura 36.</i>	Resultados del nivel de madurez de Implementación BIM (PL1).....	67
<i>Figura 37.</i>	Resultados del nivel de madurez de Visión BIM (PL2). ....	68

<i>Figura 38.</i>	Resultados del nivel de madurez de Capacitación de los miembros del equipo de trabajo (LP1).	69
<i>Figura 39.</i>	Resultados del nivel de madurez de Manual de estándares BIM (LR1).	70
<i>Figura 40.</i>	Resultados del nivel de madurez de Plan de Ejecución BIM (PEB) (LC1).	71
<i>Figura 41.</i>	Resultados del nivel de madurez de Modelado basado en objetos (EC1).	72
<i>Figura 42.</i>	Resultados del nivel de madurez de Colaboración basada en modelos (EC2).	73
<i>Figura 43.</i>	Resultados del nivel de madurez de Integración basada en la red (EC3).	74
<i>Figura 44.</i>	Resultados del nivel de madurez de Escala organizacional (EO1).	75
<i>Figura 45.</i>	Áreas de madurez vs %Constructoras.	76
<i>Figura 46.</i>	Diagrama de caja y bigotes por área de madurez.	77
<i>Figura 47.</i>	Punto de adopción de constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú.	82
<i>Figura 48.</i>	Histograma del puntaje de madurez BIM de las constructoras (N = 34).	85
<i>Figura 49.</i>	Diagrama de caja y bigotes del puntaje de madurez BIM de las constructoras.	86
<i>Figura 50.</i>	Histograma del puntaje de madurez BIM organizacional tras <i>Bootstrap</i> .	88
<i>Figura 51.</i>	Descripción del nivel de madurez BIM obtenido	102
<i>Figura 52.</i>	Niveles de madurez BIM	104

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Objetivos y secuencia investigativa .....5
Tabla 2	Herramientas de medición de madurez BIM ..... 12
Tabla 3	Escalas organizacionales..... 18
Tabla 4	Conjuntos de Competencia BIM para un nivel de granularidad 1 .....20
Tabla 5	Principios de la matriz de madurez BIM .....23
Tabla 6	Ejemplo de puntaje de madurez BIM .....25
Tabla 7	Investigaciones que han aplicado la MMB de Succar .....26
Tabla 8	Lista de los enunciados de madurez BIM ..... 38
Tabla 9	Puesto del profesional encuestado (N = 46) .....46
Tabla 10	Años de experiencia en la organización (N = 46).....47
Tabla 11	Tipos de proyectos que realizan.....48
Tabla 12	Ubicación de la oficina central de la constructora (N = 46) .....49
Tabla 13	Antigüedad de la constructora (N = 46).....50
Tabla 14	Tamaño de la empresa según número de colaboradores (N = 46).....50
Tabla 15	Regiones del norte del Perú donde la constructora ha operado .....51
Tabla 16	Resultados del diagrama de caja y bigotes por área de madurez (N=34) ..... 78
Tabla 17	Matriz de madurez BIM.....80
Tabla 18	Puntaje de madurez en constructoras que han adoptado BIM (N=34) .....83
Tabla 19	Resumen de los resultados del diagrama de caja y bigotes. ....86

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El presente capítulo plantea la problemática y justificación de la tesis, donde se destaca la importancia de evaluar la madurez BIM organizacional en áreas no estudiadas. Se definen el objetivo principal y los objetivos específicos de la investigación, los cuales se alinean con la necesidad de comprender la madurez BIM en constructoras que operan en la Macro Región norte del Perú. Además, se describe la secuencia de la investigación, dividida en cinco etapas, que abarca desde la revisión literaria hasta las conclusiones y recomendaciones. Por último, se detallan los alcances y limitaciones del estudio, donde se evidencian los desafíos en cuanto a la disponibilidad de datos y sesgos potenciales.

### 1.1. Problemática

En los últimos años, el Modelado de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) ha surgido como una metodología relevante para digitalizar la industria de Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación (AECO). BIM se define como “el conjunto de tecnologías, procesos y políticas que interactúan y generan una metodología para gestionar la información del ciclo de vida del proyecto en un formato digital” (Succar, Sher, Aranda-Mena, & Williams, 2007, pág. 2). La adopción de BIM en los procesos de diseño y construcción promueve la colaboración entre las partes involucradas y garantiza la trazabilidad de la información, lo que resulta en la reducción de tiempos, costos y desperdicios (Mohd Noor, Junaidi, & Ramly, 2018). Según el reporte de construcción digital del *National Bureau of Statistics (2021)*, el uso de BIM en los proyectos de construcción a nivel global<sup>1</sup> ha incrementado en un 58% en la última década. De hecho, en 2011, solo uno de cada diez profesionales empleaba BIM, mientras que desde 2019, esta cifra se ha elevado a siete de cada diez. Esta tendencia demuestra que el uso de BIM en la gestión de proyectos de construcción

---

<sup>1</sup> Cobertura del estudio: 906 profesionales del rubro: Reino Unido (64%); Asia (11%); Europa fuera del Reino Unido (10%); Norteamérica (5%); rto. (10%).

es cada vez una práctica más común, lo que sugiere una aceptación y comprensión de los beneficios que BIM aporta.

En el contexto peruano, se han implementado políticas para fomentar el uso de BIM en inversiones públicas, como el Plan BIM Perú, impulsado por el Ministerio de Economía y Finanzas. Este plan establece la hoja de ruta nacional para la adopción progresiva de BIM hacia el año 2030. Además, se han llevado a cabo tres estudios sobre la adopción de BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao, publicados en los años 2017, 2021 y 2023. Específicamente, el tercer estudio reveló que, de los 211 proyectos evaluados, el 36% adoptó BIM en algún grado, lo que representa un aumento del 11% respecto al primer estudio del 2017 (Murguía et al., 2023, pp. 30-31). El aumento gradual de la adopción de BIM en proyectos de la capital indica un creciente reconocimiento por parte de empresas y profesionales sobre las ventajas que esta metodología ofrece en comparación con las prácticas tradicionales. Es importante destacar que los estudios mencionados se centran en proyectos específicos, por lo que aún existe una brecha de conocimiento respecto a la madurez BIM de las organizaciones. La falta de enfoque en esta unidad de análisis limita la comprensión de cómo las constructoras están integrando la metodología en sus procesos, cultura y estrategias, lo que obstaculiza la identificación de barreras y oportunidades respecto al uso de BIM.

Por otro lado, no existe evidencia de reportes y/o investigaciones sobre la adopción de BIM en ciudades distintas a la capital. Esta carencia puede explicarse, en gran medida, a la disparidad económica entre Lima y los otros departamentos. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2024), el valor agregado bruto (VAB) de la construcción en Lima representó un promedio de 37,6% entre los años 2017 y 2022, mientras que, en otras zonas del país, este índice alcanzó un máximo del 7.5%. Sin embargo, a nivel macro región, el norte ha experimentado un crecimiento económico, impulsado principalmente por la inversión

en la reconstrucción de infraestructura después del fenómeno de El Niño Costero ocurrido en 2017. De acuerdo con el Reporte de Inflación del Banco Central de Reserva (BCR), correspondiente a marzo del 2022, la inversión pública creció un 23,7% en 2021, y se proyecta un crecimiento de 4% y 1.6% para 2022 y 2023, respectivamente, en gran medida debido al gasto en obras de reconstrucción en el marco del acuerdo Gobierno a Gobierno con el Reino Unido. Además, la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) ha liderado la implementación de BIM en la gestión de proyectos del sector público, sentando así las bases para el desarrollo de proyectos en la región (Arup, 2023).

En ese sentido, surge la necesidad de realizar un diagnóstico del uso de BIM en constructoras que operan en regiones no estudiadas, específicamente en ciudades con un potencial crecimiento en el sector de la construcción, como es el caso del norte del Perú.

## **1.2. Justificación**

La justificación de la investigación se basa en razones teóricas con el propósito de generar un nuevo conocimiento de la práctica actual de BIM en las constructoras que operan en la Macro Región Norte del país. Este conocimiento contribuirá a comprender cómo las constructoras están implementando BIM en sus operaciones fuera de la capital, lo que permitirá generar hojas de ruta, estrategias y planes sistematizados.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la madurez BIM organizacional en constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un instrumento de recolección de datos de madurez BIM organizacional.

- Analizar el nivel de madurez de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú en términos de sus Conjuntos de Competencias (tecnología, procesos y políticas), Etapas de capacidad BIM (modelación, colaboración e integración) y Escala Organizacional.
- Inferir la madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú.

### **1.3 Secuencia investigativa**

Esta tesis divide su secuencia investigativa en cinco etapas: revisión literaria, metodología, análisis de resultados, discusión de resultados y, finalmente, conclusiones y recomendaciones.

#### **I) Revisión literaria**

Se examina la aplicación de BIM en la industria AECO a nivel global y se definen los principales conceptos de la investigación. Asimismo, se describen las herramientas de evaluación de desempeño BIM organizacional y se revisan antecedentes internacionales. Por último, se describe el estado actual de BIM en el Perú.

#### **II) Metodología**

Se selecciona una muestra representativa y se diseña el instrumento de recolección de datos (encuestas) con enunciados que permitan identificar el nivel de madurez BIM de las constructoras. Estos enunciados se generan a partir del análisis de la Matriz de Madurez BIM (MMB) propuesta por Bilal Succar. Además, se describe la toma de datos, específicamente la recopilación y procesamiento de información.

#### **III) Análisis de resultados**

Los datos obtenidos se analizaron con estadística descriptiva, que incluye la mediana, la moda, el mínimo, el máximo y el rango intercuartil. Para presentar los niveles de madurez

de las 14 áreas evaluadas se construye la matriz de madurez BIM global. En paralelo, se calcula el puntaje de madurez de cada constructora. Finalmente, se usa el método de remuestreo *Bootstrap* para determinar el intervalo de confianza de la mediana del puntaje de madurez global.

#### IV) Discusión de los resultados

Se discuten críticamente los resultados obtenidos y se plantea de manera descriptiva las relaciones entre los conjuntos de competencias, etapas de capacidad y áreas de madurez.

#### IV) Conclusiones y recomendaciones

En la última parte, se establecen las conclusiones de la tesis y se proponen recomendaciones a tomar en cuenta para futuras exploraciones en el área.

A continuación, se muestra una tabla que estructura la relación entre los objetivos y las etapas de la secuencia investigativa, junto con las actividades que comprenden cada etapa.

Tabla 1  
*Objetivos y secuencia investigativa*

	<b>Objetivos</b>	<b>Etapas</b>	<b>Actividad</b>
<b>1</b>	Diseñar un instrumento de recolección de datos de madurez BIM organizacional.	Revisión literaria	Métricas de evaluación
		Metodología	Diseño de la encuesta
		Metodología	Diseño de muestreo y toma de datos
<b>2</b>	Analizar el nivel de madurez de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú	Análisis de resultados	Análisis descriptivo
		Discusión de resultados	Relación entre conjuntos de competencias, etapas de capacidad y áreas de madurez
<b>3</b>	Inferir la madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú.	Revisión literaria	BIM en el Perú
		Análisis de resultados	Análisis inferencial: Bootstrap
		Discusión de resultados	Puntaje de madurez BIM

*Nota.* Elaboración propia



#### **1.4 Alcances y limitaciones**

Los alcances de la investigación se fundamentan en la recopilación de datos a través de encuestas dirigidas a profesionales con perfiles senior que trabajan en constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú. Estos hallazgos no solo proporcionan un punto de partida valioso para futuros análisis, sino que también ofrecen información relevante para la formulación de estrategias y la toma de decisiones en el sector.

Por otro lado, en relación con las limitaciones del estudio, se encontraron dificultades para acceder a la información. Esto se debió en gran medida al perfil senior de los encuestados, quienes tenían una disponibilidad limitada, por lo que fue necesario realizar un seguimiento constante para garantizar su participación. Además, la falta de información sobre el tamaño de la población de constructoras que operan en la región norte dificultó el cumplimiento de un análisis estadístico riguroso. No obstante, se tuvo acceso a una base de datos que capturaba a la mayoría de la población, lo que permitió realizar generalidades y/o inferencias. Por último, debido a limitaciones de tiempo y recursos, la recopilación de datos se realizó exclusivamente mediante encuestas. Por lo tanto, las preguntas y sus opciones de respuesta fueron diseñadas tal que los resultados obtenidos sean detallados y, dentro de lo posible, se mitigue sesgos por parte de los participantes al evaluar a sus empresas.

## CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA

El segundo capítulo aborda la definición de BIM y plantea la diferencia entre los términos adopción, implementación y madurez BIM. Asimismo, se explica la elección del marco de trabajo del Dr. Bilal Succar para lograr la evaluación de madurez BIM organizacional por medio de la teoría del índice de madurez BIM (BIMMI), el modelo de Punto de adopción (*PoA*) y la Matriz de Madurez BIM (MMB). Además, se comentan algunos casos de su aplicación en investigaciones anteriores. Finalmente, se contextualiza el estado actual de la industria de la construcción en el Perú, así como el marco normativo de la implementación BIM, y los desafíos y beneficios que afronta el sector en el proceso de su adopción.

### 2.1. Modelación de la información en la industria AECO

La industria AECO destaca como uno de los sectores más importantes y de mayor crecimiento a nivel mundial. Sin embargo, aún se encuentra proceso para superar métodos tradicionales y avanzar hacia la transformación digital (Alizadehsalehi, Hadavi, & Joseph, 2020). La digitalización se refiere a la adopción de tecnologías digitales en empresa y sociedad y los cambios que producen en el contexto de conectividad de las organizaciones, individuos y objetos inteligentes (Gruia, Bibu, Nastase, Roja, & Cristache, 2020). Por este motivo, es esencial enfocar el futuro de la industria AECO en la innovación de procesos, herramientas y sistemas.

#### 2.1.1. Adopción de BIM en el mundo

En un inicio, la información de los proyectos de arquitectura y construcción se representaba mediante dibujos a mano. Posteriormente, evolucionó hacia dibujos asistidos por computadora o *Computer Aided Drawing (CAD)*. No obstante, en la última década, se ha producido un cambio notable: la modelación de la información, una nueva forma de representación geométrica y paramétrica (Liu, Jallow, Anumba, & Wu, 2013). La modelación

de la información, o mejor conocida como *Building Information Modeling (BIM)*, se define como: “el uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021b, pág. 19). Por lo tanto, BIM ofrece el potencial para enfrentar retos, tales como la baja productividad, baja calidad de los entregables, elevación de costos, retrasos y falta de información (Ullah, Lill, & Witt, 2019).

A pesar de que la adopción de BIM por parte de la industria AECO fue más prolongada en comparación con las tecnologías CAD, en la actualidad, este se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en proyectos de construcción (Liu, Jallow, Anumba, & Wu, 2013). De hecho, se calculó que en el 2013 alrededor del 48% de la industria contaba con algún nivel de adopción BIM (Giel & Issa, 2013). En específico, es importante mencionar que Reino Unido y EE. UU. reportaron un crecimiento de adopción BIM de 62% en 2017 a un 70% en 2019, consolidándose ambos países como líderes en el uso de BIM a nivel mundial (Al Hammoud, 2021).

El interés global en la adopción de BIM se sustenta en los beneficios demostrados en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación hasta la operación y mantenimiento. Según una estimación realizada por el Gobierno de Reino Unido en 2012, la implementación generalizada de BIM en el sector de la construcción podría generar un ahorro inicial de alrededor de £2 mil millones de libras esterlinas al año (HM Government, 2012).

Asimismo, de acuerdo con el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú (2021): “los beneficios de usar BIM se extienden a toda la cadena de valor de las organizaciones”. Un informe de McKinsey & Company respalda esta afirmación al demostrar que alrededor del 75% de las empresas que adoptaron BIM obtuvieron un retorno de inversión

positivo (Agarwal, Chandrasekaran, & Sridhar, 2016). Por otra parte, en lo que respecta a la productividad, un estudio sobre la ejecución de un proyecto comercial reveló que las áreas que se modelaron y prefabricaron utilizando BIM experimentaron un incremento de productividad que osciló entre el 75% y el 240% en comparación con las áreas que emplearon métodos tradicionales (Poirier, Staub-French, & Forgues, 2015).

Efectivamente, en el transcurso de los años, la adopción BIM se ha vuelto más popular entre las empresas debido a que refuerza el posicionamiento en el mercado (Giel & Issa, 2013) y facilita el intercambio de información, conocimiento y tecnología entre todas las partes involucradas (Alizadehsalehi, Hadavi & Joseph, 2020). A pesar de que la mayoría de los profesionales reconocen estas ventajas, cerca del 48% de la industria percibe una ejecución inconsistente y poco profunda de BIM (Giel & Issa, 2013). Por consiguiente, es necesario apuntar hacia una adopción BIM más madura con el fin de contribuir con la transformación digital de la industria AECO.

### **2.1.2. Madurez BIM**

Es importante establecer una definición clara de la variable “madurez BIM” debido a las ambigüedades que pueden surgir en relación con otros términos como “adopción”, “uso”, “implementación”, entre otros.

Por un lado, el modelo de madurez de capacidad (CMM) se refiere al concepto de “madurez” como un procedimiento explícitamente definido, gestionado, medido, controlado y efectivo que implica una evolución continua y gradual de un proceso (Hutchinson & Finnemore, 2009). En cuanto, a los niveles de madurez, el modelo de madurez de Reino Unido los distingue con un rango de 0 a 3, donde el mínimo (nivel 0) es una representación únicamente 2D (CAD), y el máximo (nivel 3) supone la colaboración y una total interoperabilidad con la información de uno o varios modelos BIM (UK Government Construction Client Group, 2011).

Por otro lado, el Dr. Bilal Succar propone que, para la comprensión de las implicancias de la madurez BIM, se debe partir de tres conceptos fundamentales: adopción, difusión e implementación. A continuación, se muestra un diagrama de la taxonomía en torno a la variable en cuestión.

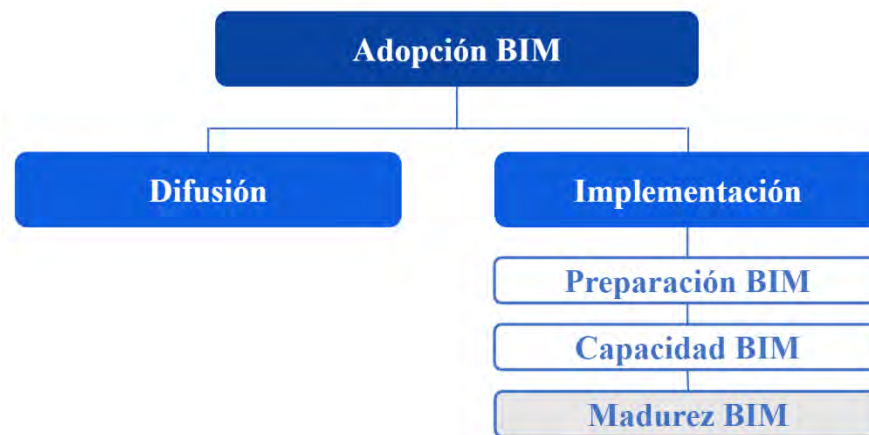


Figura 1. Taxonomía de la adopción BIM  
Adaptado de “BIM Adoption”, por Bilal Succar (BIM Dictionary), 2019.

El esquema anterior evidencia que la adopción BIM es la integración de los conceptos de difusión e implementación. La implementación BIM involucra adoptar nuevos sistemas o procesos para mejorar el desempeño actual de una organización (Succar & Kassem, 2016). Del mismo modo, se observa que la madurez BIM es la tercera fase de la implementación BIM.

- **Preparación BIM:** Nivel de disposición de una unidad organizacional para adoptar herramientas (tecnologías y *software*), flujos de trabajo (procesos) y protocolos BIM (políticas y estandarizaciones) (Succar, 2019a).
- **Capacidad BIM:** Habilidades mínimas de una unidad organizacional para entregar un producto BIM. La capacidad BIM se mide mediante etapas (*BIM Stages*) que están separadas por pasos (*BIM Steps*) (Succar, 2019b). Ambos conceptos se explican más adelante en el apartado 2.2.1.1.

- **Madurez BIM:** Representa el progreso continuo y gradual de una organización dentro de la capacidad BIM en la que se encuentren. En específico, el término “progreso” comprende la calidad, repetibilidad y predictibilidad de un proceso. Esta variable se mide mediante hitos de desempeño o, mejor dicho, niveles de madurez a los que una unidad organizacional aspira (Succar, 2016).

En general, desde los últimos años existe un esfuerzo conjunto por parte de la academia en medir la madurez BIM (Giel & Issa, 2013). Una de las propuestas más integrales es la de Bilal Succar, quien establece cinco métricas para evaluar la madurez BIM y diagnosticar el desempeño digital (*BIM Performance*) en diversas escalas organizacionales.

### **2.1.3. Evaluación del desempeño BIM**

#### **2.1.3.1. Diagnóstico de digitalización en diferentes escalas organizacionales**

En 1988, Dun & Brastreet, citado por Rich (1992), propuso una taxonomía de los tipos de organizaciones o escalas organizacionales agrupadas en tres niveles: macroscópico (toda la industria), mesoscópico (consorcios o varias empresas) y microscópico (una sola empresa o individuos). Este esquema permitió concluir que mientras el diagnóstico se realice a una escala más grande, menor será la adaptabilidad de este para el desarrollo de una teoría o prueba de hipótesis (Rich, 1992). Además, por razones teóricas, aún no se ha logrado una evaluación a escala macro de la implementación y difusión BIM de forma viable (Succar & Kassem, 2015).

Dado que BIM promueve cambios a través de distintas escalas organizacionales (Succar & Kassem, 2015), resulta relevante definir la escala organizacional de la unidad de análisis con el propósito de lograr un diagnóstico acertado.

### 2.1.3.2. *Importancia de medir el desempeño BIM*

Llevar a cabo evaluaciones de desempeño organizacional tiene ventajas evidentes en varios aspectos. En primer lugar, permiten la detección de cuellos de botella; es decir, procesos que reducen la productividad (Succar, 2016). Así, al abordarlos, se mejora el flujo actual y se incrementan eficiencias en todos los procesos que el cuello de botella afectó indirectamente. Por otro lado, estas evaluaciones también facilitan la identificación de brechas de complicidad, que se refiere a estándares que no se están siguiendo o protocolos que hasta ese momento no parecían necesarios (Succar, 2016). Otros aspectos que demuestran la importancia de medir el desempeño BIM refieren a la mejora continua, el benchmarking, el intercambio de los conocimientos a lo largo del ciclo de vida del activo y mejores prácticas observables por clientes potenciales y otros involucrados sin experiencia en BIM (Nepal, Jupp, & Aibinu, 2014).

### 2.1.3.3. *Herramientas de medición de madurez BIM*

Múltiples instituciones de investigación y referentes académicos han propuesto diversas herramientas para evaluar la madurez BIM. Por ello, se ha realizado una revisión de los principales sistemas utilizados para medir el desempeño en organizaciones. Estos se presentan de forma resumida en la Tabla 2.

Tabla 2  
*Herramientas de medición de madurez BIM*

<b>Herramienta</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>
Modelo de Madurez de Capacidad (CMM)	Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción	2007
Índice de Competencia BIM	Universidad de Indiana	2009
Construction Project Information Committee CPIx	Comité de Información del Proyecto de Construcción	2011
Evaluación de BIM Organizacional	Universidad Estatal de Pensilvania	2020
Puntuación BIM Cloud	BIMCS	2013
<i>BIM Compass</i>	BIM Supporters	2019

*Nota.* Elaboración propia

En primer lugar, se describe el “Modelo de Madurez de Capacidad” o *Capability Maturity Model (CMM)*, propuesto por el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción en 2007 como parte del estándar nacional BIM. El modelo evalúa la implementación BIM en 11 áreas utilizando una escala de 10 niveles (NBIMS, 2007).

En segundo lugar, la Universidad de Indiana desarrolló el Índice de Competencia BIM (*BIM Proficiency Index*). Este instrumento se crea a partir de una hoja de cálculo de Excel, que se consta de 8 áreas, 32 variables y 5 niveles de madurez (CIC, 2012)

A pesar de que el Modelo de Madurez de Capacidad (*CMM*) y el Índice de Competencia BIM son referentes para las próximas herramientas de medición, estas son cuestionadas por tres motivos: alta subjetividad, limitado alcance de medición en aspectos técnicos y débil consistencia (Succar, 2010a). Por otro lado, la Matriz de Madurez BIM o *BMM* por sus siglas en inglés (*BIM Maturity Matrix*) fue desarrollado en 2009 por el Dr. Bilal Succar. Esta última cubre aspectos técnicos y detalla el contenido de cada métrica con el fin de incrementar la confiabilidad de los resultados (Giel & Raja, 2013). En ese sentido, la Matriz de Madurez BIM propuesta por Succar supera a las otras herramientas de medición.

Posteriormente, en 2011, el Comité de Información del Proyecto de Construcción (*CPIx*, *Construction Project Information Committee*) propuso una herramienta de evaluación cualitativa “Formulario de evaluación BIM CPIx”, que mide la modelación 3D inteligente de diseño/construcción, el planeamiento y detección de interferencias. En otras palabras, esta herramienta se enfoca en entender la preparación BIM de la unidad de análisis.

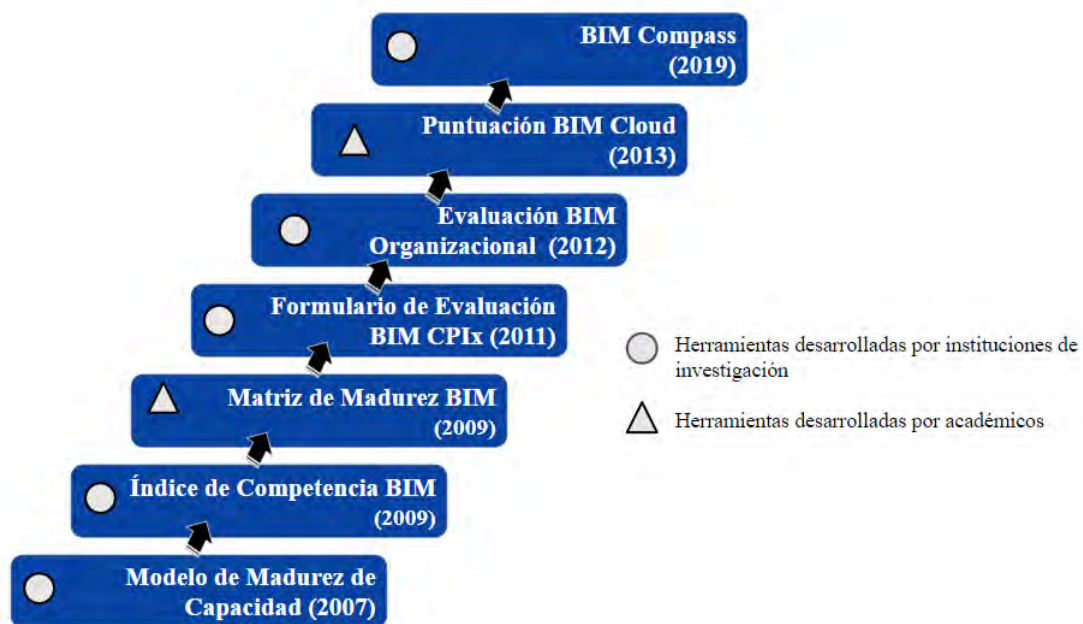
Por su parte, la Universidad Estatal de Pensilvania planteó el cuestionario “Evaluación de BIM Organizacional” en 2012, el cual proporciona una escala del 0 al 5. Este documento consta de 5 categorías: estrategia, usos BIM, procesos, información, infraestructura y personal (Kassem, et al. 2020, p.29).



Por otro lado, en 2013 se introdujo la Puntuación BIM Cloud (*BIMCS*, *BIM Cloud Score*); sin embargo, para utilizar esta herramienta se requiere datos reales y precisos. Por lo tanto, se adopta un método complejo para la evaluación (Wu, Xu, Mao, & Li, 2017).

El caso más reciente es el de BIM Supporters que, en 2019, presentó la herramienta “*BIM Compass*”, que se basa en un cuestionario de interfaz sencilla dividido en capítulos: organización y gestión, mentalidad y cultura, información y herramientas y aplicación (Kassem, et al., 2020, p. 27).

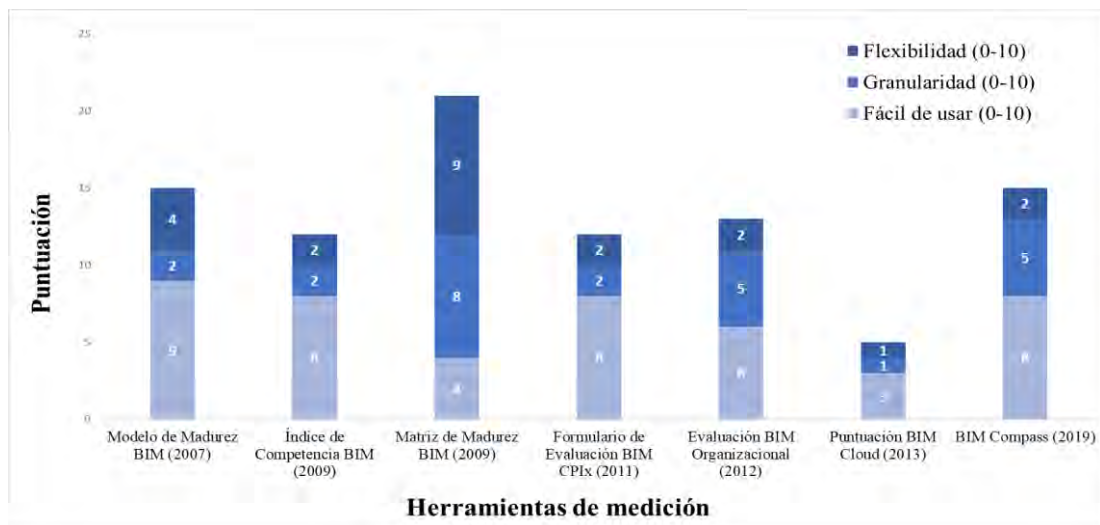
A continuación, se muestra un gráfico donde se distinguen cuáles instrumentos de medición de madurez BIM organizacional fueron desarrolladas por instituciones de investigación y por académicos.



*Figura 2.* Herramientas de medición de madurez BIM  
Adaptado de “*Overview of BIM Maturity measurement tools*”, por Wu et al., 2017.

Tras la revisión de las herramientas de medición, se ha realizado una comparación entre cada uno de los instrumentos según tres criterios: usabilidad, granularidad y flexibilidad. Así pues, “Usabilidad” se refiere a variables como la cantidad de preguntas, la complejidad de la

clasificación, métodos de evaluación adoptados y la existencia de guías para el usuario; “Granularidad” comprende el contenido y la cantidad de aspectos que se cubren respecto a BIM; y “Flexibilidad” está determinada por la habilidad de las herramientas para satisfacer las diferentes demandas de los usuarios en diferentes escalas y niveles de madurez (Wu, Xu, Mao, & Li, 2017). En ese sentido, la Figura 3 compila en un diagrama de tablas apiladas, un resumen de los puntajes asignados (0-10) a cada herramienta de medición.



**Figura 3.** Comparación de herramientas de medición de madurez BIM. Adaptado de “Overview of BIM Maturity measurement tools”, por Wu et al., 2017 y “Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement”, por Kassem, et al., 2020.

De lo anterior, se observa que la Matriz de Madurez BIM es la herramienta con mayor puntaje respecto a los otros instrumentos de medición. Asimismo, tiene la puntuación más alta en flexibilidad (9/10) y granularidad (8/10).

## 2.2. Evaluación de la madurez BIM según Succar

Para evaluar la madurez BIM, Succar plantea dos métodos: por etapas (*Staged*) y continuo (*Continuous*). El primero de ellos está enfocado en un objetivo fijo, que puede ser un hito u objetivo de desempeño; mientras que, el segundo método trata un objetivo en movimiento, por lo que se plantea un perfil de desempeño que evoluciona en el tiempo (Succar, 2016).

Esta tesis tiene como objetivo realizar un diagnóstico del estado actual de la madurez BIM en constructoras. Para ello, se propone la aplicación del método por etapas, que incluye el uso de la Matriz de Madurez BIM como herramienta de medición. Según lo descrito anteriormente, esta matriz permite adaptar la evaluación a diferentes escalas organizacionales (alta flexibilidad) y obtener resultados detallados y confiables (alta granularidad).

## **2.2.1. Métricas de evaluación de madurez BIM**

### **2.2.1.1. Etapas de capacidad BIM**

Las etapas de capacidad BIM son los hitos que tiene que alcanzar una organización o equipo mientras implementa tecnologías y conceptos BIM (Succar, 2016). Son tres etapas de capacidad BIM: Modelado basado en objetos (Etapa BIM 1), colaboración basada en modelos (Etapa BIM 2) e integración basada en la red (Etapa BIM 3). Además, existe un punto inicial fijo llamado pre-BIM y un punto final variable llamado *Integrated Project Delivery* (IPD) o post-BIM (Succar, Sher, & Williams, 2012). Cabe señalar que, entre cada etapa BIM se define los pasos BIM:

- Paso A: desde pre-BIM a Etapa BIM 1
- Paso B: desde Etapa BIM 1 a Etapa
- Paso C: desde Etapa BIM 2 a Etapa BI
- Paso D: desde Etapa BIM 3 a post-BIM/*Integrated Project Delivery* (IPD)

### **2.2.1.2. Índice de madurez BIM**

Diversos modelos de madurez han influenciado la definición del índice de madurez BIM (BIMMI). Entre ellos se encuentran el modelo de madurez iBIM de Reino Unido y el modelo SPICE de Hutchinson & Finnemore (Succar, Sher, & Williams, 2012). El índice de madurez BIM está conformado por cinco niveles de madurez BIM en orden ascendente: inicial o ad-hoc (madurez baja), definido (madurez media baja), gestionado (madurez media),

integrado (madurez media alta) y optimizado (madurez alta). La diferencia entre cada nivel radica en la mejor minimización de las variaciones entre los objetivos y resultados reales; mejor previsibilidad y pronóstico al reducir la variabilidad en las competencias, desempeño y costos; y una mayor efectividad para alcanzar las metas propuestas y establecer otras más ambiciosas (The BIM Framework Blog, 2013).

### **2.2.1.3. Conjuntos de competencias BIM**

Un conjunto de competencias BIM es la colección jerárquica de competencias individuales identificadas con el propósito de implementar y evaluar BIM (Succar, Sher, & Williams, 2012). Cuando un conjunto de competencias BIM es utilizado para evaluar una implementación BIM existente, se le llama “Área de evaluación BIM” (Succar, 2010b). De acuerdo con el autor, son tres conjuntos de competencia BIM: Tecnología, Procesos y Política. Estos se pueden disgregar en áreas de madurez de acuerdo con el nivel de granularidad empleado. Esta métrica se explicará más adelante.

### **2.2.1.4. Escalas organizacionales**

La evaluación de madurez BIM debe respetar la diversidad de mercados, disciplinas y tamaños de las organizaciones; por ello se desarrolló una “Escala Organizacional” (*Oscale*) (Succar, Sher, & Williams, 2012). La clasificación se subdivide de acuerdo con lo mostrado a continuación.

Tabla 3

*Escalas organizacionales*

Bajo detalle			Alto detalle			
Nombre	Símb.	Granularidad	Nombre	Símb.	Granularidad	Definición corta
MACRO mercados e industrias	M	Mercados	Macro	M	Mercado	Mundo comercial
			Meso	Md	Mercado definido	Geográficos, geopolíticos
			Micro	Ms	Sub-mercado	Locales o regionales
	I	Industrias	(Macro I)	I	Industria	La acción organizada de crear bienes y servicios
			(Meso I)	Is	Sector	Subconjunto distintivo del mercado, sociedad, industria o economía
			(Micro I)	Id	Disciplina	Ramas de conocimiento, sistema de reglas de conductas o métodos de práctica
				Isp	Especialidad	Área de conocimiento dentro de una subdisciplina
MESO proyectos y sus equipos	P	Equipos de proyecto	n/a	P	Equipo de proyecto	Grupos de organización temporales dentro del propósito de un objetivo predefinido de un proyecto
MICRO unidades organizacionales, sus grupos y miembros	O	Organizaciones	(Macro O)	O	Organización	Arreglo social que persigue metas colectivas, que controla su desempeño y tiene un límite que la separa del externo
			(Meso O)	Ou	Unidad organizacional	Divisiones especializadas de una organización
				Og	Grupo organizacional (o equipo)	Recursos humanos individuales asignados para desempeñar una actividad o entregar un conjunto de objetivos asignados
			(Micro O)	Om	Miembro organizacional	Pueden ser parte de múltiples grupos organizacionales

Nota. Tomado de "Measuring BIM performance: Five metrics", por Succar, et al., 2012.

### 2.2.1.5. Niveles de granularidad

Succar propuso niveles de granularidad o *GLevels* que hacen referencia al nivel de detalle de los Conjuntos de competencias BIM.

- Descubrimiento (*GLevel 1*): evaluación de bajo detalle aplicable a todas las escalas organizacionales. Se sustenta bajo un puntaje numérico básico y los entregables son solo notas.
- Evaluación (*GLevel 2*): evaluación más detallada que la anterior de la capacidad y madurez BIM aplicable a todas las escalas organizacionales. Se sustenta bajo un puntaje numérico detallado y los entregables son hojas de evaluación.
- Certificación (*GLevel 3*): apreciación de alto detalle de los conjuntos de competencia aplicable solo a organizaciones o equipos de proyecto. Se sustenta bajo un nivel de madurez formal y el entregable es un certificado.
- Auditoría (*GLevel 4*): apreciación detallada al máximo, personalizada y específica a un sector aplicable a equipos de proyecto, unidades, equipos, miembros organizacionales o a la organización en sí. El entregable es un reporte de control.

A modo de ilustración, el conjunto de competencias “Tecnología” se divide en 3 áreas: software, hardware y red para el nivel 1 de granularidad. En el nivel 2 de granularidad cada una de estas áreas se subdivide aún más. Por ejemplo, el área de software se desglosa en almacenamiento, intercambio e interoperabilidad. Lo mismo sucede posteriormente con el nivel 3 y 4. En resumen:

Software > Data > Intercambio de datos > Data estructurada

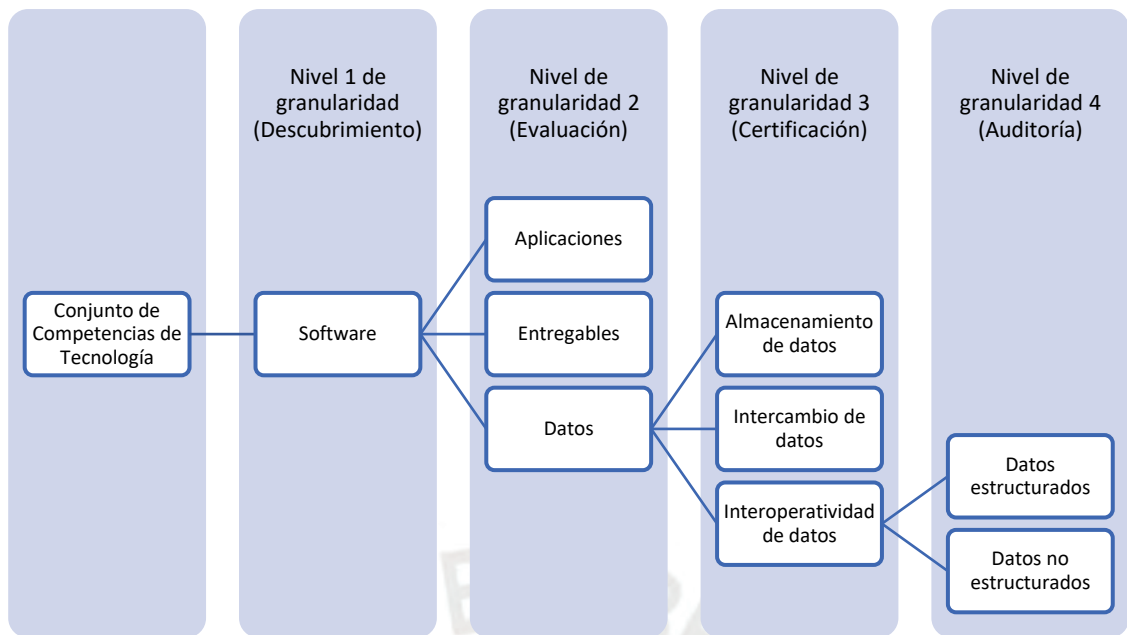


Figura 4. Ejemplo de niveles de granularidad de la competencia Tecnología.  
Adaptado de “Building Information Modelling Maturity Matrix” por Succar, 2010a.

En ese sentido, para un nivel de granularidad 1 (descubrimiento), los conjuntos de competencia BIM se detallan de la siguiente manera:

Tabla 4  
Conjuntos de Competencias para un nivel de granularidad 1

Conjunto de Competencias	Área de madurez a nivel de granularidad 1 (GLevel 1)
<b>Tecnología</b>	Software
	Hardware
	Red
<b>Procesos</b>	Recursos
	Actividades & Flujos de trabajo
	Productos & Servicios
	Liderazgo & Gestión
<b>Política</b>	Preparatorio
	Regulador
	Contractual

Nota. Adaptado de “Building Information Modelling Maturity Matrix”, por Bilal Succar, 2010a.

Finalmente, estas cinco métricas se aplican en conjunto para realizar la evaluación de madurez BIM. De acuerdo con la metodología propuesta por Succar, el primer paso es seleccionar la unidad de análisis y clasificarla dentro de una escala organizacional. Luego, se escoge el nivel de granularidad. Después, tras filtrar los conjuntos de competencia, se establece la etapa de capacidad BIM a analizar. Posterior al análisis, se le asigna un nivel de madurez a esta etapa de capacidad. Finalmente, se genera el reporte de madurez y capacidad BIM por cada escala organizacional y nivel de granularidad establecida (Succar, 2010b). Este reporte es la Matriz de Madurez BIM.

### **2.2.2. Modelo de Punto de adopción**

El modelo de Punto de adopción (*PoA*) combina las cinco métricas descritas anteriormente. *PoA* es una representación visual que superpone los conceptos de preparación, implementación, invención, innovación y difusión (Succar & Kassem, 2016). El punto de adopción es justamente el momento en el cual una organización pasa de estar preparada para adoptar BIM hacia ser capaz de utilizar BIM. En la siguiente figura se muestra el modelo en cuestión.



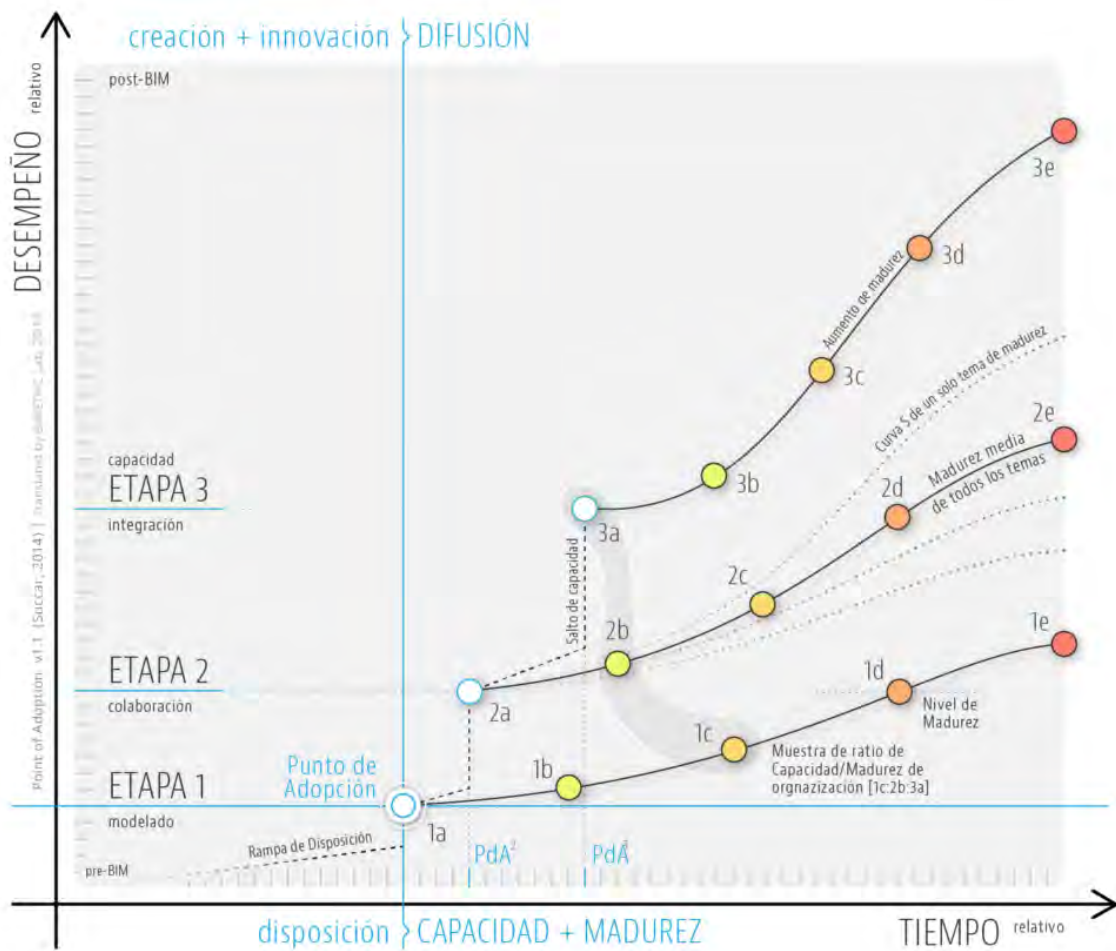


Figura 5. Modelo de Punto de Adopción.

Tomado de "Building Information Modelling: Point of Adoption" por Succar & Kassem, 2016.

El gráfico tiene un eje horizontal cuya magnitud es el tiempo relativo. Ello se refiere a que la organización ha pasado por un periodo de tiempo donde ha realizado un planeamiento y preparación para poder adoptar alguna de las herramientas y flujos de trabajo BIM adecuadamente. Esto se conoce como "Rampa de Disposición o Preparación" y puede verse a la izquierda del punto de adopción en la Figura 5. Este modelo clarifica el progreso de una adopción BIM dentro de las organizaciones; además, ofrece una plantilla simplificada para medir el desempeño BIM, así como para planificar actividades de adopción BIM bien estructuradas (Succar & Kassem, 2016).

### 2.2.3. Matriz de Madurez BIM

Al igual que el *PoA*, la Matriz de Madurez BIM (MMB) también es una relación de las cinco métricas de evaluación de desempeño BIM (ver Anexo 1). Esta herramienta incorpora muchos componentes del marco de trabajo BIM diseñado por Succar (*BIM Framework*) con el propósito de medir y mejorar el desempeño BIM (Succar, 2010a). En la Tabla 5, se presentan los principios de la MMB con los que fue diseñada.

Tabla 5  
*Principios de la matriz de madurez BIM*

<b>Principio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Métricas de Evaluación de madurez BIM</b>	
1	Específico	Los cinco componentes están bien definidos y se complementan entre sí.	Todas
2	Alcanzable	Las etapas de capacidad BIM y los niveles de madurez pueden ser logradas por acciones concretas	Etapas de capacidad BIM y nivel de madurez BIM
3	Aplicable	La matriz puede ser utilizada por todos los involucrados de la industria AECO a través de todas las fases del ciclo de vida del proyecto.	Todas
4	Flexible	Se ajusta a cualquier escala organizacional, desde macro hasta micro.	Escalas organizacionales y conjuntos de competencias
5	Gradual	Promueve el progreso hacia una mejor madurez y capacidad BIM.	Etapas de capacidad BIM y nivel de madurez BIM
6	Acumulativo	Entregables de una etapa de capacidad BIM es necesaria para lograr la siguiente. Del mismo modo, entregables de un nivel de madurez BIM son necesarios y prerequisites para lograr el siguiente.	Etapas de capacidad BIM y nivel de madurez BIM
7	Actual	El diseño de la matriz parte de tecnologías y modelos actuales	Todas
8	Informativo	Provee una retroalimentación y los siguientes pasos a tomar para que el desempeño mejore	Todas

9	Medible	La evaluación de la madurez está relacionada a las unidades organizacionales, de modo que pueden medirse de la misma forma	Escalas organizacionales
10	Granular	Las evaluaciones de madurez pueden realizarse en múltiples niveles de granularidad	Niveles de granularidad
11	Neutral	La matriz no perjudica las soluciones cerradas, abiertas, libres o comerciales. Los involucrados pueden emplear independientemente de sus técnicas de persuasión.	Todas
12	Relevante	La matriz y los conceptos que la conforman son relevantes para la industria y la academia	Todas

Nota. Adaptado de “Building Information Modelling Maturity Matrix” por Bilal Succar, 2010a.

A continuación, la Figura 6 muestra de manera gráfica la forma en que las cinco métricas de evaluación de madurez construyen la matriz de madurez.

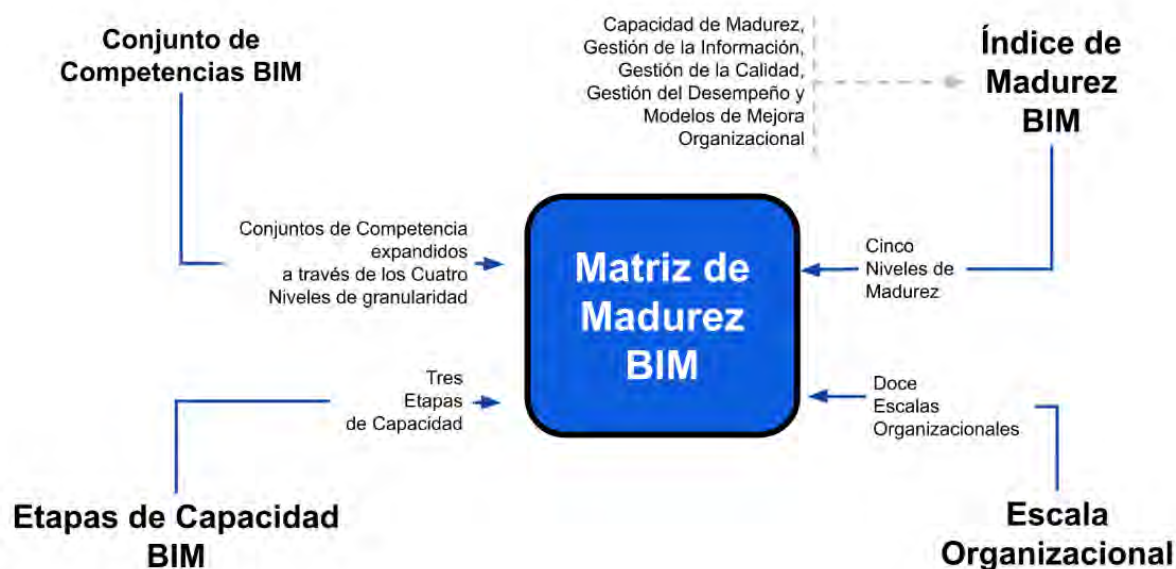


Figura 6. Componentes de la matriz de madurez BIM.  
Tomado de “Building Information Modelling Maturity Matrix” por Succar, 2010a.

## Ejemplo del cálculo del puntaje de madurez BIM

El puntaje de madurez BIM (PMB) se calcula a través de un procedimiento aritmético que involucra catorce puntos individuales distribuidos en diez áreas de competencia, tres etapas de capacidad y una escala organizacional. Cada nivel de madurez corresponde a un número fijo de puntos: Nivel a (10 puntos), Nivel b (20 puntos), Nivel c (30 puntos), Nivel d (40 puntos) y Nivel e (50 puntos). Para obtener el PMB, se promedia el total de puntos acumulados y se divide entre catorce (Succar, 2010a). A continuación, se muestra un ejemplo de este cálculo para una evaluación hipotética de una organización a un nivel de granularidad 1.

Tabla 6  
Ejemplo de puntaje de madurez BIM

Matriz de Madurez BIM Granularidad nivel 1		a (10 Pts.)	b (20 Pts.)	c (30 Pts.)	d (40 Pts.)	e (50 Pts.)
Tecnología	Software				•	
	Hardware		•			
	Redes			•		
Procesos	Recursos				•	
	Actividades y Flujos de trabajo			•		
	Productos y Servicios		•			
	Liderazgo y Gestión		•			
Políticas	Preparatorio		•			
	Regulador			•		
	Contractual				•	
Etapas	Modelado					•
	Colaboración			•		
	Integración	•				
Escala	Organización		•			
<b>Subtotal</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>50</b>
<b>Puntos totales</b>						<b>400</b>
<b>Puntaje de madurez BIM (PMB)</b>						<b>28.57</b>

Nota. Adaptado de “Building Information Modelling Maturity Matrix” por Succar, 2010a.

#### 2.2.4. Casos de aplicación

A continuación, se describen algunas investigaciones internacionales, cuya metodología se centra en la aplicación de la Matriz de Madurez BIM propuesta por Succar. Estas pueden verse de forma resumida en la siguiente tabla.

Tabla 7  
*Investigaciones que han aplicado la MMB de Succar*

<b>Título de la investigación</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Año de publicación</b>
<i>Toward adoption of BIM in the Nigerian AEC Industry; context framing, data collecting and paradigm for interpretation</i>	Sa'id Alkali Kori	2015
<i>Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo</i>	Ana Raquel Silvério Rodrigues	2018
<i>Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura</i>	William Rodrigues dos Santos	2016

*Nota.* Elaboración propia

En primer lugar, la investigación titulada “Hacia la adopción BIM en la industria AEC nigeriana; marco de contexto, colección de datos y paradigma para la interpretación [*Toward adoption of BIM in the Nigerian AEC Industry; context framing, data collecting and paradigm for interpretation*]” fue publicada por Sa'id Alkali Kori en 2015. Su objetivo fue examinar el estado actual de digitalización de las empresas de arquitectura nigerianas y el grado de preparación de estas hacia las tecnologías digitales y de información para la adopción BIM (Kori & Kiviniemi, 2015).

La investigación consistió en crear una encuesta virtual adaptada, según protocolos norteamericanos y europeos, para un país en desarrollo. Parte de la investigación fue una revisión literaria y otros casos de estudio para apreciar el potencial de BIM en Nigeria. El marco de trabajo conceptual fue desarrollado en base a la MMB de Succar. La muestra fue de

101 empresas de arquitectura registradas en Nigeria distribuidas en cuatro ciudades, donde se concentra más del 60% de las empresas de todo el país. Así pues, se especifican tres pasos de análisis: (i) Clasificar las empresas en tres niveles basado en la cantidad de personal. (ii) Evaluar los datos analizando las respuestas en cada categoría según el modelo de madurez BIM usando tabulación cruzada. (iii) Definir el nivel de cada categoría en su prospecto hacia la adopción BIM utilizando análisis descriptivo. Finalmente, la investigación concluye que, en general, el nivel de adopción y capacitación tecnológica es aceptable, la mayoría de las medianas y grandes empresas logran usar BIM significativamente, pero las pequeñas empresas están teniendo ciertos retrasos sobre todo en las áreas de políticas y procesos.

Este primer caso de estudio internacional muestra cómo se utiliza la MMB de Succar enfocada en organizaciones, lo que es totalmente útil para la elaboración de esta tesis. Incluso, se muestra como objetivo categorizar las empresas en escalas organizacionales. Ello será bastante útil para la sección de diseño muestral, así como para elaborar el enfoque de las preguntas de la encuesta. Además, este es un buen ejemplo del resultado que se puede esperar al utilizar encuestas en línea en el contexto de un país en desarrollo.

En segundo lugar, se tiene la monografía “Grado de Madurez BIM: Estudios de Caso en empresas proyectistas de Arquitectura en la ciudad de São Paulo [*Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo*]” publicada por Ana Raquel Silvério Rodrigues en 2018. El objetivo principal es medir el grado de madurez BIM en las empresas de arquitectura utilizando la metodología de análisis del Dr. Bilal Succar. Los objetivos secundarios son validar la metodología y averiguar si sus aplicaciones pueden fomentar la evolución de las empresas en la medida que permita una mejor planificación de la toma de decisiones (Silvério, 2018).

En resumen, la monografía se basó en la revisión del caso de cuatro compañías que trabajan con proyectos de arquitectura tanto para el sector privado como público. El foco fue examinar la capacidad de usar BIM y su evolución en las empresas mediante el concepto de la madurez BIM. La metodología de investigación se basó en visitas a las oficinas y entrevistas semiestructuradas a directivos y coordinadores de proyecto. El autor midió cuatro situaciones diferentes, una para cada compañía. Así, se concluyó que dos están en etapas iniciales de madurez BIM y las otras dos están en etapas más desarrolladas porque estas últimas han utilizado la metodología BIM por varios años.

Esta monografía es bastante útil pues utiliza la misma metodología de evaluación en la que se basa la presente tesis. Además, el caso demuestra que una buena aplicación de la herramienta ayuda a la mejora continua de BIM en los procesos de las empresas.

El tercer caso es la disertación “Estudios de Caso de Implementación de Modelación de Información en la Construcción en microempresas de arquitectura [*Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura*]” presentada por William Rodrigues dos Santos en 2016. El objetivo general fue comprender cómo las microempresas abordan BIM para evaluar sus competencias a fin de diagnosticar las barreras para la implementación de la metodología. En específico, se quiso identificar estrategias de implementación BIM, evaluar el grado de madurez BIM y diagnosticar las barreras relacionadas a BIM que las microempresas enfrentan (dos Santos, 2016).

La disertación presenta cuatro casos de estudio de la implementación de BIM en microempresas de Arquitectura en São Paulo, Brasil. Estos casos se examinan de acuerdo con la metodología de evaluación del Dr. Bilal Succar. El método de investigación consistió en elaborar tres cuestionarios secuenciales y estructurados para obtener los datos. Los resultados

muestran que todas las oficinas se encuentran en la primera etapa de implementación (Pre-BIM) y se evidencia la falta de colaboración entre las oficinas de arquitectura y sus involucrados. Según dos Santos, ello se debe a que las oficinas se enfocan demasiado en la etapa inicial del ciclo de vida del proyecto, lo que no permite a la empresa aprovechar BIM en todas las fases. La disertación concluye que es posible demostrar los verdaderos beneficios de BIM con una colaboración efectiva apoyada en buenos contratos y procesos.

En este caso, la estructura de las preguntas y la calidad de los resultados son valiosos recursos para la realización de otras encuestas similares y las expectativas de sus resultados. Además, la aplicación de la teoría de Succar cuenta con empresas de la industria como unidad de análisis. En definitiva, los resultados de esta disertación son altamente descriptivos y relevantes para la industria, que es a donde se pretende aproximar las conclusiones de la tesis.

## **2.3. BIM en el Perú**

### **2.3.1. Estado actual de la industria de la construcción**

Si bien BIM ha sido adoptado exitosamente en los países con mayor desarrollo económico, aún continúa en su primera etapa en los países en vía de desarrollo (Al Hammoud, 2021, pág. 65). De acuerdo con el indicador de infraestructura del Índice Global de Competitividad, el Perú alcanza la posición 88 de 141 países, siendo notoriamente superado por países como México (54) y Chile (42) (Foro Económico Mundial, 2019). Por ello, durante los últimos años el país viene implementado medidas para incrementar la calidad de la infraestructura en diferentes sectores productivos, y de esta manera fomentar nuevas inversiones que agilicen el crecimiento del país a largo plazo (Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú, 2022, pág. 30). En ese sentido, el gasto promedio anual (2019-2021) en inversión pública representa el 4.53% del producto bruto interno (PBI) nacional (Banco Central de Reserva del Perú, 2022, pág. 91).



En definitiva, la industria de la construcción es una parte importante de la economía peruana. De ahí que, se registró un crecimiento acumulado de 2.26% de enero a agosto del año 2022, respecto al mismo periodo del 2021. Este resultado se sustenta en el incremento del avance físico de obras en 22.69% en los gobiernos locales y regionales (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022, pág. 28). Por otro lado, Miguel Honores, presidente del Gremio de Construcción e Ingeniería de la Cámara de Comercio de Lima, considera que los niveles de productividad en proyectos de construcción son más altos que los registrados en prepandemia debido a iniciativas del sector privado (Honores, 2022). Asimismo, destacó el aporte económico de la construcción durante la pandemia, el cual representó el 6.7% del PBI nacional. Además, añadió que, dentro del marco laboral, esta actividad económica genera aproximadamente 211 455 puestos de trabajo formales a escala nacional.

No obstante, a pesar de los beneficios en toda la cadena de suministro de la economía, la productividad en la industria ha crecido en menor medida, con respecto a su desempeño desde el 2014. La razón de esto es principalmente el bajo uso de herramientas tecnológicas y el limitado financiamiento en investigación y desarrollo. En ese sentido, la introducción de innovaciones digitales es fundamental para incrementar eficiencias en cada fase de la inversión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021a, pág. 6).

### **2.3.2. Marco normativo de la implementación BIM en el Perú**

Durante la última década, el sector privado, representado por empresas líderes en construcción, ha realizado esfuerzos individuales para implementar BIM en su flujo de trabajo e incrementar su productividad en proyectos. Así pues, el 2012 se creó el Comité BIM del Perú, promovido por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) con la finalidad de dar a conocer los beneficios de BIM e incentivar su uso dentro del sector (Almeida, 2019).

Por su parte, en el sector público, el gobierno peruano ha establecido normativas para reglamentar BIM en proyectos de inversión pública. Este marco normativo fue promovido desde el Ministerio de Economía y Finanzas y tuvo apertura el 2018 con el decreto legislativo N°1444, que modificó la ley de contrataciones del estado para impulsar la implementación gradual de modelamiento digital con el objetivo de mejorar la transparencia, calidad y trazabilidad en obras públicas (Decreto Legislativo N°1444, 2018). El mismo año, el Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil y el Subcomité Técnico de Normalización de Organización de la Información sobre Obras de Construcción y de Calidad en la Construcción del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) generó las primeras Normas Técnicas Peruanas (NTP) sobre BIM:

- ETP-ISO/TS 12911: Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM). 1a. Edición
- NTP-ISO 29481-2: Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo

A la fecha, el subcomité de INACAL ha desarrollado 7 normas técnicas que promueven la estandarización del uso de BIM a nivel nacional, entre las cuales destacan las recientes publicaciones de la ISO 19650 parte 1 y parte 2.

Posteriormente, en 2019 se establecieron los lineamientos generales para el uso del BIM en proyectos de construcción mediante la resolución ministerial N°242 (RM-242-2019-VIVIENDA, 2019). Asimismo, se aprobó el Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019-2030, el cual establece en su Objetivo Prioritario 1 (OP1) el mejoramiento de la gestión y mitigación de gastos incurridos en los proyectos de inversión pública mediante la aplicación de la metodología BIM. En este contexto, nació el Plan BIM Perú, medida política que

establece una estrategia nacional para la adopción y uso de BIM en los procesos de las etapas del ciclo de inversión (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2019, pág. 18). Además, desde el 2019, el Perú es miembro de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericano, una iniciativa regional que busca acelerar el desarrollo gubernamental de BIM con la finalidad de reforzar la gobernanza y gestión local (Red BIM de Gobiernos latinoamericanos, 2019).

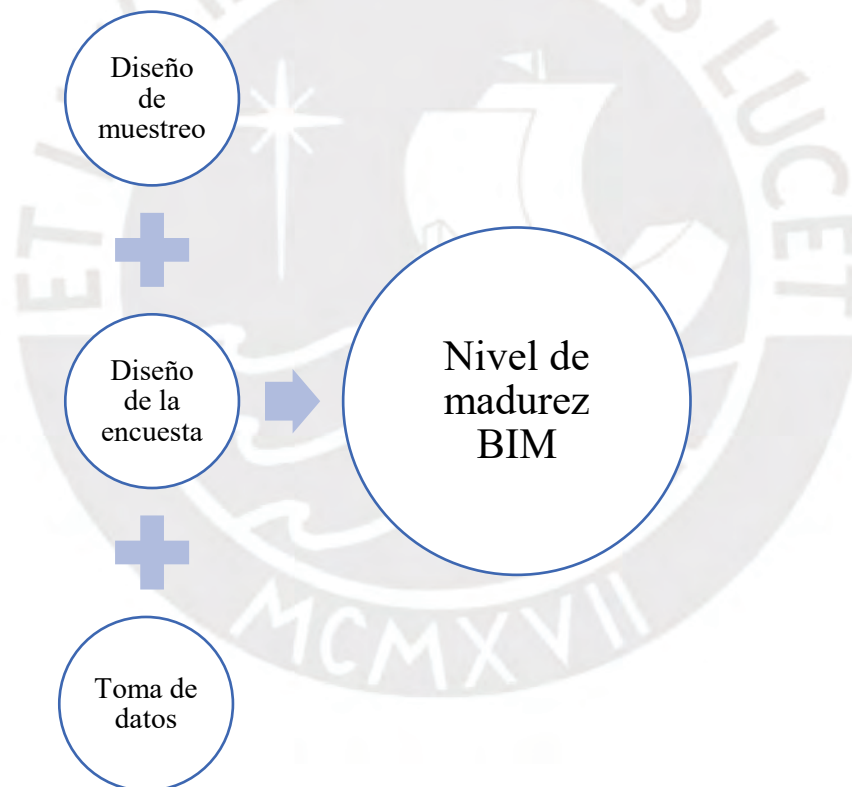
### **2.3.3. Adopción BIM: Desafíos y beneficios para las constructoras**

El proceso de adopción BIM en el Perú representa un desafío significativo para todo el ecosistema de la construcción. Según Soto y Manríquez (2023), la resistencia al cambio emerge como uno de los principales obstáculos que enfrentan las empresas al implementar BIM en América Latina y el Caribe. Por ejemplo, en Colombia se identificó que el 85% de los proyectos tiene problemas en la falta de control y organización de la información, específicamente durante la ejecución de obras públicas (Portocarrero, 2017). Este panorama evidencia la necesidad de establecer nuevas estrategias organizacionales para la aplicación BIM, con la finalidad de aprovechar los beneficios asociados a su uso.

En cuanto a estos beneficios, el Segundo Estudio de Adopción BIM en Lima y Callao revela que el 70% de los proyectos encuestados considera que BIM ha contribuido a mejorar la planificación de la obra y a reducir los costos de construcción. Además, el 60% de los encuestados coincide en que BIM ha permitido reducir el tiempo necesario para completar la construcción (Murguía, Vasquez, Balboa, & Lara, 2021). Estos hallazgos se ven respaldados por un tercer estudio, que indica que alrededor del 80% de los encuestados perciben que BIM agiliza las tareas y aumenta la productividad (Murguía et al., 2023). Sin embargo, es importante señalar que, si bien estos estudios se centran en proyectos de construcción, las necesidades y los beneficios de BIM en las empresas se abordan de manera indirecta, lo que sugiere la necesidad de una investigación más detallada en este ámbito.

### CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis adopta un enfoque cuantitativo que se fundamenta en la recolección de datos numéricos y cuantificables mediante una encuesta, y en el empleo de estadística descriptiva e inferencial para el análisis de la información. La metodología de la investigación abarca tres aspectos principales: el diseño de la encuesta, donde se detallan las etapas y la estructura del instrumento utilizado; el diseño de muestreo, que explica el mecanismo de selección de la muestra representativa; y finalmente, la toma de datos, que describe el método de recolección y procesamiento de la información. A continuación, se presenta el esquema de la metodología de la investigación para estimar el nivel de Madurez BIM.



*Figura 7.* Esquema de la metodología de la investigación.

*Elaboración propia.*

### **3.1. Diseño de muestreo**

#### **3.1.1. Técnica de muestreo**

La técnica de muestreo es no probabilística por conveniencia porque se tuvo accesibilidad a la base de datos de clientes del año 2022 de una empresa líder en la producción y comercialización de cemento, concreto y otras soluciones en el norte del Perú. A pesar de que la muestra no fue obtenida mediante un proceso aleatorio, se considera representativa debido a la amplia participación de mercado que la empresa en cuestión tuvo en 2022. Por lo tanto, las inferencias realizadas a la población son significativas.

#### **3.1.2. Unidad de análisis**

La unidad análisis de la población está compuesta por constructoras locales y/o nacionales que operan en la Macro Región Norte del Perú; específicamente en proyectos de gran envergadura o relacionados con la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC). Cabe resaltar que la extensión geográfica de esta investigación se definió en función a la información disponible en la base de datos. Por lo tanto, la Macro Región Norte se limita a los departamentos de Cajamarca, Lambayeque, Piura, La Libertad y Áncash.

#### **3.1.3. Tamaño de la muestra**

La presente investigación prescinde de la necesidad de definir un tamaño de muestra, pues se está empleando un muestreo no probabilístico. No obstante, al llevar a cabo procedimientos estadísticos, se estableció que el tamaño muestral mínimo requerido fuera de 30 puntos de observación.

### 3.2. Diseño de la encuesta

#### 3.2.1. Estructura de la encuesta

El diseño de la encuesta consolida información pertinente del encuestado y la organización, a través de seis secciones: datos generales del encuestado, tecnología, procesos, políticas, áreas de capacidad BIM y escala organizacional BIM. No obstante, en caso la constructora no haya adoptado BIM, las secciones se reducen a datos generales del encuestado y pre-BIM.

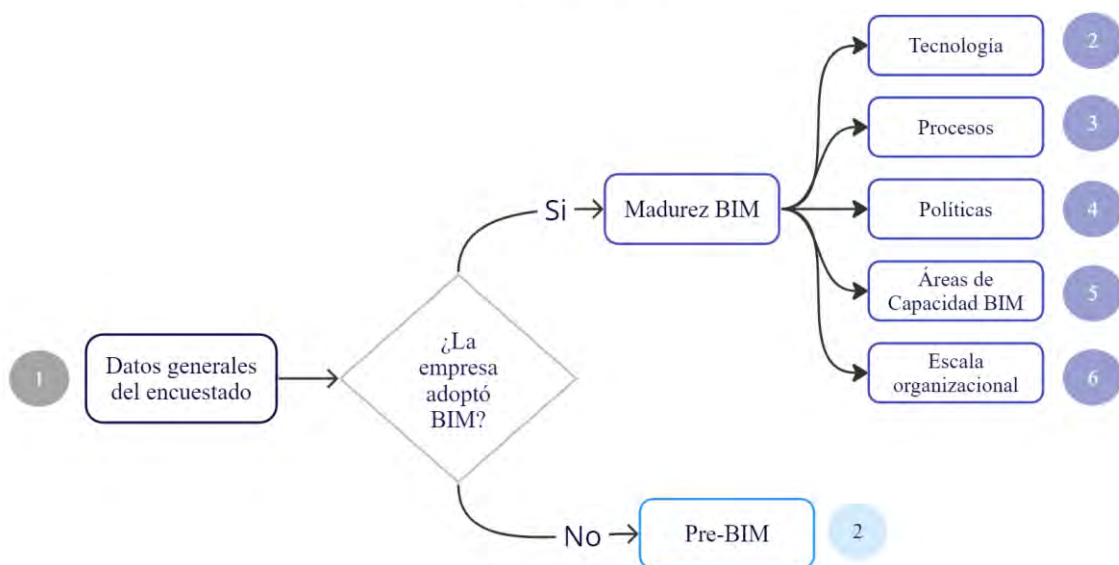


Figura 8. Principales secciones de la encuesta

Elaboración propia.

##### 3.2.1.1. Datos generales del encuestado

Esta sección busca recolectar información para describir las características de la muestra. A continuación, se describe la importancia de considerar cada enunciado.

#### Cargo del encuestado en la organización

El perfil adecuado para participar en la encuesta debe ser un profesional que ocupe un cargo de alta dirección y lidere la gestión de procesos de diseño, construcción y/o operaciones

de los proyectos. Esta elección se justifica por el grado de conocimiento acerca de las herramientas tecnológicas, procesos y políticas implementadas en la organización.

### **Años de experiencia en la organización**

La cantidad de años de servicio dentro de una empresa puede influir en el nivel de conocimiento, experiencia y comprensión que posee sobre la misma. Por lo tanto, es preferible que la mayoría de los encuestados tenga al menos cuatro años de experiencia en la organización para que las respuestas sean más confiables.

### **Tipos de proyectos**

Es relevante conocer el rubro de los diferentes proyectos que ejecutan las organizaciones. Se considera los siguientes tipos de proyectos: residencial (edificios unifamiliares, edificios multifamiliares, vivienda masiva modular), oficina, *retail* (centros comerciales, tiendas departamentales, restaurantes), educación (colegios, institutos, universidades), salud (hospitales, postas, clínicas), carreteras, saneamiento e infraestructura (puentes, aeropuertos, represas, penales).

### **Procedencia**

La procedencia de la constructora (ubicación de su oficina central) es una característica que sirve para describir la muestra. No obstante, para fines de la investigación el factor más importante es que las constructoras operen en el norte del país independientemente de su procedencia.

### **Antigüedad**

Una empresa con una larga trayectoria puede indicar estabilidad, experiencia y capacidad para adaptarse al cambio. De esta manera, conocer la antigüedad de una organización sirve como un factor de interpretación del nivel de madurez BIM de la muestra.

## **Tamaño de la empresa**

La cantidad de colaboradores, sin considerar al personal obrero, puede incidir en la madurez BIM organizacional, ya que sirve como indicador de recursos financieros, complejidad y tamaño de los proyectos, capacidad de formación, entre otros factores.

## **Departamentos del norte del Perú donde opera la empresa**

Esta pregunta es excluyente, pues se requiere que la constructora opere al menos en un departamento de la Macro Región Norte del Perú (Lambayeque, La Libertad, Piura, Cajamarca y Áncash).

### **3.2.1.2. Pre-BIM**

Si bien la información recolectada de la sección de “Pre-BIM” no responde a los objetivos de la investigación, es importante recopilar y analizar estos datos de manera secundaria con la finalidad de tener una comprensión holística del comportamiento de las constructoras que operan la región de estudio. En ese sentido, se diseñaron tres preguntas relacionadas a Pre-BIM. La primera indaga sobre las causas de la no adopción de BIM. La segunda pregunta busca conocer las acciones necesarias para adoptar BIM y se formuló según la teoría de la "Rampa de Preparación". Finalmente, la tercera pregunta se refiere al tiempo estimado que tomaría a la constructora adoptar BIM.

### **3.2.1.3. Madurez BIM**

Las secciones de madurez BIM comprenden enunciados de opción múltiple, cuyas respuestas se estructuraron en una escala del 1 al 5, que representan los cinco niveles de madurez: inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado respectivamente (ver Anexo 2). En total se formularon 20 enunciados, los cuales se listan en la Tabla 8. Cada enunciado se determinó a partir del análisis de la Matriz de Madurez BIM, el cual se detalla más adelante en el apartado 3.2.2.1.



Tabla 8

*Lista de los enunciados de madurez BIM*

<b>Enunciados de nivel de madurez BIM</b>	<b>Código</b>
<b><u>Software (TS)</u></b>	
Sobre la selección de los <i>softwares</i>	TS1
Sobre los modelos 3D	TS2
Con respecto al intercambio de información BIM dentro de la misma empresa	TS3
<b><u>Hardware (TH)</u></b>	
Sobre la calidad del hardware	TH1
Sobre la sustitución o mejora de hardware	TH2
<b><u>Red (TR)</u></b>	
Sobre las plataformas de almacenamiento de información BIM	TR1
Sobre la seguridad de la red y acceso a la información BIM	TR2
<b><u>Recursos (PR)</u></b>	
Sobre cómo se comparte el conocimiento BIM	PR1
<b><u>Actividades y flujos de trabajo (PA)</u></b>	
Sobre el desempeño laboral de los miembros del equipo de proyecto	PA1
En cuanto a los roles BIM del equipo de trabajo	PA2
<b><u>Productos y servicios (PP)</u></b>	
En cuanto al detalle de los entregables BIM	PP1
<b><u>Liderazgo y gestión (PL)</u></b>	
En relación con la implementación BIM	PL1
Acerca de la visión BIM de la empresa	PL2
<b><u>Preparatorio (LP)</u></b>	
Acerca de la capacitación de los miembros del equipo de trabajo	LP1
<b><u>Regulador (LR)</u></b>	
En cuanto al manual de estándares BIM	LR1
<b><u>Contractual (LC)</u></b>	
Sobre el Plan de Ejecución BIM (PEB)	LC1
<b><u>Etapa de capacidad (EC)</u></b>	
Sobre el modelado basado en objetos	EC1
Sobre la colaboración basada en modelos	EC2
Sobre la integración basada en la red para generar un modelo federado	EC3

---

**Escala organizacional (EO)**

---

En <b>relación con</b> la estrategia de la organización en torno a BIM	EO1
<b>Cantidad total de enunciados</b>	20

---

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.2.2. Fases de la encuesta

Para obtener el diseño definitivo de la encuesta, se plantearon cuatro etapas: análisis de la Matriz de Madurez BIM (MMB) propuesto de Succar, diseño preliminar, prueba piloto y diseño definitivo.



*Figura 9.* Fases del diseño de la encuesta.  
*Elaboración propia.*

#### 3.2.2.1. Análisis de la matriz de madurez BIM propuesta por Succar

Esta fase consiste en analizar la MMB propuesta por Succar con la finalidad de definir los enunciados de opción múltiple (ver Tabla 7) y sus respectivas respuestas. En ese sentido, la investigación propone 2 métodos: adaptación o interpretación.

#### **Adaptación**

El método de adaptación comienza con la identificación de los principales atributos de cada área de madurez. Luego, se verifica que cada atributo esté claramente descrito en todos los grados de madurez. En caso de cumplir con este criterio, se adaptan los atributos y las descripciones asociadas. Por ejemplo, el conjunto de competencias “Tecnología”, tiene 3 áreas de madurez: software, hardware y redes. En el caso de “Software”, éste cuenta con 3 atributos principales: aplicaciones, entregables y datos, como se muestra en la Figura 10.

Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
Software: aplicaciones, entregables y datos	Uso de aplicaciones de software no monitorizado ni regulado. Los Modelos 3D se usan como base para generar principalmente representaciones 2D / entregables precisos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos no se definen dentro de las organizaciones o equipos de proyectos. Los intercambios sufren de una falta grave de interoperabilidad.	El uso / introducción de Software se unifica dentro de una organización o equipos de proyecto (múltiples organizaciones). Los Modelos 3D se utilizan como base para generar tanto entregables 2D como 3D. El uso, almacenamiento e intercambio de datos están bien definidos dentro de las organizaciones y equipos de proyecto. Los intercambios de datos interoperables están definidos y priorizados.	La selección de software y su uso se controla y gestiona de acuerdo con los entregables definidos. Los modelos son la base para las vistas 3D, representaciones 2D, cuantificación, especificación y estudios analíticos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos son monitoreados y controlados. El flujo de datos está documentado y bien gestionado. Los intercambios de datos interoperables son obligatorios y se controlan con rigor	La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos, no solo necesidades operacionales. Los entregables del modelado están bien sincronizados a través de proyectos y estrechamente integrados con los procesos de negocio. El uso, almacenamiento e intercambio de datos interoperables están regulados y se llevan a cabo como parte de una estrategia global de la organización o equipo de proyecto.	La selección / uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y se alinea con los objetivos estratégicos. Los entregables del modelado se revisan / optimizan cíclicamente para beneficiarse de las nuevas funcionalidades y extensiones disponibles de software. Todos los asuntos relacionados con el almacenamiento, uso e intercambio de datos interoperables están documentados, controlados, reflexionados y mejorados de forma proactiva.

Figura 10. Atributo “aplicaciones” en la MMB de Succar.  
Tomado de “Matriz de Madurez BIM”, por Change Agents AEC, 2016.

Al analizar el atributo “aplicaciones”, se evidencia que su descripción (resaltado en amarillo) es coherente en cada uno de los cinco niveles de madurez. Por consiguiente, se adapta o redefine este atributo a “criterio de selección de *software*”, el cual permite la formulación del enunciado de opción múltiple. Asimismo, se realizan ajustes a las descripciones para posteriormente emplearlos en las alternativas de respuesta. Cabe resaltar que, para cada enunciado se han diseñado cinco alternativas, de manera que cada una de estas esté correlacionada con los niveles de madurez. En ese sentido, el método de adaptación pretende mejorar la comprensión de los enunciados sin realizar alteraciones drásticas con respecto a su procedencia.

### Interpretación

En caso de que el atributo no se describa de manera uniforme en cada índice de madurez, o la descripción del atributo sea muy similar y/o se repita en otras áreas de madurez, se procede a interpretar el atributo y sus respectivas descripciones. Para comprender el proceso de interpretación, se muestra un ejemplo con la variable “Dinámicas y entregables BIM” del área de madurez “organizaciones” de la MMB.

Áreas de Madurez a Granularidad Nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
MICRO Organizaciones: dinámicas y entregables BIM	No existe un liderazgo BIM, la implementación depende de los campeones de la tecnología.	Se formaliza el liderazgo BIM, los diferentes roles en el proceso de implementación están definidos.	Los roles BIM Pre-definidos se complementan entre ellos en la gestión del proceso de implementación.	Los roles BIM están integrados en las estructuras de liderazgo de la organización.	El liderazgo BIM muta continuamente para permitir nuevas tecnologías, procesos y entregables.

Figura 11. Atributo “dinámicas” en la MMB de Succar.  
Tomado de “Matriz de Madurez BIM”, por Change Agents AEC, 2016.

A partir de lo anterior, se observa que, si bien se describen los atributos de “liderazgo y roles BIM” en los grados de madurez, estos ya fueron detallados previamente en el área de madurez “Actividades y Flujos de Trabajo”. Por lo tanto, se optó por introducir una nueva variable denominada “Extensión de la estrategia BIM”, con el propósito de proporcionar una distinción más clara y definir de mejor manera el área de Madurez “Organizaciones”. Este proceso implica la formulación de nuevas descripciones con el objetivo de evitar la repetición de enunciados y promover una mayor coherencia con el área de madurez en cuestión.

A continuación, se muestra un esquema del flujo que se realiza para adaptar o interpretar la Matriz de Madurez BIM según corresponda:

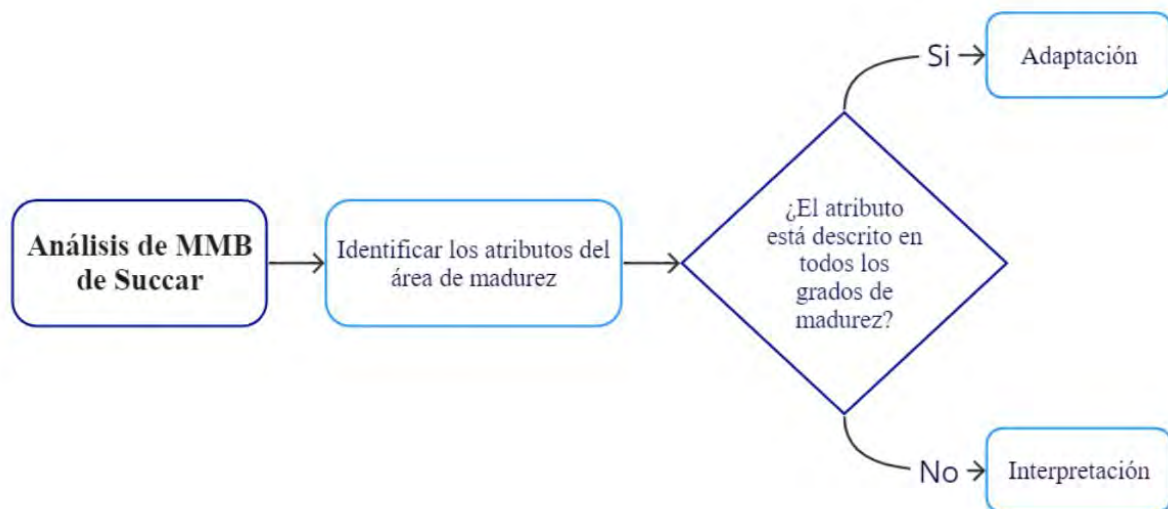


Figura 12. Flujo de análisis de la Matriz de Madurez BIM (MMB).  
Elaboración propia.

Por último, es importante mencionar que, debido a la extensión de la encuesta, se han considerado los atributos más relevantes de cada área de madurez.

#### **3.2.2.2. Diseño preliminar de la encuesta**

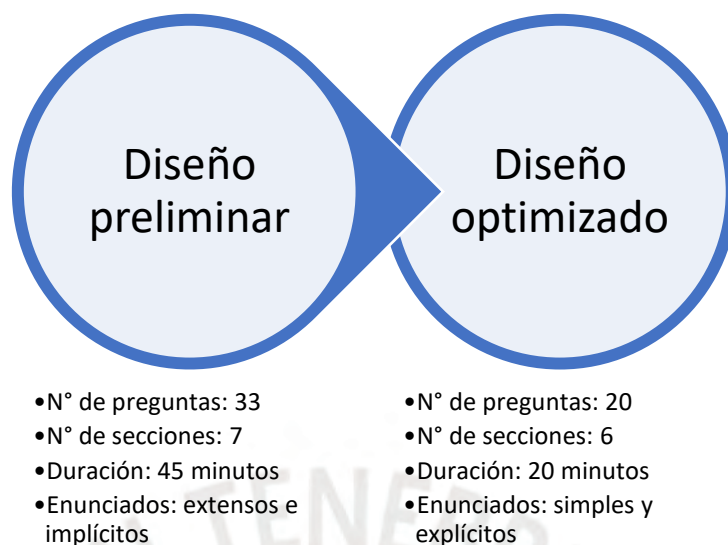
Los enunciados de la primera versión de la encuesta se establecieron a partir de los atributos adaptados e interpretados de la MMB. En total se formularon 33 preguntas que abarcaron las siguientes secciones: Datos generales del encuestado, Pre-BIM y Madurez BIM (Tecnologías, Procesos, Políticas, Etapas de Capacidad y Escala organizacional).

#### **3.2.2.3. Prueba piloto**

Se aplicó la encuesta a usuarios que no forman parte de la muestra oficial a modo de prueba piloto. Se contó con 10 personas con amplia experiencia en el uso de herramientas BIM. En ese sentido, se solicitó recomendaciones respecto a la cantidad de preguntas, el tiempo total de la encuesta, la claridad y repetibilidad de las preguntas y enunciados, entre otros aspectos.

#### **3.2.2.4. Diseño optimizado**

Los cambios realizados fueron los siguientes: mejorar la redacción de los enunciados en términos de claridad y longitud, evidenciar explícitamente la relación gradual entre cada nivel de madurez y mitigar el sesgo en las respuestas con enunciados que describen una actividad en lugar de establecer un juicio de valor. En este sentido, se redujeron 13 preguntas y 1 sección del diseño preliminar. Cabe resaltar que no se eliminó ninguna área de madurez, sino que se excluyeron enunciados que se repetían o no eran coherentes.



*Figura 13.* Evolución desde el diseño preliminar hacia el optimizado.

*Elaboración propia.*

### **3.3. Toma de datos**

#### **3.3.1. Recopilación de información**

La recopilación de datos se llevó a cabo de manera virtual a través de diversos canales de comunicación, tales como WhatsApp, LinkedIn y correo electrónico. Para facilitar este proceso, se crearon plantillas concisas de texto que explicaban el propósito de la investigación, así como la importancia y los beneficios de la participación de cada encuestado. Además, para realizar un seguimiento de las empresas involucradas, se utilizó una hoja de cálculo en Excel que incluía campos como el nombre de la empresa, el responsable del seguimiento, los canales de contacto, los datos del contacto y casillas de verificación para registrar la respuesta al mensaje y/o a la encuesta.

Inicialmente, se invitó a participar de la investigación a 128 empresas. En la primera etapa, que abarcó un periodo de 5 meses, 30 empresas respondieron. Para la segunda etapa, este número aumentó a 51 empresas en el mismo periodo de tiempo. Este incremento se logró

mediante la implementación de estrategias adicionales, como la comunicación directa con las empresas a través de llamadas telefónicas y/o utilizando contactos intermedios.

El porcentaje de participación global fue del 40%; sin embargo, tras aplicar un filtro para garantizar la confiabilidad de los datos, se determinó que el porcentaje de respuestas válidas fue del 36%, lo que representa un total de 46 respuestas. Este filtro se basó en criterios como el tiempo de respuesta de la encuesta, la congruencia de las respuestas y la exclusividad de las respuestas; es decir, se evitó la participación de múltiples integrantes de una misma empresa.

Cabe destacar que la recopilación de datos representó un desafío particular debido al perfil de los participantes, que en su mayoría eran profesionales de alta gerencia con una disponibilidad limitada de tiempo. Por lo tanto, esta demografía requería un seguimiento meticuloso y persistente para asegurar su participación en la investigación.

### **3.3.2. Procesamiento de información**

Para procesar la información se realizaron los siguientes procedimientos:

- 1) Exportar las respuestas que se obtuvieron de la encuesta a una hoja de cálculo en Excel y organizarlas según las 14 variables (áreas de madurez) de la MMB propuesta por Succar
- 2) Tabular las respuestas (nivel de madurez BIM) de cada organización según cada variable
- 3) Importarlo en el Software de estadística RStudio versión 2023.03.1.
- 4) Solicitar al programa la información de estadísticas descriptivas de cada variable: mediana, mínimo, máximo, rango intercuartil
- 5) Construir una MMB global y la gráfica del Punto de Adopción (*PoA*) con las medianas de los resultados

- 6) Obtener el puntaje de madurez BIM de cada constructora y determinar el intervalo de confianza (95%) de la mediana global

Específicamente para la sección de madurez BIM, se divide el análisis en descriptivo e inferencial. En el análisis descriptivo, se examinan los resultados directos de cada enunciado de la encuesta. Luego, se calculan medidas estadísticas de las variables y el puntaje de madurez BIM. Por otro lado, para el análisis inferencial, se utiliza el método *Bootstrap* para calcular el intervalo de confianza de la mediana del puntaje de madurez BIM. A continuación, se presenta un diagrama que resume el procedimiento para analizar la madurez BIM.

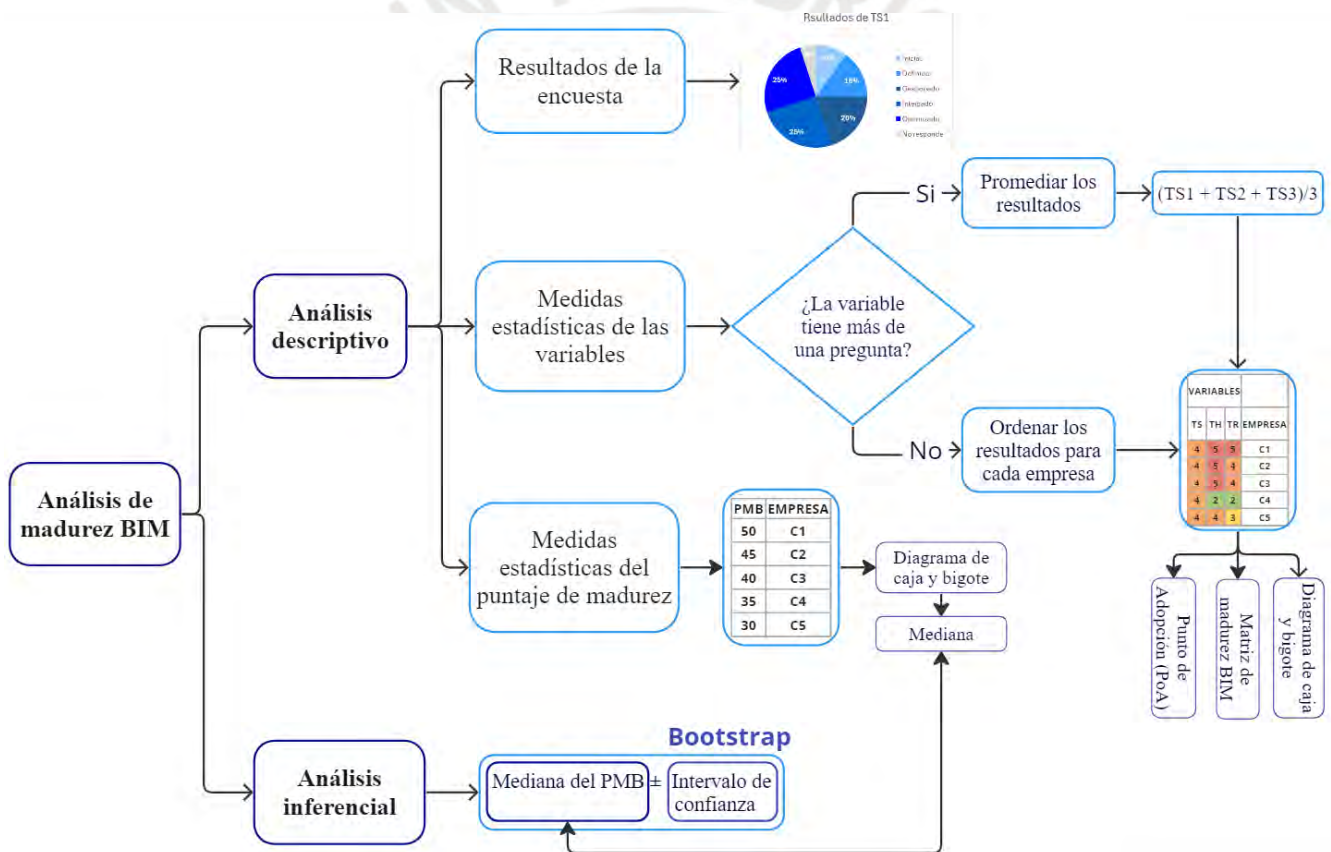


Figura 14. Diagrama del análisis de madurez BIM

Elaboración propia.



## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El cuarto capítulo se enfoca en la presentación y análisis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas. En primer lugar, se analizó cualitativamente las respuestas de los encuestados respecto a la primera y segunda sección: características generales y Pre-BIM respectivamente. Posteriormente, se analizó cuantitativamente las respuestas concernientes a la sección de Madurez BIM. En este último, se dividió el análisis estadístico en descriptivo e inferencial.

### 4.1. Datos generales del encuestado

Se obtuvieron 46 respuestas de diferentes profesionales de constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú. En cuanto al cargo que tienen dentro de la organización, la encuesta fue respondida por 15 gerentes de proyecto (33%), 8 jefes de Oficina Técnica (17%), 6 directores/líderes BIM (13%), 5 residentes de obra (11%), 5 jefes de diseño (11%), entre otros. Por lo tanto, se evidencia que el 85% cumplió un perfil apropiado para la investigación. A continuación, se presenta una tabla y una representación gráfica que resume lo descrito anteriormente.

Tabla 9  
*Puesto del profesional encuestado (N = 46)*

<b>Puesto del encuestado</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Director/Líder BIM	6	13%
Gerente de Proyecto	15	33%
Jefe de Diseño	5	11%
Jefe de Oficina Técnica	8	17%
Residente de Obra	5	11%
Otros (*)	7	15%

*Nota.* Elaboración propia. Incluye Gerente General (1), Gerente de Presupuestos (1), Jefe de Producción (1), Gerente de Propuestas (1), Jefe de Logística (2) y Administrador de obra (1).

Cargo del profesional encuestado (N = 46)

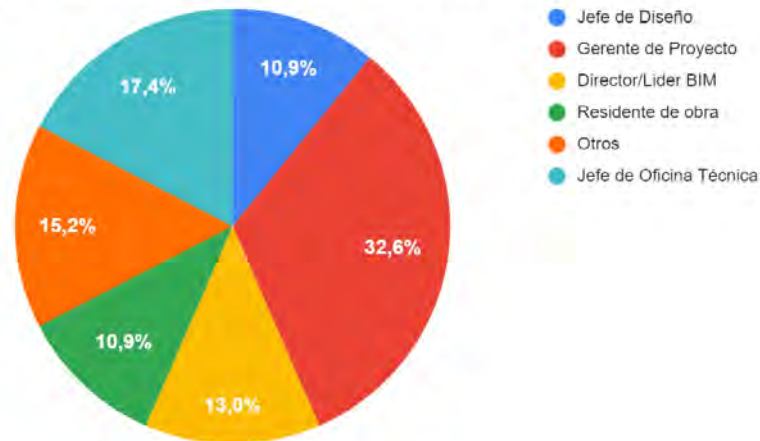


Figura 15. Gráfico circular sobre el cargo dentro de la organización de los encuestados.

*Elaboración propia.*

En cuanto a la segunda pregunta, la mayoría de los profesionales respondió que han laborado en la organización entre 1 y 3 años (30%). Además, diez trabajadores (22%) respondieron que tienen una experiencia superior a los 10 años. De hecho, el 59% de los encuestados tienen al menos cuatro años en su empresa, lo cual evidencia que la mayoría posee una experiencia considerable y, en consecuencia, conocen los procesos internos de la organización. A continuación, se presenta una tabla y figura que resumen lo anterior.

Tabla 10  
Años de experiencia en la organización (N = 46)

Años de experiencia	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 año	5	11%
1 – 3 años	14	30%
4 – 6 años	13	28%
7 – 10 años	4	9%
Más de 10 años	10	22%

*Nota.* Elaboración propia

Experiencia en la organización (N = 46)

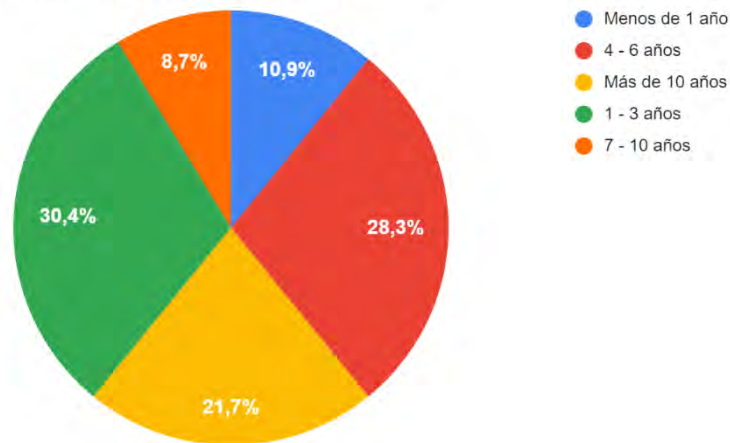


Figura 16. Gráfico circular sobre la cantidad de años que el profesional ha trabajado en la organización.

Elaboración propia.

Respecto a la tercera pregunta, la mayoría de los proyectos que han realizado las constructoras encuestadas son del rubro educación (46%) y residencial (43%). Además, los proyectos del rubro oficinas y carreteras representan el 28% cada uno, mientras que salud y *retail* (centros comerciales) comprenden el 24% respectivamente. Cabe resaltar, que una empresa puede realizar más de un tipo de proyecto, por ende, los porcentajes se determinan respecto al total de respuestas (N = 46). Para mayor detalle, ver la Tabla 11 y la Figura 17.

Tabla 11

*Tipos de proyectos que realizan*

Proyectos	Frecuencia	Frecuencia relativa en % respecto a N = 46
Residencial	20	43%
Oficinas	13	28%
Retail	11	24%
Educación	21	46%
Salud	11	24%
Carreteras	13	28%
Saneamiento	8	17%
Otros (*)	15	33%

Nota. Elaboración propia. (\*) Incluye Puertos (1), Habilitaciones urbanas (1), Obras civiles (2), Defensas ribereñas (2), Minería (1), Almacenes (1), Aeropuertos (1), Inmobiliarios (1), Edificación (2) e Infraestructura (3).

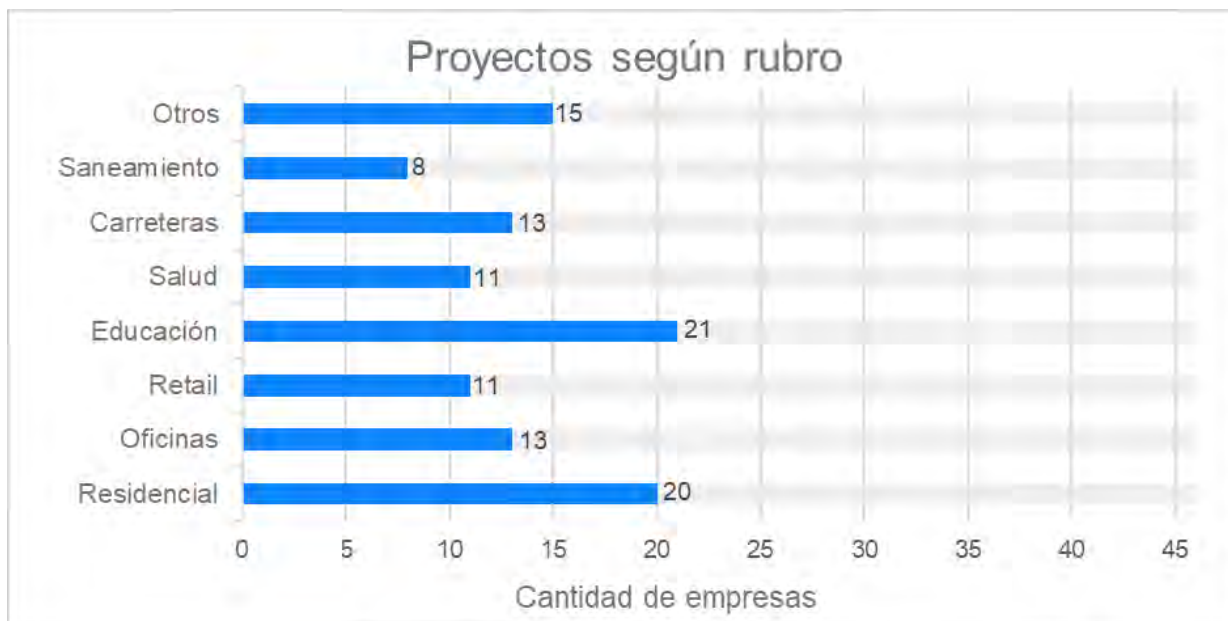


Figura 17. Gráfico de barras del tipo de proyecto según rubro.  
Elaboración propia.

En cuanto a la procedencia de las constructoras se obtuvo que la gran mayoría tienen su oficina central en la ciudad de Lima (78%), mientras que solo diez constructoras se ubican principalmente en provincias del norte del Perú. Esto se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 12  
Ubicación de la oficina central de la constructora (N = 46)

Ubicación	Frecuencia	Porcentaje
Lima	36	78%
Chiclayo	5	11%
Piura	5	11%

Nota. Elaboración propia

En cuanto a la antigüedad de la unidad de análisis, la mayoría ha respondido entre 11 y 30 años (48%). Incluso, 6 (13%) de las respuestas corresponden a constructoras con más de 50 años en el mercado. En la Tabla 13 y la Figura 18 se observa lo comentado anteriormente.

Tabla 13

*Antigüedad de la constructora (N = 46)*

<b>Antigüedad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1 – 5 años	6	13%
6 – 10 años	5	11%
11 – 30 años	22	48%
31 – 50 años	7	15%
Mayor a 50 años	6	13%

Nota. Elaboración propia

Antigüedad de la organización (N = 46)

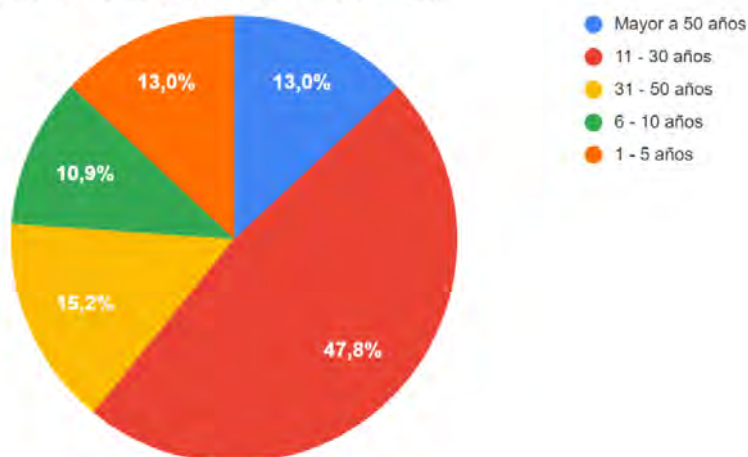


Figura 18. Antigüedad de la organización.  
Elaboración propia.

Respecto al tamaño de la empresa, la mayoría de las constructoras encuestadas (37%) cuentan con una cantidad de colaboradores de entre 1 y 50 (organización pequeña). No obstante, el 26% (12) de las constructoras cuentan con más de 200 colaboradores (organizaciones grandes). Para mayor detalle se tiene la Tabla 14 y la Figura 19.

Tabla 14

*Tamaño de la empresa según número de colaboradores (N = 46)*

<b>Tamaño de la empresa</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
1 – 50 colaboradores	17	37%
51 – 100 colaboradores	8	20%
101 – 200 colaboradores	9	17%
Mayor a 200 colaboradores	12	26%

Nota. Elaboración propia

Número de colaboradores en la empresa (N = 46)

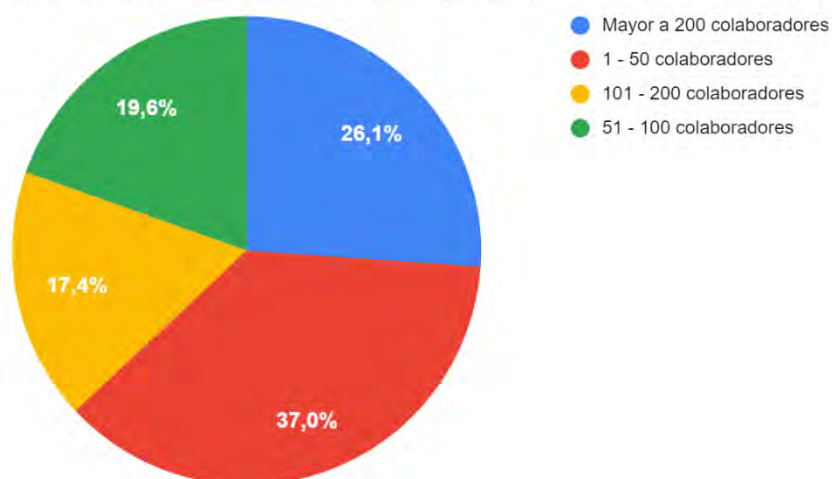


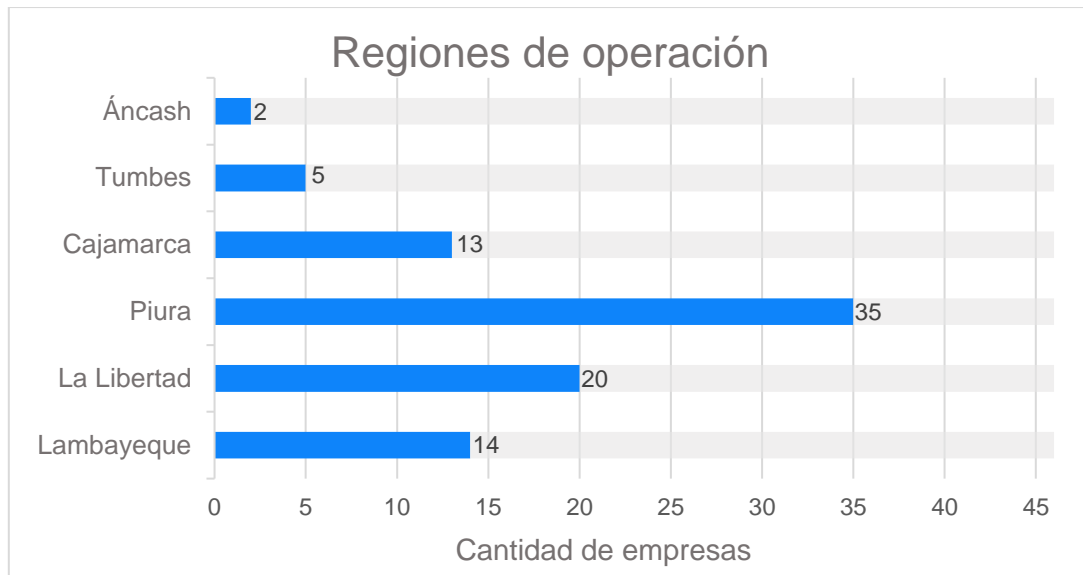
Figura 19. Número de colaboradores en la empresa.  
Elaboración propia.

En lo concerniente a los departamentos donde opera o ha operado la constructora encuestada, se obtuvo que la mayoría (76%) ha tenido proyectos en el departamento de Piura. Cabe destacar que, como segundo y tercer lugar, se tiene que el 43% ha operado en el departamento de La Libertad y 30% en Lambayeque. En la Tabla 15 se presenta el recuento de todos los departamentos del norte del país donde las constructoras tienen operaciones.

Tabla 15  
Regiones del norte del Perú donde la constructora ha operado

Regiones de operación	Frecuencia	Frecuencia relativa en % respecto a N=46
Lambayeque	14	30%
La Libertad	20	43%
Piura	35	76%
Cajamarca	13	27%
Tumbes	5	10%
Áncash	2	4%

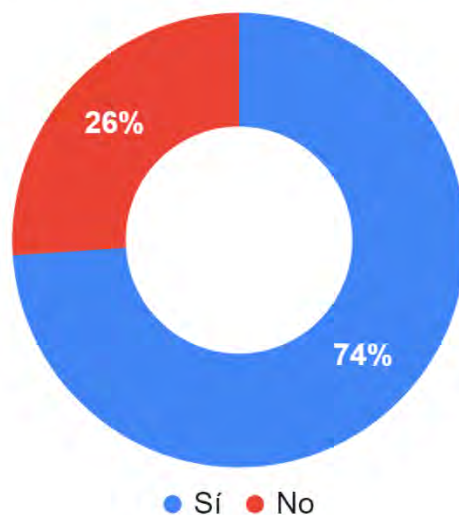
Nota. Elaboración propia



*Figura 20.* Gráfico de barras de las regiones de operación  
*Elaboración propia*

Finalmente, se revela que el 74% de las 46 constructoras encuestadas han iniciado la adopción BIM. En otras palabras, solo 34 empresas han adoptado BIM en algún grado; mientras que 12 se encuentran en una fase Pre-BIM.

¿La organización ha iniciado la adopción BIM?  
(N = 46)



*Figura 21.* Respuestas de la pregunta filtro: adopción BIM  
*Elaboración propia.*

## 4.2. Pre-BIM

En relación con las organizaciones en una fase previa a la adopción de BIM (N = 12), se obtuvo que la causa más común de no adopción BIM es la demanda insuficiente de proyectos BIM en el mercado y la ausencia de evidencia clara sobre sus beneficios. En esa misma línea, una parte representativa de la muestra señala que tiene una falta de conocimiento sobre qué es BIM.

Solo una empresa considera a BIM como una tecnología compleja y dos perciben que implica una alta inversión inicial. Sin embargo, la mayoría no lo ve como prohibitivo en términos de costo o complejidad. Además, ninguna de las constructoras menciona la resistencia al cambio como una razón para no adoptar BIM. A continuación, se presenta la Figura 22 donde se detalla lo descrito anteriormente.

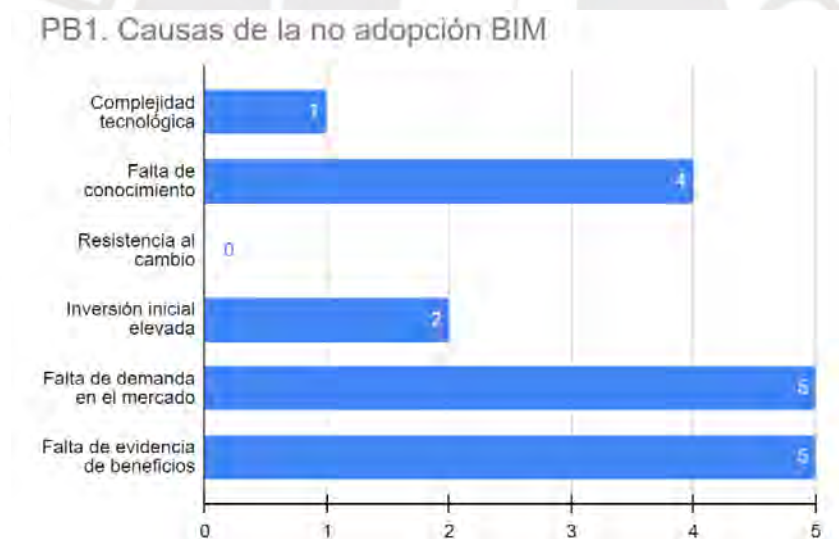
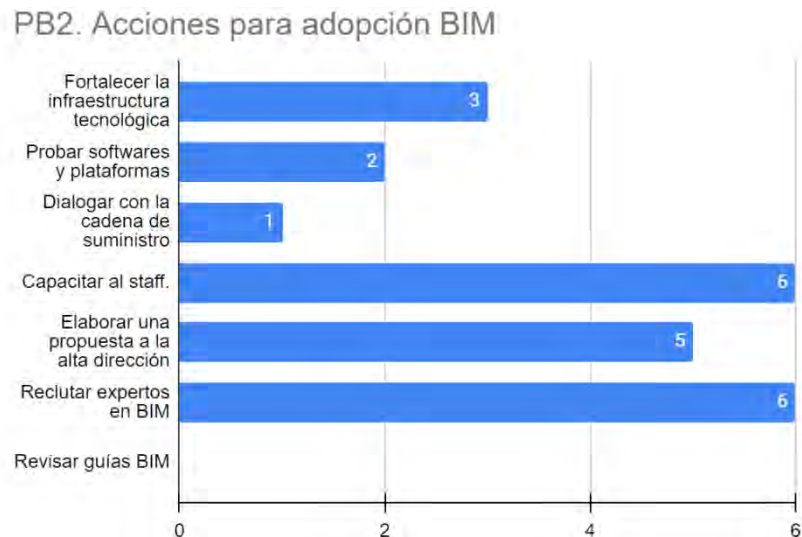


Figura 22. PB1. Respuestas sobre las causas de la no adopción BIM.  
*Elaboración propia.*



En el caso de las acciones para la futura adopción BIM, se encontró que las empresas prefieren dos acciones para iniciar la adopción BIM: capacitar a sus equipos y reclutar expertos en implementación BIM. Sin embargo, dialogar con la cadena de suministro y revisar guías BIM fueron las opciones menos seleccionadas. Esto se puede observar en la figura a continuación.



*Figura 23.* PB2. Respuestas sobre las acciones para la futura adopción BIM. *Elaboración propia.*

En cuanto al plazo estimado para la adopción de BIM, el 83% de las constructoras que operan en el norte del país tienen previsto adoptarlo, lo que indica que se ha planificado la implementación de BIM. Se obtuvo que la mayoría (33%) llevará a cabo este proceso en un período de 1 a 2 años. Además, el 25% planea implementar BIM en un plazo de 6 meses a 1 año, mientras que otro 25% espera hacerlo en un lapso de 2 a 3 años. Sin embargo, una constructora no contempla la adopción de BIM en ningún momento y otra aún no ha establecido un plazo definido para ello. Por último, ninguna consideró que podría implementar BIM en menos de 6 meses. A continuación, se representa gráficamente lo anterior en la Figura 24.

PB3. Plazo estimado de adopción BIM (N = 12)



Figura 24. PB3. Respuestas sobre el plazo estimado para la futura adopción BIM.

*Elaboración propia.*

### 4.3. Madurez BIM

El análisis de madurez BIM se llevó a cabo exclusivamente con las organizaciones que han adoptado BIM (N = 34/46), dado que es indispensable para la valoración del nivel de madurez. Este análisis se divide en dos fases: descriptivo e inferencial, y se seguirá el procedimiento delineado en el diagrama de análisis de madurez BIM (ver Figura 14).

#### 4.3.1. Análisis descriptivo

##### **Resultados de la encuesta**

Los resultados de cada área de madurez BIM se analizaron en función a los niveles de madurez BIM definidos en los enunciados de la encuesta (ver Anexo 2). Estos niveles son criterios preestablecidos para evaluar qué tan avanzada está la implementación BIM en términos organizacionales.

Es importante señalar que, en caso de que se haya asignado más de una pregunta a un área de madurez, los resultados se promedian para obtener un único valor representativo. Esto se hace bajo la premisa de que todas las preguntas son igual de relevantes y en la MMB se debe colocar un solo resultado por cada área de madurez. Este procedimiento solo ocurre en las áreas cuyos enunciados son de código TS, TH, TR, PA y PL según lo detallado en la Tabla 8.

Además, cuando se calcula este promedio y el resultado es un número decimal, se redondea hacia abajo al entero más cercano. Por ejemplo, si el promedio es 3.8, se redondea a 3. La razón de este redondeo es que, aunque la organización esté progresando dentro de un nivel de madurez (en el ejemplo, el nivel 3), se interpreta que aún no ha alcanzado el siguiente (nivel 4).

### Tecnología: Software

#### Selección de software (TS1)

TS1. Selección de Software (N = 34)



Figura 25. Resultados del nivel de madurez de Selección de Software (TS1)  
Elaboración Propia.

Respecto a la selección de softwares, el 41% de las constructoras que operan en el norte del país cuentan con una madurez media; es decir, la selección de softwares está en función de las necesidades y/o alcance del proyecto. Por otro lado, alrededor del 21% de las constructoras encuestadas presentan un nivel de madurez integrado, lo que significa que los softwares se seleccionan a través de objetivos estratégicos de la organización. Cabe resaltar que la mayoría de las empresas en este grupo (71%) cuentan con más de 100 colaboradores.

En cuanto al grado de madurez inicial, solo el 12% (4) de constructoras reconoce estar en este nivel. Esto sugiere que los softwares utilizados en los proyectos no son monitoreados por la organización, sino que responden a las necesidades individuales de cada usuario. No obstante, este porcentaje no es tan representativo.

### Uso de modelos 3D (TS2)

TS2. Uso de modelos 3D (N = 34)



Figura 26. Resultados del nivel de madurez de Uso de modelos 3D (TS2).  
Elaboración propia.

Con relación al uso de modelos 3D, el 47% (16) de las constructoras encuestadas tienen un nivel de madurez integrado. Esto significa que los modelos BIM se usan para realizar simulaciones de procesos constructivos, recorridos virtuales, etc. El 56% de las constructoras que pertenecen a este nivel tienen más de 100 colaboradores y tienen más de 30 años en el

mercado. Por otro lado, el 35% (12) de las empresas evaluadas presentan un nivel de madurez medio respecto a esta variable. Cabe resaltar que el 75% de estas constructoras tienen al menos 11 años de experiencia en el mercado.

Por último, tres constructoras (12%) muestran un nivel de madurez medio bajo. A pesar de que todas tienen más de 100 colaboradores, estas no aprovechan la información del modelo paramétrico más allá de la dimensión geométrica, lo que implica un bajo rendimiento en el uso de modelos 3D.

### Intercambio de información BIM (TS3)

TS3. Intercambio de información BIM (N = 34)



Figura 27. Resultados del nivel de madurez de Intercambio de información BIM (TS3).

Elaboración propia.

En primer lugar, se observa que el desempeño BIM de las constructoras respecto a esta variable tiene una distribución similar para los niveles de madurez 1, 2 y 4.

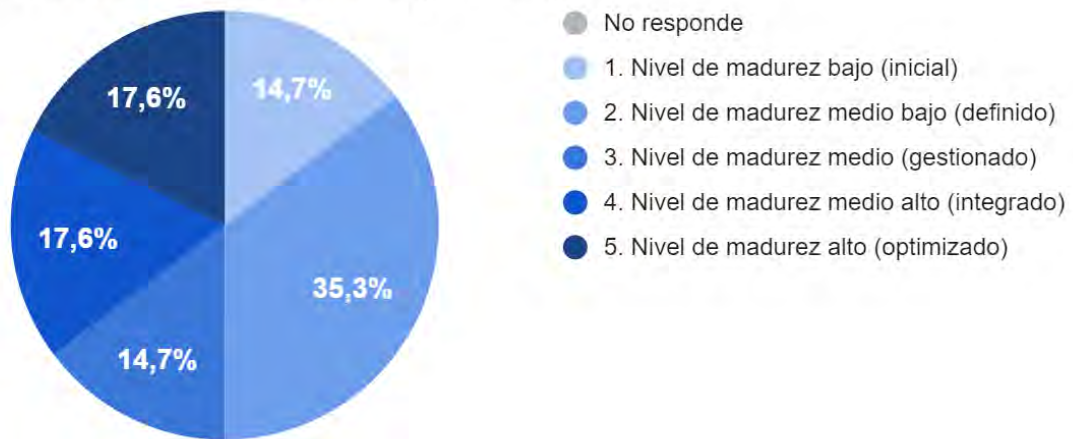
Por un lado, el 21% (7) de los encuestados se encuentran en un nivel de madurez bajo, mientras que el 27% (9) tienden a un nivel medio bajo. Cabe resaltar que la mayoría de las constructoras con un nivel de madurez bajo han operado en Piura y tienen entre 101 y 200 colaboradores.

Por otro lado, otro 21% (7) de la muestra presentan un nivel de madurez medio alto. Todas las constructoras que corresponden a este nivel tienen como mínimo 11 años de experiencia en el mercado y el 86% han operado en proyectos del rubro “Educación”.

**Tecnología: Hardware**

**Calidad del hardware (TH1)**

TH1. Calidad del hardware (N = 34)



*Figura 28. Resultados del nivel de madurez de Calidad del hardware (TH1). Elaboración propia.*

Respecto a la calidad del hardware, el 35% (12) de las constructoras encuestadas se encuentra en un nivel de madurez medio bajo. Esto quiere decir que el hardware utilizado en la organización cumple con los requerimientos técnicos mínimos necesarios para llevar a cabo las tareas BIM. Además, un 15% (5) presenta un nivel de madurez medio. Esto significa que las organizaciones administran equipos adecuados para los trabajos con BIM. Asimismo, el 18% (6) presenta un nivel de madurez medio alto, lo que indica que estas organizaciones proveen a sus trabajadores equipos de alta gama. Cabe resaltar que la mayoría de las organizaciones que se ubican a partir de este nivel de madurez cuentan con más de 200 colaboradores y poseen entre 30 y 50 años de experiencia en el mercado.

## Sustitución y mejora del hardware (TH2)

### TH2. Sustitución y mejora del hardware (N = 34)



Figura 29. Resultados del nivel de madurez de Sustitución y mejora del hardware (TH2).

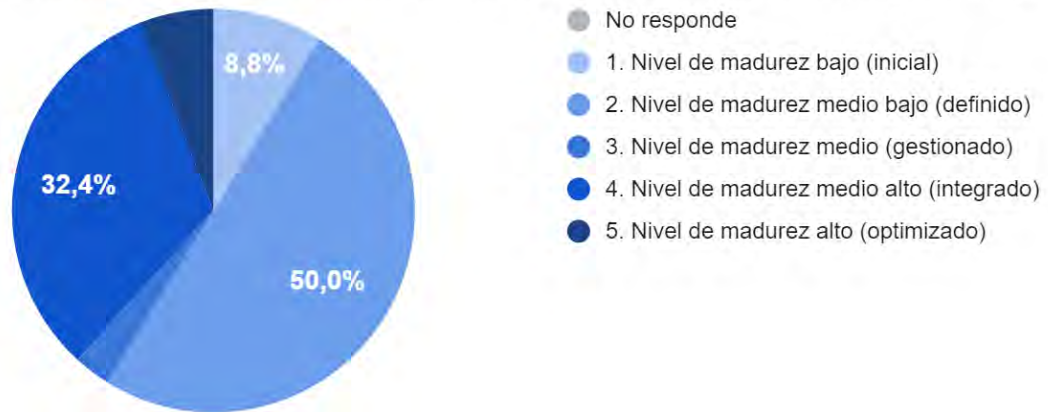
Elaboración propia.

En cuanto a la sustitución y mejora del hardware, el 44% (15) de las constructoras encuestadas se encuentra en un nivel de madurez medio. Esto significa que la mayoría considera a la sustitución de equipos como una inversión, pues esperan un impacto positivo en la productividad de sus trabajadores. Además, la mayoría de las empresas que corresponden a este nivel de madurez cuentan con una antigüedad de entre 11 y 30 años en el mercado.

Por otro lado, el 21% (7) de constructoras tienen un nivel de madurez bajo, de modo que la sustitución de hardware se percibe como un costo y solo se realiza cuando es estrictamente necesario. En este grupo, existen tanto pequeñas como grandes empresas. Además, el rubro de proyectos es tanto de edificación como de infraestructura.

**Plataformas de almacenamiento de información BIM (TR1)**

TR1. Plataformas de almacenamiento de información BIM (N = 34)



*Figura 30.* Resultados del nivel de madurez de Plataformas de almacenamiento de información BIM (TR1).

*Elaboración propia.*

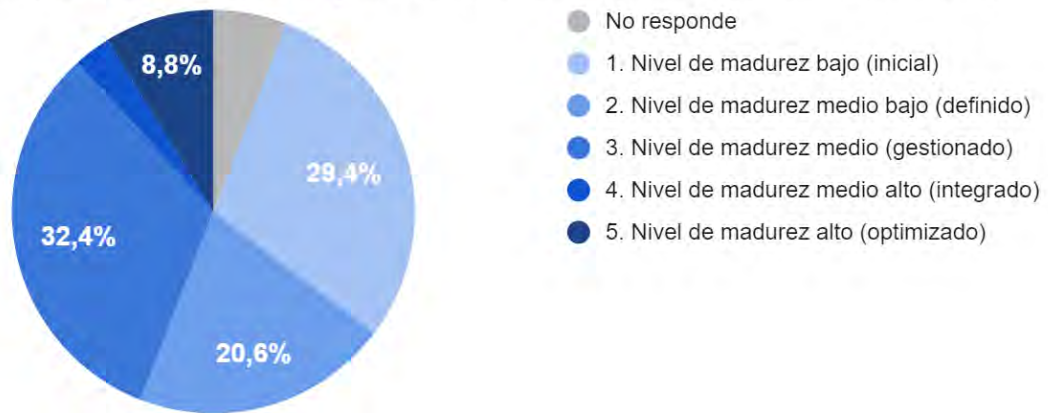
Respecto a las plataformas de almacenamiento de información BIM, el 50% (17) de las constructoras tiene un nivel de madurez medio bajo. Esto quiere decir que la información se maneja en repositorios compartidos, pero no diseñados específicamente para BIM. Una característica en común es que la mayoría son empresas de mediana experiencia y con 50 colaboradores como mínimo.

Cabe resaltar que el 32% (11) de encuestados presenta un nivel de madurez medio alto, lo que significa que estas organizaciones utilizan un entorno común de datos orientado específicamente para BIM. En este caso, las constructoras presentan características mixtas en cuanto al rubro de sus proyectos y la antigüedad; sin embargo, se puede comentar que tanto pequeñas y grandes empresas tienen una proporción similar.



## Seguridad de la red y acceso a la información BIM (TR2)

TR2. Seguridad de la red y acceso a la información BIM (N = 34)



*Figura 31.* Resultados del nivel de madurez de Seguridad de la red y acceso a la información BIM (TR2).

*Elaboración propia.*

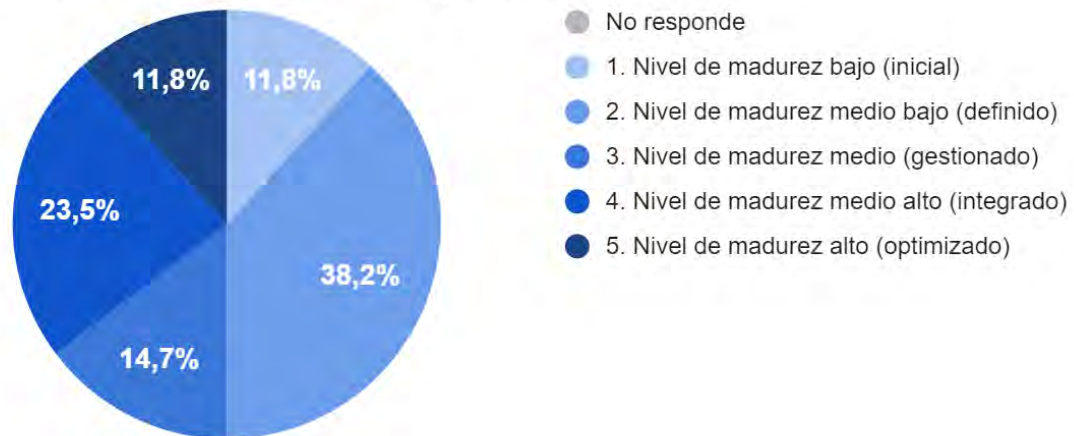
En cuanto a la seguridad de la red y acceso a la información BIM, el 29% (10) presenta un nivel de madurez bajo; es decir, los usuarios tienen acceso a la información BIM sin alguna restricción específica y se emplea cualquier tipo de herramienta para compartir datos entre profesionales o equipos de proyecto. Además, el 21% (7) presenta un nivel de madurez medio bajo; es decir, las organizaciones establecen medidas de seguridad intermedias como acceso con contraseñas. La mayoría de las empresas que corresponden a este nivel tienen una experiencia entre 11 y 30 años.

Adicionalmente, el 32% (11) de las organizaciones encuestadas presentan un nivel de madurez medio. Ello significa que se implementan políticas de seguridad estrictas como la elaboración de un filtro de autorización hacia los usuarios para el acceso a cierta información BIM. En este caso, la mayoría son empresas de más de 200 colaboradores.

## Procesos: Recursos

### Conocimiento BIM compartido (PR)

PR1. Conocimiento BIM compartido (N = 34)



*Figura 32.* Resultados del nivel de madurez de Conocimiento BIM compartido (PR1). *Elaboración propia.*

Respecto a recursos, el 38% (13) de las constructoras encuestadas presentan un nivel de madurez medio bajo respecto al conocimiento BIM compartido a través de la organización. Esto significa que se establecen procesos para recopilar, documentar y transferir el conocimiento de manera efectiva. Cabe resaltar que el conocimiento BIM hace referencia a las capacidades técnicas que adquieren los trabajadores respecto a la gestión de modelos, diseño colaborativo, detección de conflictos, etc. Una característica en común es que la mayoría de estas constructoras son pequeñas y tienen entre 11 y 50 años en el mercado. Además, la mayoría realizan proyectos de edificaciones de los rubros residencial, oficinas y educación.

El 24% (8) de las organizaciones presenta un nivel medio alto, lo que indica que se aseguran de que el conocimiento se convierta en un recurso valioso. En ese sentido, se percibe que compartir el conocimiento BIM ayuda a mejorar la eficiencia de los procesos. La mayoría de estas posee entre 100 y 200 colaboradores y la mitad tiene una antigüedad mayor a 30 años. A su vez, el 75% de este grupo ha operado en el departamento de Piura.

## Procesos: Actividades y Flujos de Trabajo

### Desempeño laboral (PA1)

PA1. Desempeño laboral (N = 34)



*Figura 33.* Resultados del nivel de madurez de Desempeño laboral (PA1).  
*Elaboración propia.*

Respecto al desempeño laboral, un 27% (9) de las constructoras evaluadas presentan un nivel de madurez medio. Ello significa que los miembros del equipo de proyecto contribuyen activamente en las tareas BIM asignadas, pero no asumen el liderazgo en alguna actividad relacionada a proyectos BIM. Cabe resaltar que la mayoría de las organizaciones dentro de este nivel de madurez tienen más de 100 colaboradores. Asimismo, otro 27% corresponde a un nivel de madurez medio alto. Ello indica que por lo menos un miembro del equipo es capaz de liderar uno o más proyectos BIM. En este caso, las constructoras presentan características mixtas.

Se observa que el 24% (12) de organizaciones presentan un nivel de madurez medio bajo. Ello significa que los miembros del equipo de proyecto están involucrados en tareas relacionadas a BIM, pero su desempeño y capacidades de liderazgo tienen un amplio margen de mejora. En este grupo, la mayoría son medianas empresas: entre 11 y 30 años de antigüedad y como mínimo 100 colaboradores.

## Roles BIM (PA2)

PA2. Roles BIM (N = 34)

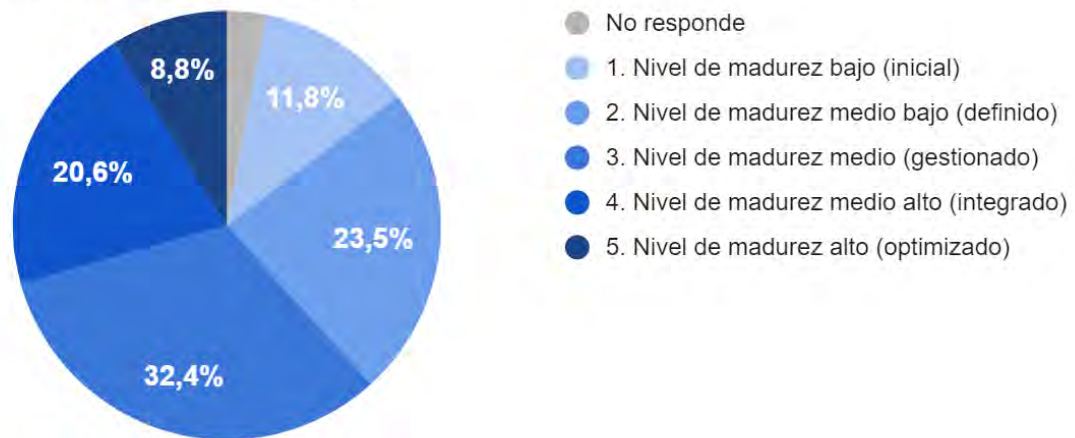


Figura 34. Resultados del nivel de madurez de Roles BIM (PA2).  
Elaboración propia.

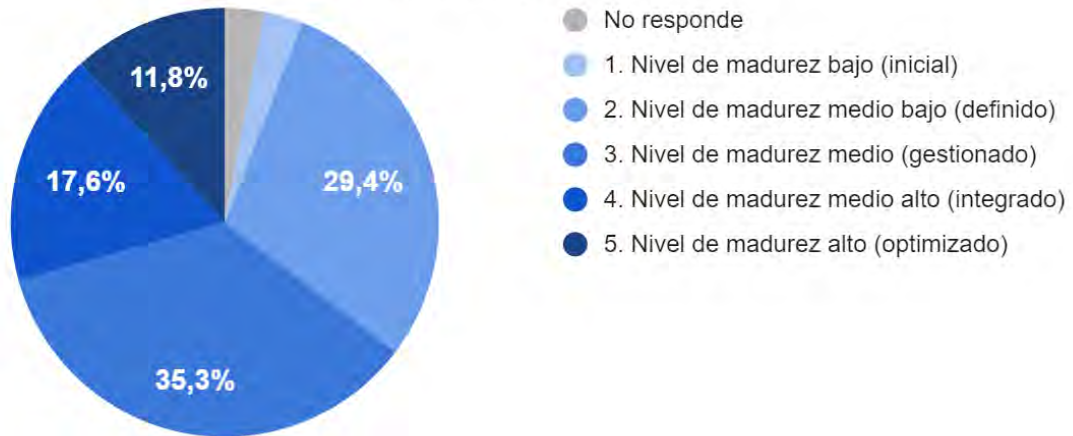
El 32% (11) de las constructoras encuestadas presentan un nivel de madurez medio respecto a los roles BIM del equipo de trabajo. Esto quiere decir que los roles y responsabilidades BIM están definidos y comprendidos por la mayoría del personal. Una característica en común de las empresas que pertenecen a este nivel de madurez es que el 64% posee más de 11 años en el mercado.

Además, el 24% (8) de la muestra presentan un nivel de madurez medio bajo. Según la encuesta realizada en este nivel, los roles BIM están asignados pero las responsabilidades suelen confundirse con los roles. La mayoría de las organizaciones (88%) que corresponden a este grupo, han operado en Piura. Asimismo, el 50% de estas constructoras tienen más de 50 colaboradores y entre 11 y 30 años de experiencia en el mercado.

## Procesos: Productos y Servicios

### Detalle de entregables BIM (PP)

PP1. Detalle de entregables BIM (N = 34)



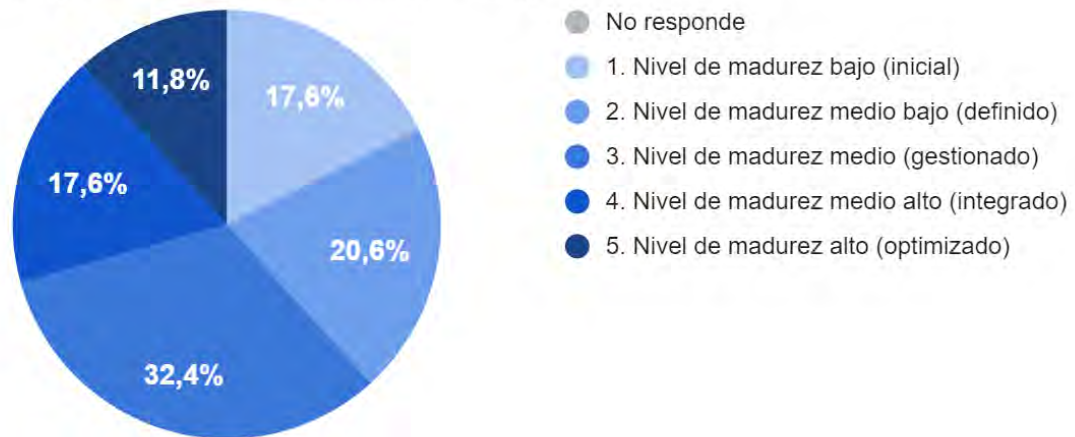
*Figura 35. Resultados del nivel de madurez de Detalle de entregables BIM (PP).  
Elaboración propia.*

El 35% (12) de las constructoras encuestadas presentan un nivel de madurez medio respecto al detalle de entregables BIM. Esto significa que las organizaciones aplican especificaciones internacionales, como LOD (*Level of Development*). Una característica en común es que la mitad de este grupo posee más de 100 colaboradores y la gran mayoría más de 11 años en el mercado.

Por un lado, se obtuvo que el 29% (10) de la muestra analizada presentan un nivel de madurez medio bajo, tal que el nivel de detalle se define según el criterio de la organización. En este caso, la mayoría de las constructoras realiza proyectos de infraestructura, carreteras y/o saneamiento. Por otro lado, todas las constructoras que representan un nivel de madurez alto (12%) realizan proyectos del rubro residencial.

**Implementación BIM (PL1)**

PL1. Implementación BIM (N = 34)



*Figura 36.* Resultados del nivel de madurez de Implementación BIM (PL1).  
*Elaboración propia.*

Respecto a implementación BIM, el 32% (11) de las constructoras evaluadas presentan un nivel de madurez medio. Esto significa que la implementación BIM incluye planes de acción, sistemas de seguimiento y un equipo capacitado en BIM, pero aún no se integra totalmente en los flujos de trabajo. El 55% de estos encuestados tienen entre 11 y 30 años de experiencia en el mercado.

Se obtuvo que el 21% (7) de los encuestados se encuentra en un nivel de madurez medio bajo, de modo que se traza la ruta de implementación BIM mediante metas claras y plazos definidos. En este caso, la mayoría son medianas empresas, ya que el 71% tiene entre 11 y 30 años de antigüedad y como mínimo 100 colaboradores.

Además, el 18% (6) presentan un nivel de madurez bajo, lo que da a entender que las organizaciones han realizado ciertas tareas con BIM, pero aún no se toman medidas concretas para implementarlo completamente en sus flujos de trabajo (ej. Definición de objetivos y plazos

de ejecución). Es importante mencionar que cuatro de estas seis organizaciones, a pesar de contar con más de 100 colaboradores, no realizan una adecuada implementación BIM.

### Visión BIM (PL2)

PL2. Visión BIM (N = 34)



Figura 37. Resultados del nivel de madurez de Visión BIM (PL2).  
Elaboración propia.

El 27% (9) de las constructoras evaluadas presentan un nivel de madurez medio bajo. Esto implica que existe un conjunto de líderes que comparten una visión de BIM. Además, se destaca que ocho de las nueve empresas de este grupo (89%) tienen más de 11 años de trayectoria y dos de ellas más de 50 años

En adición a lo anterior, el 32% (11) de las organizaciones encuestadas se caracteriza por tener un nivel de madurez medio alto respecto a la visión BIM. Esto indica que existe una visión compartida sobre BIM entre los líderes y que se extiende a los miembros de cada equipo. Se destaca la presencia de tanto organizaciones pequeñas como grandes. Además, la mayoría de estas cuentan con una experiencia intermedia, entre 11 y 30 años en el mercado y han operado en Lambayeque y Piura.

## Políticas: Preparatorio

### Capacitación de los miembros del equipo de trabajo (LP)

LP1. Capacitación de los miembros del equipo de trabajo (N = 34)



*Figura 38.* Resultados del nivel de madurez de Capacitación de los miembros del equipo de trabajo (LP1).

*Elaboración propia.*

El 44% (15) de las constructoras tienen un nivel de madurez definido o medio bajo acerca de la capacitación de los miembros de trabajo, en otras palabras, esta se realiza solo cuando es necesario. Por ejemplo, al reclutar nuevos trabajadores o al adquirir nuevos softwares. Se destaca que diez de las quince constructoras en este grupo tienen más de 11 años de experiencia. Además, más de la mitad realizan proyectos del rubro residencial y de educación.

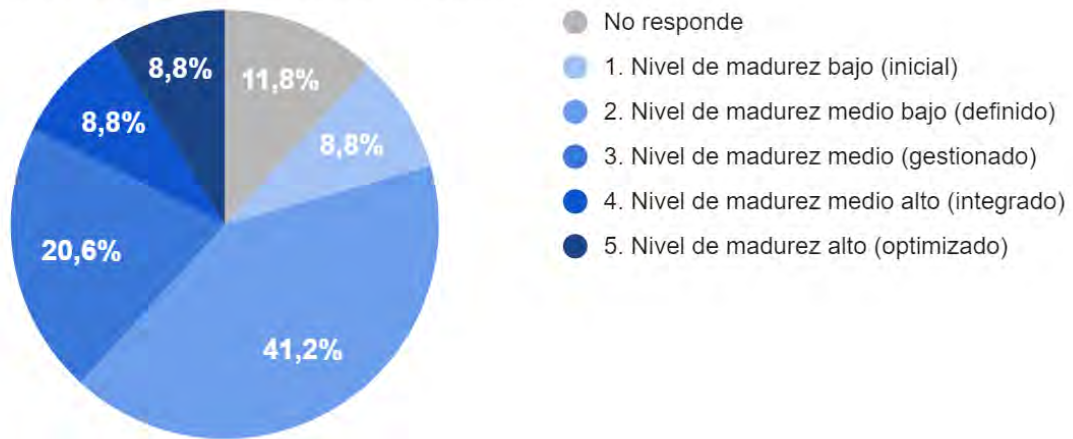
Asimismo, el 24% (8) de las empresas está en el nivel de madurez inicial, de modo que no capacita a su personal, por el contrario, espera que los trabajadores estén capacitados respecto al uso de herramientas BIM o que adquieran formación de manera autodidacta. Es importante mencionar que la mayoría de estas organizaciones se dedican a proyectos de infraestructura, como saneamiento, carreteras o, incluso, proyectos aeroportuarios.



**Políticas: Regulator**

**Manual de estándares BIM (LR)**

LR1. Manual de estándares BIM (N = 34)



*Figura 39.* Resultados del nivel de madurez de Manual de estándares BIM (LR1).  
*Elaboración propia.*

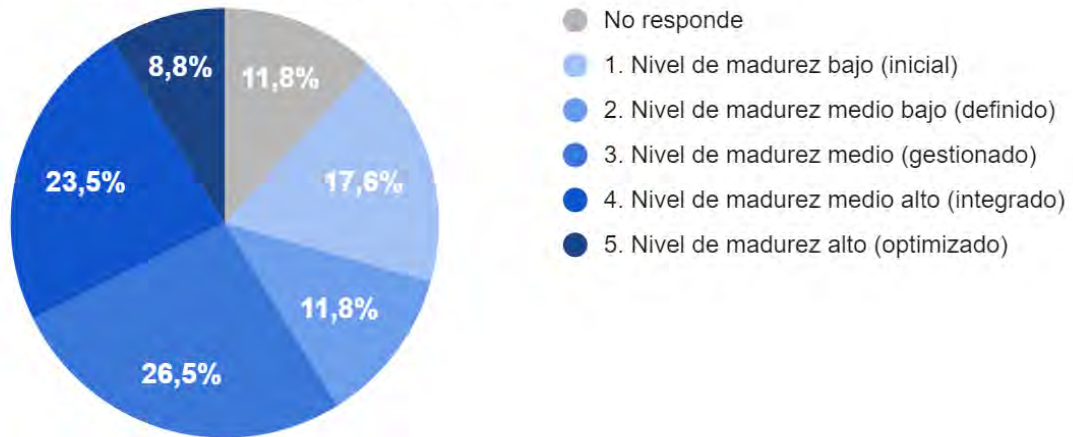
En primer lugar, este enunciado presenta una distribución de respuestas equitativa (9%) para los niveles de madurez 1, 4 y 5. Además, el 12% (4) de las empresas prefieren no responder sobre la existencia de un manual de estándares dentro de su organización.

Por un lado, el 41% (14) de las empresas encuestadas tiene un nivel de madurez medio bajo en cuanto al manual de estándares BIM. Esto quiere decir que la metodología de trabajo y los criterios de diseño están documentados dentro del manual, no obstante, se usa en caso sea requerido. Cabe resaltar que, la mayoría de estas empresas pertenecen al rubro residencial y/o educación y tienen entre 11 y 30 años de experiencia. Por otro lado, entre las seis empresas que marcaron un nivel de madurez alto y medio alto, cuatro de ellas tienen más de 200 colaboradores y al menos 30 años en el mercado, por lo que están bien consolidadas en la industria.

**Políticas: Contractual**

**Plan de Ejecución BIM (LC)**

**LC1. Plan de Ejecución BIM (N = 34)**



*Figura 40. Resultados del nivel de madurez de Plan de Ejecución BIM (PEB) (LC1).  
Elaboración propia.*

En primer lugar, este enunciado presenta respuestas mixtas y se obtuvo un pequeño porcentaje (12%) que desconoce el desarrollo del Plan de Ejecución BIM (PEB) en su organización.

Por un lado, el 27% (9) de las constructoras encuestadas tienen un nivel de madurez gestionado respecto al PEB. Esto implica que su contenido es más detallado y tiene una estructura clara para cada proyecto. Es importante mencionar que, para escalar a un nivel de madurez superior, todos los proyectos de construcción deben iniciar con un PEB compartido con todas las partes involucradas. Cabe destacar que seis de estas constructoras tienen una antigüedad mínima de 11 años y cuentan con más de 100 colaboradores.

Por otro lado, el 23.5% (8) de organizaciones marcaron un nivel de madurez medio alto, lo que significa que los proyectos de construcción inician con un PEB definido. Todas las empresas de este grupo tienen entre 11 y 30 años de experiencia en el mercado y la mayoría no supera los 100 colaboradores.

### **Etapas de Capacidad BIM**

En cuanto a las etapas de capacidad BIM se tiene los resultados mostrados en las figuras 41, 42 y 43. Cabe resaltar que EC1 hace referencia a la Etapa de Capacidad BIM 1: Modelado orientado a objetos; EC2, a la Etapa de Capacidad BIM 2: Colaboración orientada al modelo; y EC3, a la Etapa de Capacidad BIM 3: Integración basada en la red.

#### **Etapa de Capacidad BIM 1: Modelado basado en objetos (EC1)**

EC1. Modelado basado en objetos (N = 34)



*Figura 41.* Resultados del nivel de madurez de Modelado basado en objetos (EC1).

*Elaboración propia.*

Se obtuvo que el 50% (17) de los encuestados presentan un nivel de madurez definido (medio bajo) en la primera Etapa de Capacidad BIM: Modelado basado en objetos. Ello significa que las constructoras realizan un modelado paramétrico orientado a objetos con el fin de extraer información o, como máximo, generar simulaciones de proceso constructivo. En este caso, aún no son capaces de adoptar medidas de automatización o programación dentro de sus procesos de modelado. De estas empresas, el 52.9% (9) cuentan con al menos 100 colaboradores y más de 11 años de trayectoria.

Además, el 15% (5) de las constructoras evaluadas se ubican en un nivel de madurez inicial (bajo), lo que significa que el proceso de modelado se realiza primordialmente para conceptualización y visualización 3D y de manera secundaria se agregan parámetros básicos que contienen poca información (geometría, visibilidad y posición). Cabe destacar que dentro de este grupo se ubican tres grandes constructoras con una larga trayectoria (más de 30 años) que pertenecen al rubro edificaciones, donde una de ellas realiza también proyectos de carreteras y saneamiento.

Asimismo, se encontró que el 18% (6) indica un nivel de madurez medio alto, de forma que logran modelar proyectos de construcción a través de procesos automatizados y/o programación BIM. Cabe resaltar que casi todas las constructoras de este grupo poseen una antigüedad de entre 11 y 30 años y cuentan con más de 200 colaboradores.

### **Etapa de Capacidad BIM 2: Colaboración basada en modelos (EC2)**

#### EC2. Colaboración basado en modelos (N = 34)



*Figura 42.* Resultados del nivel de madurez de Colaboración basada en modelos (EC2).

*Elaboración propia.*

Se encontró que el 24% (8) de los encuestados presentan un nivel de madurez gestionado (medio) sobre la segunda Etapa de Capacidad BIM: Colaboración basada en modelos. Ello significa que los equipos de trabajo de las constructoras actualizan y comparten

información de los proyectos en tiempo real y tienen como objetivo la reducción de errores y retrabajo. En otras palabras, la colaboración basada en modelos se considera proactiva, pero aún no son claras y/o no existen estructuras o procesos establecidos que faciliten la colaboración. La mayoría de estas empresas tienen más de 11 años de trayectoria y al menos 100 colaboradores.

Además, el 27% (9) presenta un nivel de madurez definido (medio bajo), lo que significa que los equipos de trabajo tienen como objetivo compartir información BIM y, si bien trabajan de manera coordinada, no colaboran en tiempo real. La mayoría de estas empresas poseen como máximo 100 colaboradores.

### Etapa de Capacidad BIM 3: Integración basada en la red (EC3)

#### EC3. Integración basada en la red (N = 34)



Figura 43. Resultados del nivel de madurez de Integración basada en la red (EC3).  
Elaboración propia.

En primer lugar, es importante mencionar que el 12% (4) de los profesionales encuestados prefiere no responder sobre la tercera etapa de capacidad BIM: Integración basada en la red.

Por un lado, se halló que el 44% (15) de empresas presentan un nivel de madurez entre bajo y medio bajo, lo que significa que las constructoras como máximo son capaces de integrar

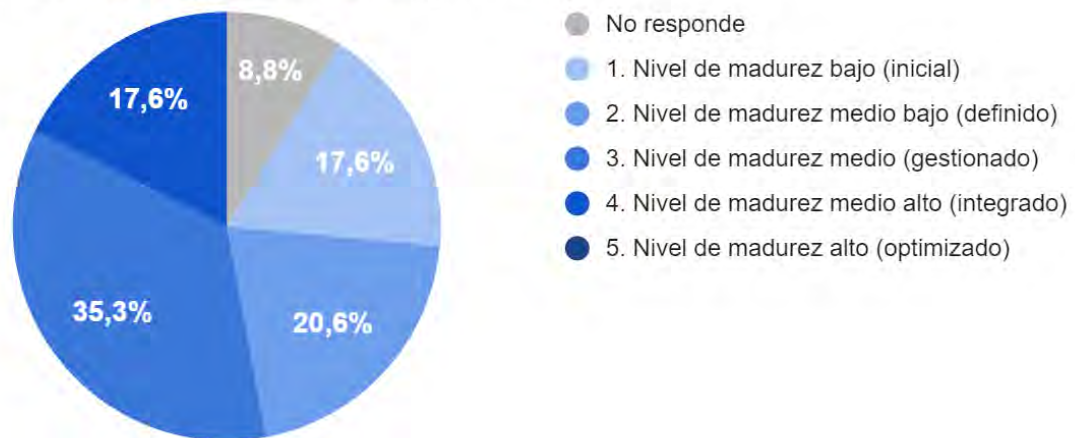
los modelos 3D en una plataforma de colaboración en tiempo real (Ejemplo: Autodesk Navisworks BIM 360). En este nivel la integración de modelos es solo una actividad operativa. Incluso, en este grupo existen cuatro empresas con más de 200 colaboradores y más de 30 años en el mercado.

Por otro lado, un 27% (9) presenta un nivel de madurez gestionado (medio) respecto a la integración basada en la red. Ello indica que las organizaciones generan un modelo federado o integrado con el fin de automatizar procesos en la detección de conflictos. Siete de estas nueve empresas tienen más de 11 años en el mercado y han operado mayoritariamente en Piura, donde una de ellas tiene una antigüedad mayor a 50 años.

### Escala Organizacional

#### **Escala Organizacional: Organización (EO)**

EO1. Escala organizacional (N = 34)



*Figura 44.* Resultados del nivel de madurez de Escala organizacional (EO1).  
*Elaboración propia.*

En cuanto a la estrategia de la organización sobre BIM, el 35% (12) de las empresas indica que se ubican en un nivel de madurez gestionado (medio). Ello significa que la estrategia gira en torno a incorporar BIM en los flujos de trabajo de modo que se mejore la eficiencia y

productividad en términos de tecnologías, procesos y políticas. De este grupo, alrededor de un 67%, tienen entre 11 y 30 años en el mercado; es decir, son organizaciones experimentadas.

Se obtuvo que el 21% (7) de la muestra indica un nivel de madurez medio bajo en esta sección. Ello significa que las constructoras buscan identificar mejores prácticas para el uso de BIM a nivel organizacional. En este caso, se presentan características mixtas respecto a la antigüedad y tamaño de la organización. Asimismo, un 18% (6) de las constructoras evaluadas presenta un nivel de madurez inicial (bajo), lo que indica que su enfoque estratégico está limitado a la familiarización con BIM. Cabe resaltar que la mayoría de estas constructoras tienen más de 11 años en el mercado.

En resumen, se presenta la siguiente gráfica de barras apiladas que muestra la distribución de las constructoras en función al nivel de madurez BIM y las variables propuestas por Succar.

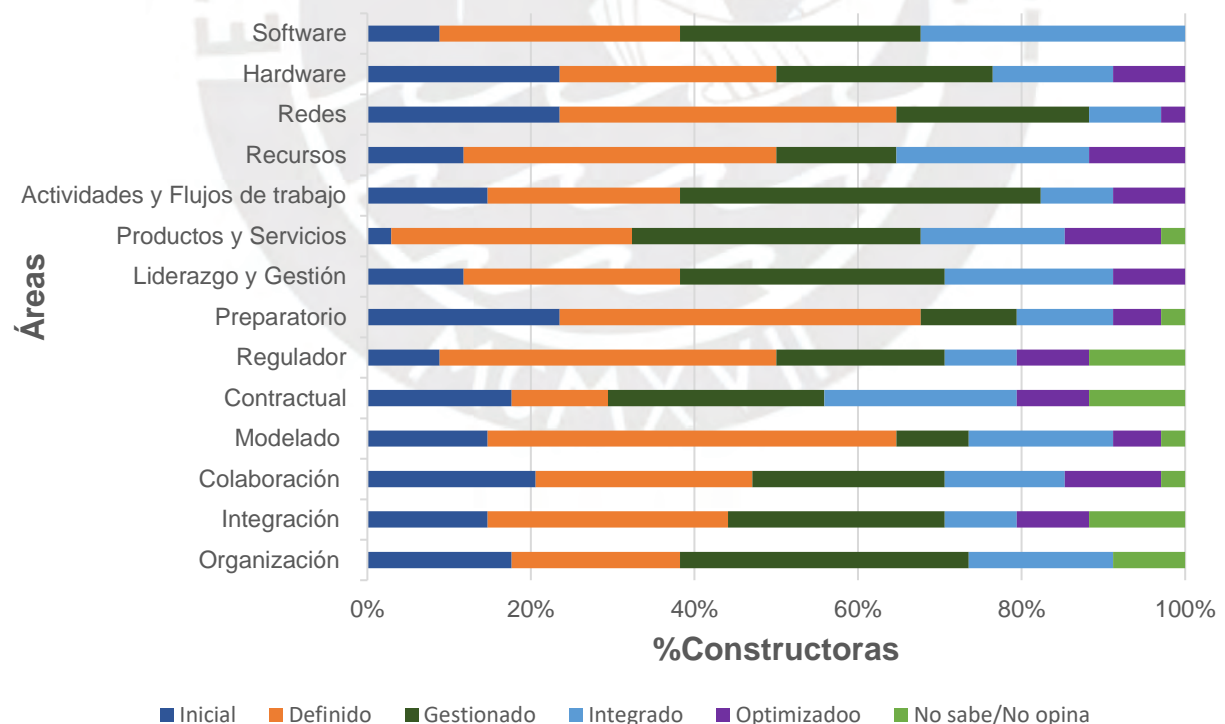
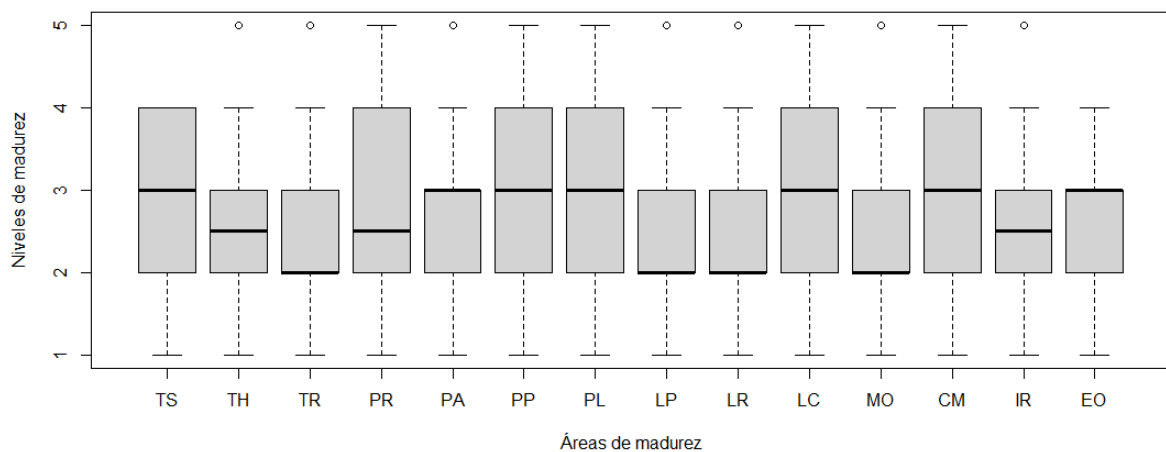


Figura 45. Áreas de madurez vs %Constructoras  
Elaboración propia.

El gráfico revela que hay una concentración significativa de constructoras que se encuentran en el rango de niveles de madurez entre definido y gestionado. Aunque la variable de software destaca por tener el mayor porcentaje de constructoras en un nivel integrado (32%), esta no alcanza un nivel optimizado. En contraste, las variables de recursos, productos y servicios, y colaboración muestran una proporción más alta de constructoras en un nivel optimizado en comparación con el resto; sin embargo, el porcentaje en cuestión es de 12%, por lo que no es tan considerable. Además, es importante destacar que las variables de hardware, redes y preparatorio tienen una mayor proporción de constructoras en un nivel de madurez inicial en comparación con las demás. Por último, las variables integración, contractual y regulador son las que tienen el mayor porcentaje de encuestados que prefirieron no responder.

### **Medidas estadísticas de las variables**

Para tener una comprensión más completa de los datos obtenidos y valorar su distribución y dispersión, se calculan las siguientes medidas estadísticas para cada área de madurez: mediana, moda, mínimo, máximo y rango.



**Figura 46.** Diagrama de caja y bigotes por área de madurez.

*Elaboración Propia. Nota: TS = Uso de software, TH = Uso de hardware o equipos tecnológicos, TR = Uso de redes en torno a BIM, PR = Recursos, PA = Actividades y flujos de trabajo, PP = Productos y Servicios, PL = Liderazgo y gestión, LP = Preparatorio, LR = Regulación, LC = Contractual, MO = Modelado basado en objetos, CM = Colaboración basada en modelos, IR = Integración basada en la red, EO = Escala Organizacional.*



Tabla 16

*Resultados del diagrama de caja y bigotes por área de madurez (N=34)*

	<b>Área de Madurez</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
Tecnología	<b>Software</b>	3	4	1	4	3
	<b>Hardware</b>	2	3	1	5	4
	<b>Redes</b>	2	2	1	5	4
Procesos	<b>Recursos</b>	2	2	1	5	4
	<b>Actividades</b>	3	3	1	5	4
	<b>Productos y Servicios</b>	3	3	1	5	4
	<b>Liderazgo y Gestión</b>	3	3	1	5	4
Políticas	<b>Preparatorio</b>	2	2	1	5	4
	<b>Regulador</b>	2	2	1	5	4
	<b>Contractual</b>	3	3	1	5	4
Etapas de Capacidad	<b>Modelado</b>	2	2	1	5	4
	<b>Colaboración</b>	3	2	1	5	4
	<b>Integración</b>	2	2	1	5	4
Escala	<b>Organización</b>	3	3	1	4	3

*Nota.* Elaboración propia.

A partir de la tabla anterior, “Software” y “Organización” son las únicas áreas que tienen un nivel de madurez máximo igual a 4 y un rango de 3; mientras que las demás, tienen un máximo de 5 y un rango de 4 respectivamente. En general, parece haber una tendencia hacia valores intermedios, con la mediana y la moda generalmente alrededor de 2 o 3, sin embargo, el área Software tiene una moda de 4, lo que sugiere un nivel relativamente más alto de madurez en comparación con otras áreas. El rango (diferencia entre el máximo y el mínimo) es similar entre todas las áreas, siendo en su mayoría 4. Este rango es amplio y puede indicar cierto nivel de inconsistencia y disparidad en la madurez dentro de una misma área.

En cuanto a lo observado en la Figura 46, los grupos Uso de redes (TR), Preparatorio (LP), Regulación (LR) y Modelado basado en objetos (MO) tienen distribuciones asimétricas con la mediana al extremo inferior del diagrama de bigotes. Este patrón sugiere que existe una mayor concentración de datos en el nivel de madurez 2. Por otro lado, los grupos Actividades

y flujos de trabajo (PA) y Escala organizacional (EO) tienen la mediana de sus datos más cercana al extremo superior presentan un rango intercuartil (RI) igual a 1. Lo anterior indica una mayor concentración de resultados en el nivel de madurez 3 y una menor dispersión, respectivamente.

Por otro lado, los grupos Productos y Servicios (PP), Liderazgo y Gestión (PL), Contractual (LC) y Colaboración basada en modelos (CM) tienen una distribución que abarca todos los niveles de madurez. Además, estos grupos presentan simetría y una dispersión más alta (RI = 2). Respecto a los grupos PP, PL y LC, que abordan aspectos de detalle de los entregables BIM, implementación y visión BIM, y Plan de Ejecución BIM (PEB) respectivamente, presentan un nivel de madurez esperado.

Además, las preguntas que presentan más dispersión son TS, PR, PP, PL, LC y CM (6) con RI = 2, mientras que las demás (8) cuentan con RI = 1. De hecho, tres de las cuatro áreas de madurez que conforman el conjunto de competencias “Procesos”, corresponden a un RI = 2. Por otro lado, “Colaboración basada en modelos” es la etapa de capacidad BIM que presenta mayor dispersión.

Asimismo, la longitud de los bigotes de todas las cajas es consistente, excepto en el grupo TS, lo que indica cierta variabilidad. En este caso, el bigote superior tiene longitud nula, lo que demuestra una concentración de datos entre 3 y 4 tal que el tercer y cuarto cuartil son idénticos. Esto demuestra que las tres preguntas que corresponden al área “Software” han sido respondidas de manera muy distinta.

Por último, cabe resaltar que los valores atípicos (*outliers*) no se están considerando en el análisis debido a que la escala de niveles no tiene un rango típico de valores.

### Matriz de Madurez BIM

A partir de las medianas de los niveles de madurez obtenidos (ver Tabla 16) se construye la matriz de madurez BIM global para las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú para una granularidad nivel 1.

Tabla 17  
Matriz de madurez BIM

<b>MATRIZ DE MADUREZ BIM DE LAS CONSTRUCTORAS QUE OPERAN EN LA MACRO REGIÓN NORTE DEL PERÚ</b>					
<b>Índices de Madurez a Granularidad nivel 1</b>	<b>a</b> INICIAL (10 puntos)	<b>b</b> DEFINIDO (20 puntos)	<b>c</b> GESTIONADO (30 puntos)	<b>d</b> INTEGRADO (40 puntos)	<b>e</b> OPTIMIZADO (50 puntos)
<b>TECNOLOGÍA</b>	Software		●		
	Hardware		●		
	Redes		●		
<b>PROCESOS</b>	Recursos		●		
	Actividades y Flujos de trabajo			●	
	Productos y Servicios			●	
	Liderazgo y Gestión			●	
<b>POLÍTICAS</b>	Preparatorio		●		
	Regulador		●		
	Contractual			●	
<b>ETAPAS DE CAPACIDAD</b>	Modelado		●		
	Colaboración			●	
	Integración		●		
<b>ESCALA ORGANIZACIONAL</b>	Organización			●	

Nota. Elaboración propia

En la matriz obtenida se evidencia que hay tantas áreas de madurez en nivel 2 como en nivel 3. Además, ninguna de las variables alcanza un nivel inicial, integrado u optimizado. Asimismo, se observa que, dentro de los conjuntos de competencias, en Tecnología, el índice de madurez BIM es definido (nivel 2 o medio bajo) en las áreas de “Hardware” y “Redes”, pero es gestionado (nivel 3 o medio) solo en “Software”. En Procesos, el índice de madurez es gestionado en las áreas de “Actividades y Flujos de trabajo”, “Productos y Servicios” y “Liderazgo y Gestión”, excepto en el área de “Recursos” donde el índice es definido. Finalmente, en Políticas, el índice de madurez BIM es gestionado (medio) en el área “Contractual” pero definido (medio bajo) en “Preparatorio” y “Regulador”.

Entre los tres conjuntos de competencias, Procesos es el que contiene más áreas con un índice de madurez gestionado (medio), mientras que Tecnología y Políticas tienen la mayoría de sus áreas con un índice definido (medio bajo).

Por otro lado, dentro de las etapas de capacidad, al menos el 50% de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú tienen un índice de madurez gestionado (medio) en Colaboración, pero un índice definido (medio bajo) en Modelado e Integración. Por último, en lo que corresponde a Escala Organizacional, se presenta un índice de madurez gestionado.

### Punto de Adopción (PoA)

De forma análoga, a partir de los índices de madurez BIM obtenidos (a, b, c, d y e) en cada Etapa de Capacidad (1, 2 y 3) se construye el modelo de Punto de Adopción para la región de estudio.

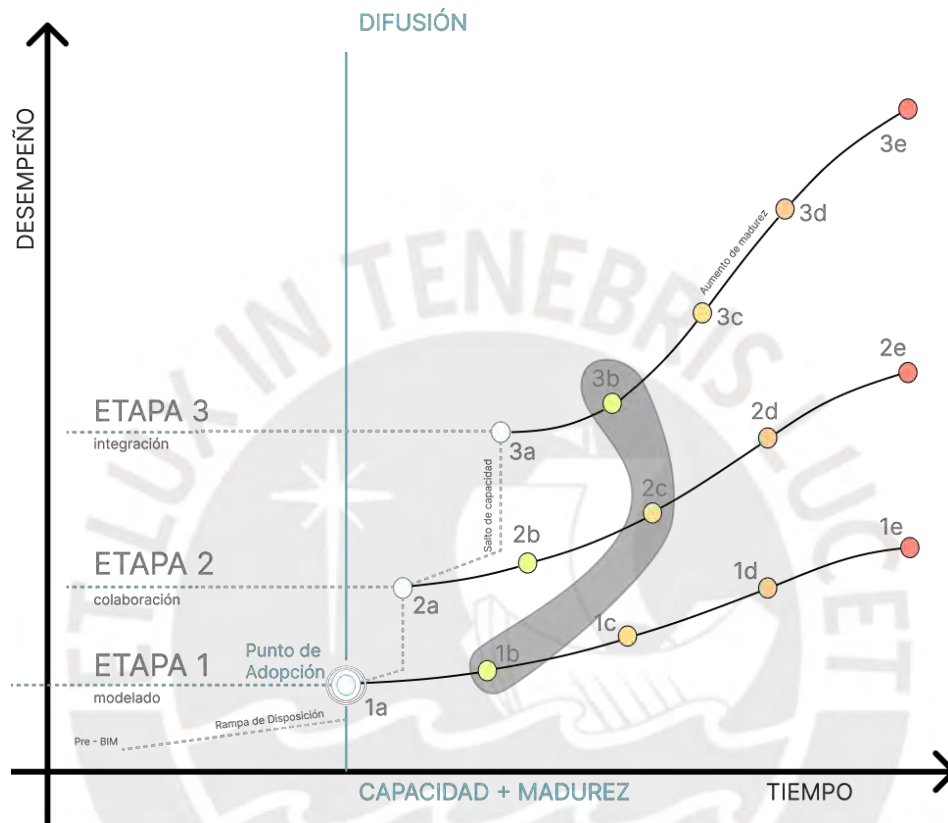


Figura 47. Punto de adopción de constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú.

Nota. Adaptado de “Building Information Modelling: Point of Adoption”, por Succar & Kassem, 2016.

A partir de lo anterior, se observa que las organizaciones han iniciado el salto de capacidad desde pre-BIM hacia capacidades mínimas de BIM. Además, el resultado conjunto es [1b:2c:3b], lo que se refiere a una baja capacidad de modelado, una intermedia capacidad de colaboración basada en modelos y se evidencia cierta preparación para la integración de modelos. Además, ninguna etapa de Capacidad BIM corresponde a un índice “a”, lo que significa que las organizaciones ya han escalado dentro de las curvas de “aumento de madurez”, lo que involucra una mejora gradual en su desempeño a lo largo del tiempo.

### Medidas estadísticas del puntaje de Madurez

A continuación, se muestran los puntajes de madurez BIM (PMB) para cada constructora (ver ejemplo en la Tabla 6) ordenados de forma descendente.

Tabla 18  
Puntaje de madurez en constructoras que han adoptado BIM (N=34)

TS	TH	TR	PR	PA	PP	PL	LP	LR	LC	EC1	EC2	EC3	EO1	PMB	Constructora
4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	45,71	C1
4	5	4	5	5	3	4	5	5	5	5	4	4	4	44,29	C2
4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	43,57	C3
4	2	2	4	4	5	5	4	4	4	4	5	2	3	37,14	C4
4	4	3	4	3	4	2	4	5	3	2	3	5	4	35,71	C5
4	4	4	4	3	4	4	2	3	3	4	5	3	2	35,00	C6
3	4	3	4	3	4	4	2	4	3	1	4		4	33,08	C7
3	3	2	4	3	5	3	3	3	5	4	3	2	3	32,86	C8
3	4	3	2	2	4	3	3	2	4	3	4	5	4	32,86	C9
4	3	3	2	3	2	5	2	2	3	5	5	2	3	31,43	C10
4	4	3	3	3	3	3	2	3	4	2	3	2	3	30,00	C11
4	3	2	3	4	3	4	4	3	4	2	2	2	2	30,00	C12
3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	30,00	C13
3	3	2	2	4	5	4	1	1	3	2	4	4	3	29,29	C14
2	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	26,43	C15
2	3	2	2	3	3	3	2	3	4	2	2	2	3	25,71	C16
4	2	2	4	3	3	2	1	2	3	1	3	3	3	25,71	C17
3	3	2	2	2	4	3	1	1	5	4	2	1	3	25,71	C18
2	2	1	4	2	3	2	3	2	3	3	2	3	2	24,29	C19
3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	1	3	3	24,29	C20
2	2	2	5	2	2	2		2	4	2	3	2	1	23,85	C21
2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	23,57	C22
4	1	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	23,57	C23
3	1	2	2	3	2	3	3	1	2	2	1	3	2	21,43	C24
2	2	2	2	1	2	3	2	2		2	2			20,00	C25
1	1	3	2	2	3	4	2	3	1		1	1		20,00	C26
3	1	1	5	1	1	2	2	2		1	2	1	1	17,69	C27
2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	17,14	C28
2	2	1	2	3	2	2	1		1	1	1	2	2	16,92	C29

2	1	1	1	3	2	1	1		1	2	2	3	1	16,15	C30
3	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	15,00	C31
1	2	1	1	2	2	1	2			2	1		1	14,55	C32
1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	13,57	C33
2	1	1	1	1			1	1		2				12,50	C34

*Nota.* El tono de azul más oscuro representa el puntaje de madurez más alto; mientras que el puntaje más bajo se muestra con un tono más claro. Las opciones están ordenadas de menor (1) a mayor (5) nivel de madurez. En caso de que no haya un valor significa que la constructora no ha respondido esa pregunta. Elaboración propia.

Por un lado, el puntaje máximo de madurez BIM registrado fue de 45.71. Este corresponde a la constructora C1, que cuenta con más de 200 colaboradores y más de 31 años de trayectoria en proyectos de edificación e infraestructura. Cabe resaltar que ha operado únicamente en Piura. Adicionalmente, el profesional encuestado tiene el cargo de director BIM (BIM Manager) y lleva más de 10 años trabajando en la organización. De esta manera, se puede determinar que tiene tanto conocimiento de BIM como de los procesos de la organización. Además, esta constructora obtuvo, como mínimo, un índice medio alto (nivel 4). En específico, en el conjunto de competencias de políticas se obtuvo un nivel de madurez optimizado en todas sus áreas. En resumen, esto significa que esta constructora muestra un fuerte compromiso en la revisión de sus procesos y su posterior mejora en términos de capacitación, regulación y el desarrollo del plan de ejecución BIM.

Por otro lado, el puntaje de madurez BIM mínimo registrado fue de 12.50. Este corresponde a la constructora C34, que tiene más de 50 años de experiencia y, al igual que C1, cuenta con más de 200 colaboradores. La organización realiza proyectos en el rubro salud y ha realizado operaciones únicamente en Piura y Cajamarca. En cuanto a Tecnología, la empresa registra como máximo un nivel de madurez medio bajo, específicamente en la selección de los *softwares*, lo que implica que no tienen un criterio claro de selección. En cuanto a Procesos, esta organización se ubica en un nivel de madurez bajo en todas las áreas. Además, el encuestado desconoce sobre el PEB, el manual de estándares BIM, las etapas de capacidad

BIM y escala organizacional. Existe la posibilidad de que la organización no cuente con procesos definidos que contemplen esas opciones o, en su defecto, no lo comunique bien.

Entre los puntajes menores a 40 y mayores o iguales a 30 se tiene diez empresas procedentes de Lima. Estas poseen una trayectoria de más de 30 años en el sector de la construcción. Asimismo, la empresa con el puntaje más alto de este intervalo (37.14) le corresponde un profesional que lleva entre 4 y 6 años en la organización.

Entre los puntajes menores a 30 y mayores o iguales a 20 se tiene a trece empresas, donde diez de ellas proceden de Lima, dos de Lambayeque y una de Piura. La mayoría (69%) tiene entre 11 y 30 años de antigüedad. Dentro de este intervalo, Piura es el departamento en el que más se ha operado. Este resultado evidencia que el nivel de madurez definido (nivel 2) tiene mayor representatividad que el nivel de madurez gestionado (nivel 3) en la Macro Región Norte del Perú. Además, se aprecia que en este intervalo de niveles predominan las constructoras con una trayectoria más corta en el mercado.

A continuación, se presenta un histograma donde se observa la frecuencia vs. Puntaje de madurez para las constructoras que han adoptado BIM de la muestra original.

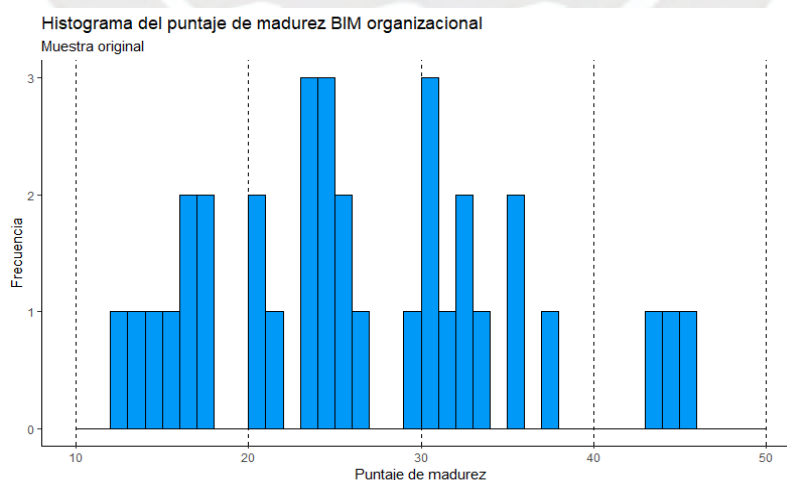
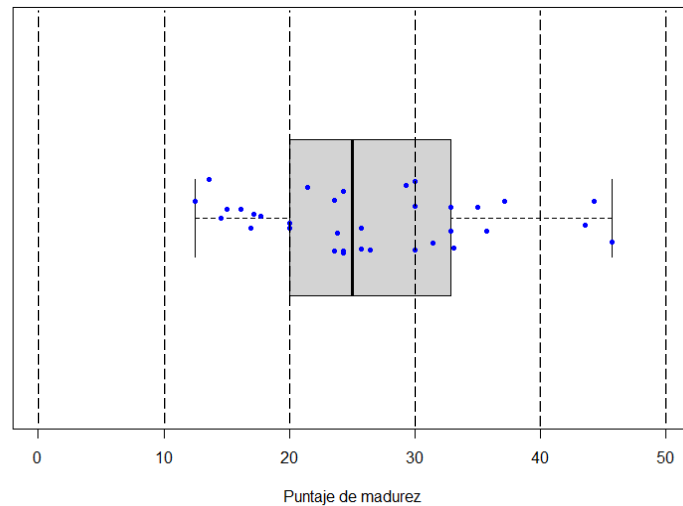


Figura 48. Histograma del puntaje de madurez BIM de las constructoras (N = 34)

Elaboración Propia.



Se observa que los datos obtenidos no siguen una distribución normal, por lo tanto, es necesario utilizar la mediana como medida estadística principal para obtener el valor global del puntaje de madurez BIM. Con relación a esto, se presenta el diagrama de caja y bigotes del puntaje de madurez BIM de las constructoras y una tabla resumen de sus principales características.



*Figura 49.* Diagrama de caja y bigotes del puntaje de madurez BIM de las constructoras.

*Elaboración propia.*

Tabla 19

*Resumen de los resultados del diagrama de caja y bigotes.*

Puntaje de madurez BIM	
<b>Mediana</b>	25.00
<b>Mínimo</b>	12.50
<b>Máximo</b>	45.71
<b>Rango</b>	33.21
<b>Rango intercuartil (RI)</b>	12.50

Nota. Elaboración propia.

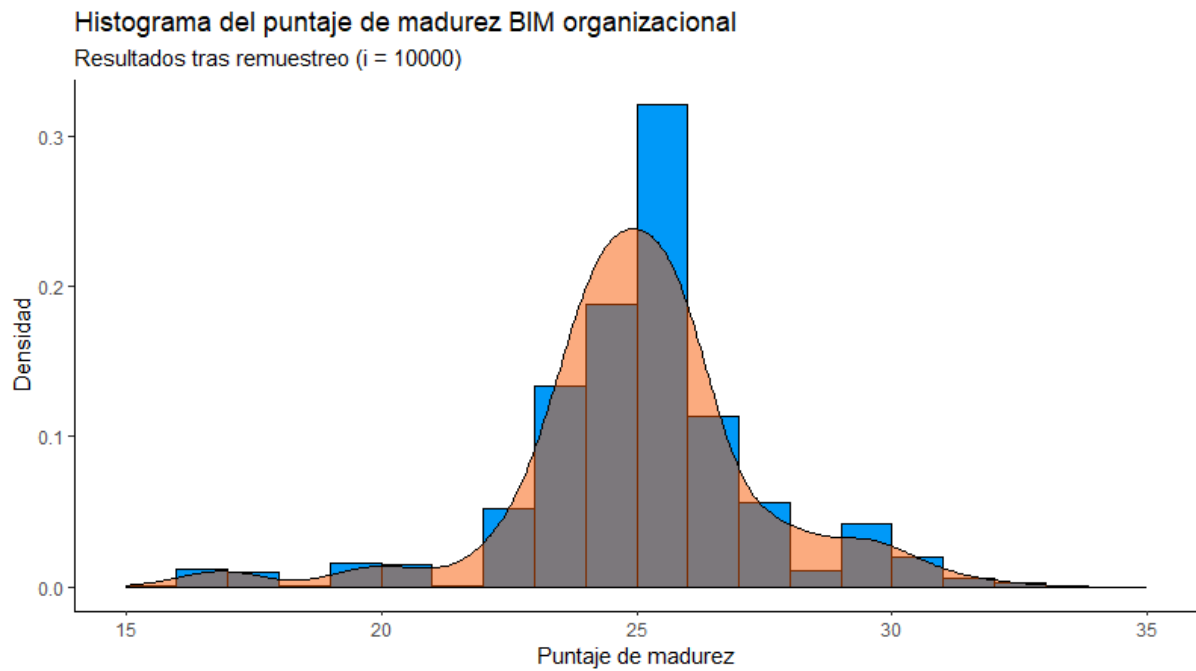
Según la Tabla 19, la mediana del puntaje de madurez BIM global es 25 y el rango es 33.21, lo que significa que muchos datos están separados del centro (la mediana). Además, el rango intercuartil es 12.50, ello indica que el 50% de los datos se encuentran entre 20 y 32.5

puntos de madurez. Así pues, se puede interpretar el puntaje de 20 como un nivel de madurez medio bajo (nivel 2) y el de 32.5 como un nivel de madurez medio (nivel 3).

#### **4.3.2. Análisis estadístico inferencial**

Debido a que se cuenta con una cantidad limitada de datos, resulta óptimo aplicar el método estadístico de remuestreo o *Bootstrap* para estimar el intervalo de confianza. Cabe destacar que esta baja cantidad de datos influye en la forma que adquiere la gráfica “densidad vs. puntaje de madurez BIM”. De manera que se evidencia que antes del remuestreo su distribución es no paramétrica. La técnica de *Bootstrap* se basa en la idea de generar múltiples muestras “ficticias” mediante un proceso de remuestreo con reemplazo de la muestra original. Cabe destacar que, cada muestra ficticia tiene el mismo tamaño que la muestra original (Hesterberg, 2011). Luego, se calcula la estadística de interés (mediana) para cada muestra ficticia. Finalmente, se recopilan los datos determinados para construir la distribución y a partir de esto último se estima el intervalo de confianza al 95%, el cual se determina con los percentiles 2.5% y 97.5%.

En cuanto a la cantidad de iteraciones para efectuar el *Bootstrap*, por un lado, deben ser cómo mínimo entre 50 - 200 para encontrar errores estándares (Mooney, C. Z. y R. D. Duval, 1993, p. 11); por otro lado, al observar la convergencia de los resultados en RStudio, se estimó que la cantidad de iteraciones óptima era igual a 10 000. A continuación, se presenta la siguiente gráfica “densidad vs. puntaje de madurez BIM” luego del remuestreo.



*Figura 50.* Histograma del puntaje de madurez BIM organizacional tras *Bootstrap*.  
*Elaboración propia.*

Lo anterior muestra que gracias al remuestreo con *Bootstrap* se generó un comportamiento mejor distribuido en términos de normalidad en comparación al histograma con la muestra original (ver Figura 48). Además, se obtuvo que el intervalo de confianza al 95% para la mediana del PMB es [20, 30]. En otras palabras, las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú tienen un puntaje de madurez BIM organizacional igual a  $25.00 \pm 5.00$ .

## CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El capítulo cinco amplía la discusión sobre los resultados obtenidos en relación con la encuesta aplicada. En primer lugar, se abordan los datos generales de la muestra; posteriormente, se analiza la situación de las empresas que aún no han adoptado BIM. Finalmente, se interpreta la madurez BIM organizacional en términos de conjuntos de competencias, etapas de capacidad y escala organizacional, y las interrelaciones entre las áreas de madurez.

### 5.1. Muestra

En cuanto a la muestra, los profesionales encuestados cumplen con ser un perfil senior en un 85% y el 59% tiene más de 4 años prestando servicios a la empresa. Respecto a las constructoras, el 76% tienen más de 10 años de antigüedad y el 63% cuenta con al menos 50 colaboradores (sin incluir el personal obrero). Además, Piura es el departamento donde se han realizado más proyectos en la Macro Región Norte y la mayoría de estos son del rubro educación y residencial. Esto indica que la mayoría de encuestados de esta investigación poseen un alto nivel de conocimiento de los procesos internos de la organización, lo que realza el grado de fiabilidad de las respuestas. Además, dado que la mayoría de las empresas tienen una antigüedad y tamaño intermedio, resulta interesante evaluar su adaptabilidad frente a las tecnologías emergentes.

En adición a lo anterior, esta investigación brinda un dato novedoso, pues prácticamente más de  $\frac{3}{4}$  de las empresas constructoras evaluadas consideran que han adoptado BIM (76% de la muestra). En contraste con estos resultados, el tercer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación de Lima afirma que solo el 36% de los proyectos ha implementado BIM en algún

nivel<sup>2</sup>. Cabe resaltar que, en dicho estudio la unidad de análisis son los proyectos de edificación; mientras que, para esta tesis, el objeto de estudio son las constructoras. Y, si bien una organización puede adoptar BIM como metodología de trabajo, eso no implica que todos sus proyectos se ejecutarán con estos protocolos, pues esto dependerá de la naturaleza del proyecto y las exigencias de los clientes. Además, el 97% de los proyectos evaluados en el tercer estudio de adopción en Lima pertenecen a empresas con un tamaño entre micro a pequeño (1-50 colaboradores) y sólo el 3% son empresas medianas (51-250 colaboradores); mientras que, en esta tesis el 63% de constructoras encuestadas superan los 50 colaboradores. Por último, la técnica de muestreo de los estudios en Lima y Callao es aleatoria, mientras que en esta tesis es por conveniencia; por tanto, es probable que los profesionales que respondieron la encuesta tenían algo que decir acerca de BIM.

Es importante mencionar que, la encuesta funciona como un mecanismo de evaluación estándar que puede ser replicable en otros escenarios, lo que la atribuye una característica flexible. Estos escenarios podrían ser otras empresas del sector como consultoras, proveedores, inmobiliarias, entre otros. Asimismo, el diseño de este instrumento de recolección de datos no se limita a los tipos de proyectos que realiza la organización ni al cargo de los profesionales encuestados.

## **5.2. Pre-BIM**

Se encontró que el 26% de la muestra no ha adoptado BIM. Por un lado, las constructoras señalan que existen dos motivos principales para evitar su adopción: demanda insuficiente de proyectos BIM en el mercado y falta de evidencia de sus beneficios. Sin embargo, esta percepción podría ser cuestionada debido a que las autoridades estatales han

---

<sup>2</sup> Murguía, D., Vasquez, C., Culqui, D., Ley, J., Supanta, O., Yañez, S. (2023). Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

establecido la obligatoriedad del uso de BIM en la mayoría de los proyectos supervisados por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios<sup>3</sup>, especialmente en el norte del país. Además, durante la última década, el sector privado ha impulsado la adopción de BIM como se menciona en el apartado 2.3.2 de esta investigación. En esta misma línea, gran parte de las constructoras de este grupo no comprenden lo que significa BIM; esto podría ser una razón subyacente por la cual no perciben sus beneficios. Por otro lado, muy pocas empresas consideran a BIM como una opción costosa o compleja, lo que podría motivar su adopción. Asimismo, ninguna empresa consideró que su no adopción se deba a la resistencia al cambio, lo que contrasta con la literatura que la suele identificar como uno de los principales obstáculos en la adopción de BIM<sup>4</sup>. En síntesis, las razones que explican esta falta de adopción presentan inconsistencias y parecen reflejar respuestas seleccionadas de manera conveniente.

En el caso de las acciones para la futura adopción BIM, los resultados reflejan una clara priorización por parte de los encuestados en fortalecer los recursos internos de la empresa. La elección mayoritaria de acciones como capacitar al personal, elaborar un caso de negocio y reclutar expertos indica un reconocimiento de la importancia de contar con habilidades y recursos adecuados dentro de la organización para llevar a cabo una transición exitosa. Sin embargo, la baja cantidad de respuestas que corresponde a dialogar con la cadena de suministro y revisar guías BIM sugiere una posible falta de atención hacia el involucramiento con socios externos y estándares de la industria. Esto resalta la necesidad de una perspectiva más integral que considere tanto los recursos internos como externos para garantizar el éxito en la adopción BIM.

---

<sup>3</sup> ARCC (2021, 5 mayo). ARCC - ARCC suscribió acuerdos con entidades gubernamentales del Reino Unido para transferencia de conocimientos. ARCC - Reconstrucción con Cambios. <https://www.rcc.gob.pe/2020/arcc-suscribe-acuerdos-con-entidades-gubernamentales-del-reino-unido-para-transferencia-de-conocimientos/>

<sup>4</sup> Soto, C., & Manríquez, S. (2023). Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe.

Por último, se observa que cerca del 60% considera un plazo menor de 2 años para iniciar la adopción de BIM. Es importante reconocer que esta respuesta podría verse afectada por otros factores como el tiempo necesario para convencer a la alta dirección, la disponibilidad de recursos para contratar un equipo experto en implementación BIM, entre otros. Además, solo una empresa de la muestra no planea adoptar BIM, lo que demuestra un avance en la digitalización de la industria del norte del país.

### **5.3. Conjuntos de Competencias BIM**

#### **5.3.1. Tecnología**

Se obtuvo que la mediana del nivel de madurez BIM es medio bajo en los campos de “Hardware” y “Redes”, pero es medio en el de “Software”. Esto se debe a que lograr un mejor desempeño es más factible en esta última, ya que el criterio de selección de *softwares*, el uso de los modelos 3D y la gestión de información BIM están sujetos en su mayoría a las decisiones internas de la organización. En cambio, los enunciados asignados a “Hardware” son tareas que implican un mayor presupuesto y logística, pues se debe adquirir equipos de calidad y coordinar con terceros para su sustitución o mantenimiento. De igual forma, lo correspondiente a “Redes” involucra invertir en la capacitación del equipo y en la implementación de sistemas de seguridad y plataformas de almacenamiento.

En el área de Software, el resultado de la encuesta revela que, en el mejor de los casos, las organizaciones estudiadas emplean los modelos 3D para realizar recorridos virtuales o simular procesos constructivos. Por un lado, una de las fortalezas de las empresas constructoras que operan en la Macro Región Norte radica en el criterio de selección de software y la aplicación de modelos 3D. Por otro lado, el aspecto menos favorable es el intercambio de información BIM. Esto puede deberse a la falta de estándares claros que permitan la gestión de información como planos, presupuestos y modelos 3D.

En el área de Hardware, el análisis evidencia que al menos el 50% de las empresas gestionan equipos que cumplen con los requisitos técnicos y funcionales necesarios para llevar a cabo tareas BIM, y la sustitución de estos se considera una inversión. Por lo tanto, se infiere que la mayoría de las organizaciones poseen la capacidad financiera para adquirir el *hardware* adecuado, lo que permitiría el incremento de la productividad laboral. Sin embargo, es importante señalar que un porcentaje significativo de constructoras (1-50 colaboradores) presenta un índice de madurez bajo. Esto sugiere que el tamaño de la organización puede ser un indicador de su capacidad financiera, lo que impactaría en la inversión de equipos adecuados y mantenimiento.

En el área de Red, al menos el 50% de la muestra utiliza plataformas de almacenamiento convencionales (Ej.: Google Drive y SharePoint) e implementan políticas de seguridad estrictas para el acceso a información BIM. Sin embargo, respecto a este último punto, se presenta una proporción similar con las empresas en un nivel de madurez bajo; es decir, que no cuentan con restricciones para acceso a su información. En general, los resultados demuestran que no es necesario ser una organización grande y/o experimentada para utilizar un repositorio compartido. De hecho, no es necesario contar con ningún *software* ni *hardware* de alta gama para acceder a esta plataforma. En consecuencia, este hallazgo se considera un punto de partida hacia el uso de herramientas digitales cada vez más especializadas para almacenar información (Ej. Autodesk Construction Cloud y Trimble Connect). No obstante, en el caso de las políticas de seguridad, los resultados sugieren que este aspecto puede ser más difícil de alcanzar para medianas y pequeñas empresas. Por lo tanto, la muestra evaluada presenta dificultades para compartir información BIM en la red de forma segura.



### 5.3.2. Procesos

Se obtuvo que la mediana del nivel de madurez BIM es medio en las áreas de “Actividades y Flujos de trabajo”, “Productos y Servicios” y “Liderazgo y Gestión”, excepto en el área de “Recursos” donde el resultado es medio bajo. Se estima que las empresas constructoras que ejercen su actividad en la Macro Región Norte del país presentan menor madurez en “Recursos” debido a que el conocimiento BIM de la organización no se considera un activo estratégico a largo plazo. Asimismo, se asume que, desde un punto de vista operativo, documentar el conocimiento BIM requeriría tiempo y recursos, lo que no es tan factible dada la demanda de proyectos.

En el área de Recursos, al menos el 50% de empresas tienen un nivel de madurez medio bajo, lo que significa que valoran la documentación del conocimiento BIM, pero no existe una normativa de seguridad para su recuperación y acceso. Además, este nivel de madurez se observa en todo tipo de constructoras, independientemente de su antigüedad o tamaño. Sin embargo, existe una predominancia de organizaciones cuyos proyectos son del rubro residencial, oficinas y educación. Esto supone que el registro de información es menos efectivo y/o factible en proyectos de infraestructura.

En el área de Actividades y Flujos de Trabajo, al menos el 50% de la muestra tiene un nivel de madurez medio, lo que revela que la fuerza laboral de las constructoras que operan en el norte del país está desarrollando capacidades y habilidades para trabajar con BIM, pero aún se requiere fomentar el liderazgo en sus equipos. Asimismo, la muestra posee un buen entendimiento de los roles BIM, lo que favorece el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Esto se aprecia mayoritariamente en constructoras con experiencia entre 11 y 30 años en el mercado.

En el área de Productos y Servicios, al menos el 50% de las empresas evaluadas presentan un nivel de madurez medio, lo que significa que requieren establecer un nivel de detalle según especificaciones internacionales como LOD para elaborar los entregables BIM. Este hallazgo sugiere que la mayoría de las constructoras aplican buenas prácticas en la elaboración de los entregables BIM, lo que asegura la satisfacción de los clientes y evita la inclusión de un nivel de detalle no requerido. Cabe resaltar que, el análisis de resultados demuestra que el uso de LOD es menos común en empresas con máximo 100 colaboradores y/o que ejecuten proyectos de infraestructura.

En el área de Liderazgo y Gestión, el resultado evidencia un consenso sobre la visión BIM de los líderes de al menos el 50% de las constructoras, independientemente de la cantidad de colaboradores. Sin embargo, en cuanto a la estrategia de implementación BIM, se aprecia que las empresas que alcanzan el nivel de madurez medio están consolidadas en la industria, por lo que sugiere que tienen la capacidad financiera para invertir en planes de acción y un equipo capacitado en BIM. Este hallazgo se interpreta como un punto a favor para la madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte pues supone haber logrado un entendimiento común de los beneficios de BIM y, por ende, un compromiso a largo plazo con la digitalización y la mejora continua de los procesos. También, resulta positivo la presencia de constructoras con menos de 50 colaboradores que empiezan su trayectoria en la industria con una visión BIM compartida.

### **5.3.3. Políticas**

Se obtuvo que la mediana del nivel de madurez BIM es medio bajo en las áreas “Preparatorio” y “Regulatorio”, y medio en “Contractual”.

En el área Preparatorio, al menos el 50% de las constructoras evaluadas presenta un nivel de madurez medio bajo, lo que indica que los programas de capacitación BIM se ofrecen

únicamente cuando son necesarios. Esto sugiere que la capacitación no está planificada, sino que se adapta a las necesidades específicas de cada situación o proyecto. Esto puede deberse a muchos factores, como la capacidad financiera, el perfil profesional deseado, los objetivos de la organización, entre otros.

En el área Regulator, el resultado evidencia que al menos el 50% de las empresas documenta la metodología de trabajo y criterios de construcción en un manual de estándares BIM; no obstante, solo lo utilizan cuando es necesario. Una posible causa puede ser una difusión incompleta del manual de estándares o la falta de adaptación para satisfacer las necesidades técnicas de algunos proyectos. Además, se observa que, en proyectos de edificación, las constructoras con experiencia intermedia perciben una menor necesidad de revisar estándares. Esta situación puede justificarse debido a que estos proyectos comprenden una menor complejidad, por ejemplo, la presencia de plantas típicas o diseños repetitivos.

En el área Contractual, el resultado demuestra que al menos el 50% de las constructoras tienen un PEB detallado y con una estructura clara para cada proyecto. Esto sugiere que las organizaciones estudiadas mantienen una fuerte relación con las diferentes partes involucradas (Ej. subcontratistas y/o proveedores), lo que facilita la colaboración y mejora el contenido del PEB. Además, se interpreta que las constructoras que operan en la Macro Región Norte consideran el PEB como un punto fundamental en todo proyecto de construcción que aplica BIM.

#### **5.3.4. Relación entre conjuntos de competencia**

“Recursos” es el área con menor nivel de madurez en el conjunto de Procesos, mientras que “Software” y “Contractual” son las más favorables de Tecnología y Políticas respectivamente. Por una parte, al comparar Procesos y Tecnología, específicamente las áreas de “Software” y “Recursos”, se concluye que actividades como documentar información o

compartir conocimiento con el equipo son menos prioritarias que la selección de softwares y la extracción de información del modelo BIM. Por otra parte, en relación con Políticas, la redacción de contratos y el desarrollo de un PEB son actividades más trascendentes a nivel macro para la ejecución de un proyecto. En resumen, en términos de estrategia, las competencias dentro de infraestructura de conocimiento (Recursos) supone que el equipo reconozca la importancia de compartir la información BIM y dedique tiempo en lograr una documentación eficiente.

A pesar de lo anterior, la mayoría de las áreas de los conjuntos de Tecnología y Políticas presentan un nivel de madurez medio bajo (ver Figura 16), por lo que se puede interpretar que estos no son las mayores fortalezas de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú. Respecto a Tecnología, este resultado significa que utilizan el modelo 3D de forma referencial, el intercambio de información no está regularizado y no se percibe la necesidad en invertir equipos de alta gama o sistemas de seguridad estrictos. Por el lado de Políticas, lo encontrado sugiere que las constructoras no concentran esfuerzos en desarrollar programas de capacitación o establecer mejores procesos en cuanto a estándares, directivas o regulaciones.

En esa misma línea, las organizaciones analizadas evidencian que el mayor nivel de madurez se da en el conjunto “Procesos”; es decir, en torno a la estrategia y colaboración (definición clara de roles BIM, nivel de detalle, comunicación con el cliente, etc.). También, estas perciben que se han establecido buenas estrategias comunicativas y de liderazgo, así como un esfuerzo en consensuar una visión BIM entre sus líderes. En efecto, Procesos es el punto de partida para mejorar el desempeño general, pues sus componentes son las personas y la estrategia organizacional.

En conclusión, “Tecnología” y “Políticas”, en promedio, son conjuntos de competencias que comparten el mismo nivel de madurez (medio bajo); mientras que

“Procesos” está un nivel más alto (medio). Este hallazgo implica la existencia de una fuerza laboral comprometida y estrategias sólidas que permiten acelerar la implementación BIM.

## **5.4. Etapas de Capacidad**

### **5.4.1. Modelado**

La mediana del nivel de madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú es medio bajo en cuanto a la primera etapa de capacidad BIM: Modelado basado en objetos. Este resultado significa que las organizaciones optan por un proceso de modelado tradicional, por lo que no perciben el beneficio de automatizar tareas BIM. Es probable que se vea como una opción más costosa. Se interpreta que, por la naturaleza de la organización y de los servicios que ofrece, el modelo BIM se utiliza primordialmente como herramienta de venta para que el cliente visualice el proyecto previo y durante la construcción. En ese sentido, ir más allá de la extracción de información a partir del modelo no es de interés de las constructoras.

### **5.4.2. Colaboración**

La mediana del nivel de madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú es medio en cuanto a la segunda etapa de capacidad BIM: Colaboración basada en modelos. Este resultado revela que la colaboración de al menos el 50% de las constructoras evaluadas se da en tiempo real con el objetivo de revisar incidencias entre múltiples disciplinas, reducir errores y evitar retrabajos en la fase de construcción del proyecto. Esta necesidad de coordinación se deriva de la naturaleza interdisciplinaria de las operaciones de las constructoras, las cuales involucran a arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratistas y otros profesionales. En consecuencia, la colaboración es esencial para garantizar que todos los aspectos del proyecto se ejecuten de manera efectiva. Sin embargo, la presencia de una proporción similar entre los niveles de madurez más bajos (ver Figura 42)

indica que existe una parte significativa de constructoras que están en etapas más tempranas en colaboración BIM. Por lo tanto, existe una diversidad en el desempeño de esta área de madurez.

### **5.4.3. Integración**

La mediana del nivel de madurez BIM de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú es medio bajo en cuanto a la tercera etapa de capacidad BIM: Integración basada en la red. Este resultado sugiere que las organizaciones asignan un nivel de importancia limitado a la creación de un modelo federado. Lo anterior puede atribuirse a que la muestra percibe esta etapa como la más compleja debido a que se presentan desafíos al fusionar datos y modelos provenientes de diversas disciplinas y sistemas. Además, se debe garantizar en todo momento la consistencia y calidad de los datos. Por lo que se requiere una coordinación efectiva entre equipos multidisciplinarios, así como una gestión cuidadosa de la interoperabilidad de los *softwares*.

### **5.4.4. Relación entre etapas de Capacidad**

Se observó que las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú son capaces de mejorar su desempeño en la Etapa de Capacidad BIM 2; es decir, la adopción de estándares y protocolos de colaboración, en lugar de desarrollar prácticas óptimas en las Etapas de Capacidad BIM 1 y 3. En específico, no se logra la automatización tanto del proceso de modelado como de la integración de modelos en un entorno BIM. Por un lado, esta falta de capacidad puede justificarse por el hecho de que las constructoras no se centran en el detalle de los modelos 3D como parte de su entregable. Por otro lado, la pregunta relacionada con "Integración" es la que obtiene menos respuestas en cuanto a los niveles de madurez, con una participación del 88%, lo que afecta la madurez del área en cuestión. No obstante, se halló una menor cantidad de constructoras que han dado el segundo salto de capacidad (desde colaboración a integración) que el primero (desde modelado a colaboración).

#### **5.4.5. Relación entre las etapas de capacidad y los conjuntos de competencia**

En esta sección, se contrastan las variables más relevantes de los conjuntos de competencia con las diferentes etapas de capacidad BIM.

La variable “Software” presenta un mayor nivel de madurez que la etapa BIM 1. Esto se debe porque la variable “software” se relaciona también con las etapas de colaboración e integración, según las áreas de difusión propuestas por Succar. En ese sentido, el resultado es coherente, ya que los aspectos más favorables en “Software” fueron la selección de software y uso del modelo BIM, los cuales se relacionan también con la etapa de colaboración, mientras que el aspecto con menor madurez se relaciona únicamente con modelado. Además, según los resultados analizados, la razón principal por la cual la Etapa BIM 1 no escala hacia un nivel de madurez medio es la falta de automatización del proceso de modelado. En resumen, si bien el modelo 3D se usa para extraer información, este se modela convencionalmente.

En esta misma línea, “Recursos” hace referencia a la transmisión del conocimiento BIM dentro del equipo, lo cual está relacionado directamente con la etapa de “Colaboración”, pero presenta un menor nivel de madurez BIM. Esto puede deberse a que el enunciado de esta Etapa de Capacidad BIM se enfoca en optimizar el proceso de modelado para minimizar retrabajos, más que en la compartición y gestión del conocimiento. Esto significa que, aunque existen procedimientos establecidos para la colaboración, no se percibe el conocimiento como un activo lo suficientemente valioso.

#### **5.5. Escala Organizacional**

En relación con la escala organizacional, se obtuvo que la mayoría de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú se encuentran en un nivel de madurez medio. Esto significa que el foco principal de estas organizaciones es mejorar su eficiencia y productividad a partir de la optimización constante de las etapas de capacidad BIM (modelado,

colaboración e integración) y los conjuntos de competencias (tecnologías, procesos y políticas). No obstante, aún no se ha alcanzado un desarrollo organizacional suficiente para integrar BIM en sus procesos de negocio. Este hecho puede deberse a una comprensión insuficiente sobre cómo BIM puede ser aprovechado para obtener una ventaja competitiva en el mercado. Cabe resaltar que, cada respuesta del enunciado en cuestión dista mucho del otro en términos de estrategia en torno a BIM. Además, ninguna organización marcó nivel 5, lo que evidencia que las constructoras evaluadas plantean su estrategia a nivel individual y, como máximo, reconocen las oportunidades de BIM en los procesos de negocio existentes.

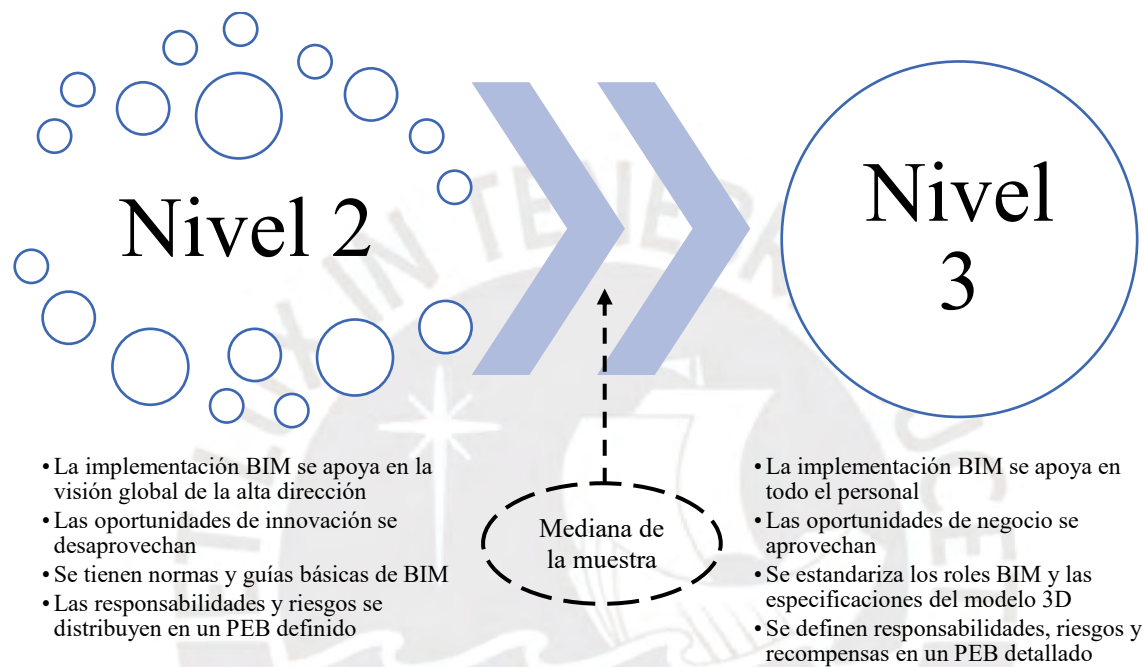
### **5.6. Puntaje de madurez BIM**

El puntaje de madurez obtenido por las organizaciones que operan en la Macro Región Norte del Perú evidencia que se encuentran a la mitad del camino para lograr el establecimiento de estándares en la gestión de proyectos de construcción. Además, el departamento de la Macro Región Norte con mayor representatividad en cuanto a madurez BIM organizacional es Piura. En específico, la mayoría de las constructoras que pertenecen a un puntaje de madurez BIM entre 30 y 40 han realizado proyectos de gran envergadura en dicho departamento. Tras el análisis con el diagrama de caja y bigote, se puede interpretar que el desempeño de las empresas evaluadas en cuanto a BIM es muy etéreo y se evidencia una alta variabilidad en cuanto a la madurez de las constructoras de la muestra. Además, a partir de la mediana del puntaje de madurez, se puede interpretar que el desempeño de la muestra está entre un nivel de madurez medio bajo y medio en cuanto a los conjuntos de competencias, etapas de capacidad BIM y escala organizacional.

Según la MMB propuesta por Bilal Succar, un nivel de madurez BIM organizacional definido (Nivel 2) se resume en que la implementación BIM se apoya en la visión global de la alta dirección; mientras que, un nivel de madurez gestionado (Nivel 3) significa que la visión



y estrategia de la implementación BIM se transmiten y se ejecutan con planes de acción y sistemas de seguimiento. Por lo tanto, la madurez BIM organizacional de la Macro Región Norte se encuentra en un punto medio entre estos niveles. A continuación, se presenta la siguiente figura que resume los aspectos discutidos en este capítulo de los niveles de madurez BIM 2 y 3. Además, se muestra el punto donde se encuentra al menos el 50% de la muestra.



*Figura 51.* Descripción del nivel de madurez BIM obtenido  
*Elaboración propia.*

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

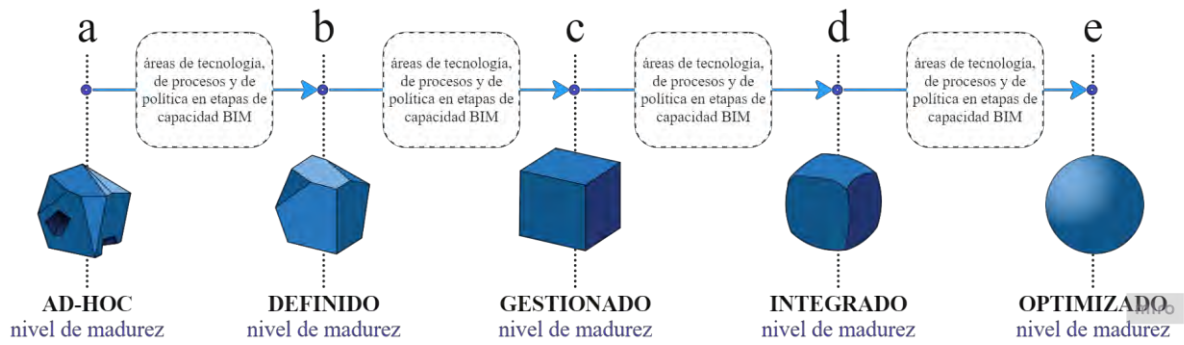
### 6.1. Conclusiones

El instrumento de recolección de datos diseñado en esta tesis proporcionó una base sólida para analizar la madurez BIM organizacional mediante el marco de trabajo de Succar. Además, facilitó la identificación de limitaciones y oportunidades para mejorar la madurez BIM organizacional en cada constructora.

La construcción de la Matriz de Madurez BIM permitió identificar claramente las áreas donde el nivel de madurez BIM es superior. Los hallazgos revelan una percepción parcialmente positiva de la madurez BIM en las organizaciones analizadas, con una actitud favorable en el área de Procesos y la etapa de Colaboración (Nivel de Madurez 3: gestionado). Sin embargo, se identificaron limitaciones en cuanto a Tecnología y la etapa de Modelado (Nivel de Madurez 2: definido), así como en Políticas y la etapa de Integración. Adicionalmente, en términos de escala organizacional se obtuvo un resultado favorable (Nivel de Madurez 3: Gestionado).

Entre las organizaciones que no han adoptado BIM (26% de la muestra), los encuestados reportan que la falta de demanda de proyectos en el mercado y la escasa evidencia de beneficios son las principales razones para no adoptar BIM. No obstante, ninguna constructora señaló la resistencia al cambio como un factor determinante, lo cual contradice a la literatura. Por otro lado, los encuestados prefieren iniciar la adopción BIM en un futuro a través de la capacitación del personal y el reclutamiento de expertos.

Entre las organizaciones que han adoptado BIM (74% de la muestra), el puntaje de madurez BIM obtenido en 2023 de las constructoras que operan en la Macro Región Norte del Perú es 25 al 95% de confianza. En consecuencia, la madurez BIM organizacional de la región estudiada se encuentra entre el índice de madurez “b – definido” y “c – gestionado”, según la teoría del Índice de Madurez BIM (BIMMI).



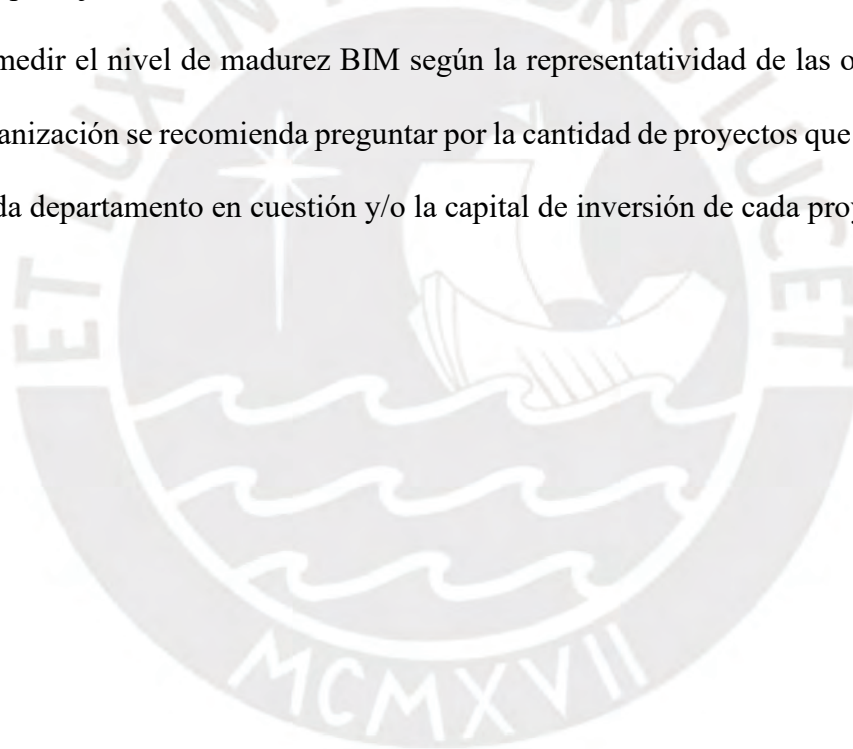
*Figura 52.* Niveles de madurez BIM

Tomado de “*BIM Maturity Index*” por BIM Framework Blog, 2019.

Se observó una notable variabilidad en los puntajes de madurez BIM entre las organizaciones analizadas, pues mostraron tanto resultados muy bajos como muy altos. Esto subraya la diversidad en la implementación y desarrollo de BIM entre las constructoras que operan en la región. En resumen, las constructoras evaluadas se encuentran en un punto intermedio para lograr un índice de madurez gestionado (nivel medio). A pesar de que estas evidencian un consenso sobre la visión BIM entre sus líderes y clarifican los aspectos de cada proyecto en un PEB estructurado, aún enfrentan desafíos significativos en la gestión de estándares BIM y la creación de programas de capacitación BIM para sus colaboradores. En consecuencia, las empresas interesadas en avanzar en la implementación BIM continúan enfrentando retos para lograr un uso eficiente y controlado de esta metodología.

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar el instrumento de recolección de datos a otros tipos de organizaciones y/o regiones de estudio, además de realizar un análisis comparativo entre ellos.
- Si se opta por un análisis de madurez BIM con un nivel de granularidad 2 o superior según el marco de trabajo de Succar, se sugiere llevar a cabo casos de estudio mediante entrevistas. Por practicidad, se recomienda una muestra de entre 3 a 5 organizaciones.
- Se sugiere incluir el tipo de proyecto como variable de control para evaluar su relación con el puntaje de madurez BIM.
- Para medir el nivel de madurez BIM según la representatividad de las operaciones de la organización se recomienda preguntar por la cantidad de proyectos que se desarrollan en cada departamento en cuestión y/o la capital de inversión de cada proyecto.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (24 de junio de 2016). *Imagining construction's digital future*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Al Hammoud, E. (2021). Comparing BIM Adoption around the world, Syria's current status and future. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 4(2), 64-78. <https://doi.org/10.54216/IJBES.040204>
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Joseph, C. H. (2020). From BIM to extended reality in AEC industry. *Automation in Construction*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103254>
- Almeida, A. (11 de abril de 2019). *BIM en el Perú*. RPP: <https://cutt.ly/IfwUjEQ>
- ARCC. (2021, mayo 5). *ARCC suscribió acuerdos con entidades gubernamentales del Reino Unido para transferencia de conocimientos*. Reconstrucción con Cambios: <https://www.rcc.gob.pe/2020/arcc-suscribe-acuerdos-con-entidades-gubernamentales-del-reino-unido-para-transferencia-de-conocimientos/>
- Arup. (2023, julio 20). UKDT BIM Technology in Peru Reconstruction. <https://www.youtube.com/watch?v=nphxfsx37AQ>
- Banco Central de Reserva del Perú. (10 de noviembre de 2022). *Cuadro 91: Flujos macroeconómicos (Porcentaje del PBI)*. Nota semanal N°39-2022: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2022/ns-39-2022.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022). *Reporte de inflación, marzo 2022* Obtenido de *Nota semanal N°39-2022*. <https://bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2022/marzo/reporte-de-inflacion-marzo-2022.pdf>

*BIM Maturity Index*. (30 de Diciembre de 2013). The BIM Framework Blog:

<https://www.bimframework.info/2013/12/bim-maturity-index.html>

CAPECO. (2022). *Informe Económico de la Construcción Regional: Construcción piurana tuvo un excelente 2021, experimenta un incierto 2022 y vivirá un futuro desafiante*.

<http://www.construccionindustria.com/iec/descarga/IEC-EE-PIURA.pdf>

Change Agents AEC. (2016, julio 7). *Matriz de Madurez BIM*. BIM Excellence:

<https://bimexcellence.org/resources/300series/301in/>

CIC. (2012). *BIM Planning Guide for Facility Owners Pennsylvania State University: University Park, PA*. <http://bim.psu.edu>

Decreto Legislativo N°1444. (2018, septiembre 16). *Decreto Legislativo que modifica la Ley N°30225, Ley de contrataciones del estado*. Diario Oficial El Peruano:

<https://www.mef.gob.pe/es/por-instrumento/decreto-legislativo/18212-decreto-legislativo-n-1444/file>

dos Santos, W. (2016). *Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura*. [Disertación]. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

[http://cassiopea.ipt.br/teses/2016\\_HAB\\_William\\_Santos.pdf](http://cassiopea.ipt.br/teses/2016_HAB_William_Santos.pdf)

Foro Económico Mundial. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*.

[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)

Giel, B., & Issa, R. (2013). *Quality and Maturity of BIM Implementation in the AECO Industry*. *Applied Mechanics and Materials*, 438-439, 1621-1627.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.438-439.1621>

Giel, B., & Raja, I. (2013). Synthesis of Existing BIM Maturity Toolsets to Evaluate Building Owners. *Computing in Civil Engineering (2013)*.

<https://doi.org/10.1061/9780784413029.057>

Gruia, L.-A., Bibu, N., Nastase, M., Roja, A., & Cristache, N. (2020). Approaches to Digitalization within Organizations. *Management Comparat International*, 21(3),

287-297. <https://doi.org/10.24818/RMCI.2020.3.287>

Her Majesty's Government. (28 de noviembre de 2012). *Building Information Modeling, Industrial strategy: government and industry in partnership*.

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a79b2eae5274a18ba50e280/12-1327-building-information-modelling.pdf>

Hesterberg, T. (2011). Bootstrap. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 3(6), 497-526. <https://doi.org/10.1002/wics.182>

Honores, M. (12 de julio de 2022). I Congreso Internacional de Ingeniería y Construcción: El País que Queremos [Archivo de Video]. YouTube:

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_iM7bURrIAk](https://www.youtube.com/watch?v=_iM7bURrIAk)

Hutchinson, A., & Finnemore, M. (2009). Standardized process improvement for construction enterprises. *Total Quality Management*, 10(4-5), 576-583.

<https://doi.org/10.1080/0954412997550>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Producción Nacional Agosto 2022*.

<https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/10-informe-tecnico-produccion-nacional-ago-2022.pdf>

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). *Producto Bruto Interno Por Departamentos*. <https://m.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>
- Kassem, M., Li, J., Malleson, A., Gibbs, D., Kelly, G., & Watson, R. (2020). *BIM Report on Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement*. Universidad de Cambridge. [https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/bim\\_evaluating\\_tools\\_for\\_maturity\\_and\\_benefits\\_measurement\\_report.pdf](https://www.cdbb.cam.ac.uk/files/bim_evaluating_tools_for_maturity_and_benefits_measurement_report.pdf)
- Kori, S. A., & Kiviniemi, A. (2015). *Toward Adoption of BIM in the Nigerian AEC Industry; Context Framing, Data Collecting and Paradigm for Interpretation*. University of Liverpool. <https://livrepository.liverpool.ac.uk/id/eprint/2007727>
- Liu, F., Jallow, A. K., Anumba, C., & Wu, D. (2013). *Building Knowledge Modeling: Integrating Knowledge in BIM*. Beijing: CIB W78 2013: 30th International Conference. <http://faculty.ist.psu.edu/wu/papers/BIM-CIB-W78.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021a). *Plan de Implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú*. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/anexos/anexo\\_RD0002\\_2021EF6301.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD0002_2021EF6301.pdf)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021b). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*. [https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia\\_nacional\\_BIM.pdf](https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf)
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2019). *Plan Nacional de Competitividad*. [https://www.mef.gob.pe/concdecompetitividad/Plan\\_Nacional\\_de\\_Competitividad\\_y\\_Productividad\\_PNCP.pdf](https://www.mef.gob.pe/concdecompetitividad/Plan_Nacional_de_Competitividad_y_Productividad_PNCP.pdf)



- Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú. (2022). *Peru Guide to Investing in Infrastructure Projects in Peru 2022/2023*.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3768142/EY\\_Peru\\_Guide\\_to\\_Investing\\_in\\_Infrastructure\\_Projects\\_in\\_Peru\\_2022-2023\\_2.pdf.pdf?v=1666377337](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3768142/EY_Peru_Guide_to_Investing_in_Infrastructure_Projects_in_Peru_2022-2023_2.pdf.pdf?v=1666377337)
- Mohd Noor, S. N., Junaidi, S. R., & Ramly, M. K. (2018). Adoption of Building Information Modelling (BIM): Factors Contribution and Benefits. *Journal of Information System and Technology Management*, 3(10), 47-63. <http://www.jistm.com/PDF/JISTM-2018-10-12-08.pdf>
- Mooney, C. Z., & Duval, R. D. (1993). *Bootstrapping: A Nonparametric Approach to Statistical Inference*. Sage Publications.
- Murguía, D., Vasquez, C., Balboa, M., & Lara, W. (2021). *Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao*. Lima: Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.  
<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/176216>
- Murguía, D., Vasquez, C., Culqui, D., Ley, J., Supanta, O., & Yañez, S. (2023). *Tercer Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima*. Lima: Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- National Bureau of Statistics. (2021). *Digital Construction Report 2021*.  
[https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2021/\\_download/NBS\\_digital\\_construction\\_report.pdf](https://www.thenbs.com/digital-construction-report-2021/_download/NBS_digital_construction_report.pdf)
- NBIMS. (2007). *National Building Information Modelling Standard*. National Institute of Building Sciences.  
[https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1\\_p1.pdf](https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf)

- Nepal, M., Jupp, J., & Aibinu, A. (2014). Evaluations of BIM: Frameworks and Perspectives. *2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (pp. 769-776). Florida: American Society of Civil Engineers. <https://itc.scix.net/pdfs/w78-2014-paper-096.pdf>
- Poirier, E., Staub-French, S., & Forgues, D. (2015). Assessing the performance of the building information modeling (BIM) implementation process within a small specialty contracting enterprise. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 42(10), 766-778. <https://doi.org/10.1139/cjce-2014-0484>
- Portocarrero, A. (2017). Análisis de las principales debilidades en la gestión de proyectos de obras públicas, durante los últimos 4 años en el Municipio de Medellín. 2013 – 2016. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60277>
- Red BIM de Gobiernos latinoamericanos. (2019). *Historia*. <https://redbimgoblatam.com/nosotros/>
- Resolución Ministerial N°242-2019-VIVIENDA. (2019, julio 17). *Lineamientos Generales para el uso de BIM en Proyectos de Construcción*. <https://www.gob.pe/es/l/285315>
- Rich, P. (1992). The Organizational Taxonomy: Definition and Design. *Academy of Management Review*, 17(4), 758-781. <https://doi.org/10.5465/amr.1992.4279068>
- Silvério, A. R. (2018). Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo. [Trabajo de Conclusión de Curso]. São Paulo: EPUSP. <https://bdta.abcd.usp.br/item/002922797>
- Soto, C., & Manríquez, S. (2023). *Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2022>

- Succar, B. (2010a). Building Information Modelling Maturity Matrix. *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, 65-103. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-928-1.ch004>
- Succar, B. (2010b). The Five Components of BIM Performance Measurement. *CIB World Congress*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3357.1521>
- Succar, B. (2016). BIM Performance Assessment. [Presentación en diapositivas]. *Canadian University of Dubai*. Dubái: Emirates BIM User Group.  
[https://changeagents.blogs.com/Public\\_Sharing/BIM-Performance-Assessment-Feb15.pdf](https://changeagents.blogs.com/Public_Sharing/BIM-Performance-Assessment-Feb15.pdf)
- Succar, B. (2019a). *Adopción BIM. (BIMe Initiative)*. BIM Dictionary:  
<https://bimdictionary.com/es/bim-adoption/1>
- Succar, B. (2019b). *Capacidad BIM. (BIMe Initiative)*. BIM Dictionary:  
<https://bimdictionary.com/en/bim-capability/1>
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Succar, B., & Kassem, M. (2016). Building Information Modelling: Point of Adoption. *CIB World Congress 2016*. Tampere.  
[https://www.researchgate.net/publication/301815129\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_Point\\_of\\_Adoption](https://www.researchgate.net/publication/301815129_Building_Information_Modelling_Point_of_Adoption)
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8(2), 120-142.  
<https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>

Succar, B., Sher, W., Aranda-Mena, G., & Williams, A. (2007). A Proposed Framework To Investigate Building Information Modelling Through Knowledge Elicitation And Visual Models. *Australasian Universities Building Education Association (AUBEA)*. Melbourne.

[https://www.researchgate.net/publication/240918359\\_A\\_Proposed\\_Framework\\_To\\_Investigate\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_Through\\_Knowledge\\_Elicitation\\_And\\_Visual\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/240918359_A_Proposed_Framework_To_Investigate_Building_Information_Modelling_Through_Knowledge_Elicitation_And_Visual_Models)

UK Government Construction Client Group. (2011). *Building Information Modelling (BIM) Working Party*.

<https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/BISBIMstrategyReport.pdf>

Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An Overview of BIM Adoption in the Construction Industry: Benefits and Barriers. *Emerald Reach Proceedings Series, 2*, 297-303.

<https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052>

Wu, C., Xu, B., Mao, C., & Li, X. (2017). Overview of BIM maturity measurement tools.

*Journal of Information Technology in Construction, 22*, 34-62.

<http://www.itcon.org/2017/3>

## ANEXOS

### Anexo 1: Plantilla de matriz de madurez BIM

		Áreas de Madurez a <i>Granularidad nivel 1</i>	a <b>INICIAL</b> <i>(0 puntos)</i>	b <b>DEFINIDO</b> <i>(max 10 puntos)</i>	c <b>GESTIONADO</b> <i>(max 20 puntos)</i>	d <b>INTEGRADO</b> <i>(max 30 puntos)</i>	e <b>OPTIMIZADO</b> <i>(max 40 puntos)</i>
<b>SERIES DE CAPACIDADES BIM</b>	<b>TECNOLOGÍA</b> basada en una Serie de Capacidades v5	<b>Software:</b> aplicaciones, entregables y datos	Uso de aplicaciones de software no monitorizado ni regulado. Los Modelos 3D se usan como base para generar principalmente representaciones 2D / entregables precisos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos no se definen dentro de las organizaciones o equipos de proyectos. Los intercambios sufren de una falta grave de interoperabilidad.	El uso / introducción de Software se unifica dentro de una organización o equipos de proyecto (múltiples organizaciones). Los Modelos 3D se utilizan como base para generar tanto entregables 2D como 3D. El uso, almacenamiento e intercambio de datos están bien definidos dentro de las organizaciones y equipos de proyecto. Los intercambios de datos interoperables están definidos y priorizados.	La selección de software y su uso se controla y gestiona de acuerdo con los entregables definidos. Los modelos son la base para las vistas 3D, representaciones 2D, cuantificación, especificación y estudios analíticos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos son monitoreados y controlados. El flujo de datos está documentado y bien gestionado. Los intercambios de datos interoperables son obligatorios y se controlan con rigor	La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos, no sólo necesidades operacionales. Los entregables del modelado están bien sincronizados a través de proyectos y estrechamente integrados con los procesos de negocio. El uso, almacenamiento e intercambio de datos interoperables están regulados y se llevan a cabo como parte de una estrategia global de la organización o equipo de proyecto.	La selección / uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y se alinea con los objetivos estratégicos. Los entregables del modelado se revisan / optimizan ciclicamente para beneficiarse de las nuevas funcionalidades y extensiones disponibles de software. Todos los asuntos relacionados con el almacenamiento, uso e intercambio de datos interoperables están documentados, controlados, reflexionados y mejorados de forma proactiva.
		<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	
		<b>Hardware:</b> equipos, entregables y localización/movilidad	Los equipos BIM son inadecuados; las especificaciones son demasiado bajas o inconsistentes en toda la organización. La sustitución o mejora de equipos se considera un coste y sólo se realiza cuando es inevitable.	Las especificaciones de los equipos - adecuados para la realización de productos y servicios BIM - se definen, presupuestan y estandarizan en toda la organización. Las sustituciones y actualizaciones de hardware son partidas de coste bien definidas.	Se dispone de una estrategia para documentar, gestionar y mantener los equipos BIM con transparencia. La inversión en hardware está bien orientada para mejorar la movilidad del personal (en caso necesario) y ampliar la productividad BIM.	Los despliegues de equipos se tratan como facilitadores BIM. La inversión en equipos se integra perfectamente con los planes financieros, estrategias de negocio y los objetivos de desempeño.	Los equipos existentes y las soluciones innovadoras se prueban, actualizan y despliegan continuamente. El hardware BIM se convierte en parte de la ventaja competitiva de la organización o del equipo de proyecto.
<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>		
<b>Red:</b> soluciones, entregables y control de seguridad/ acceso	Las soluciones de red no existen o son ad-hoc. Profesionales, organizaciones (en un lugar/disperso) y equipos de proyecto usan cualquier herramienta para comunicarse o compartir datos. Las partes interesadas carecen de la infraestructura de red necesaria para recopilar, almacenar y compartir conocimientos.	Se identifican soluciones de red para compartir información y controlar su acceso en y entre organizaciones. A nivel de proyecto, los agentes identifican sus requerimientos para compartir datos/información. Las organizaciones y equipos de proyecto dispersos están conectados a través de conexiones de ancho de banda relativamente bajo.	Las soluciones de red para recopilar, almacenar y compartir el conocimiento en y entre organizaciones se gestionan bien a través de plataformas comunes (por ejemplo: intranets o extranets). Se despliegan herramientas de gestión de contenidos y activos para regular los datos estructurados y no estructurados compartidos a través de conexiones de banda ancha.	Las soluciones de red permiten la integración de múltiples facetas del proceso BIM a través del intercambio en tiempo real continuo de datos, información y conocimientos. Las soluciones incluyen redes / portales específicos del proyecto que permiten el intercambio de datos intensivos (intercambio) interoperable entre las partes interesadas.	Las soluciones de red se evalúan continuamente y se sustituyen por las últimas innovaciones probadas. Las redes facilitan la adquisición, almacenar y compartir conocimientos entre todas las partes interesadas. La optimización del proyecto que permiten el intercambio de datos intensivos (intercambio) interoperable entre las partes interesadas. Los procesos y los canales de comunicación es implacable.		
<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>	<i>puntuación</i>		

PROCESO basado en una Serie de Capacidades v5

Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
<b>Recursos:</b> infraestructura física y de conocimiento	El entorno de trabajo, o bien no se reconoce como un factor de la satisfacción del personal o puede no ser propicio para la productividad. El conocimiento no es reconocido como un activo; el conocimiento BIM suele compartirse de manera informal entre el personal (a través de consejos, técnicas y lecciones aprendidas).	El entorno de trabajo y las herramientas en el lugar de trabajo se identifican como factores que influyen en la motivación y la productividad. Del mismo modo, el conocimiento es reconocido como un activo; el conocimiento compartido es recopilado, documentado y después transferido de tácito a explícito.	El entorno de trabajo es controlado, modificado y sus criterios gestionados para aumentar la motivación del personal, la satisfacción y la productividad. Además, el conocimiento documentado se almacena adecuadamente.	Los factores ambientales se integran en las estrategias de desempeño. El conocimiento se integra en los sistemas de organización; el conocimiento almacenado se hace accesible y fácilmente recuperable.	Los factores físicos del lugar de trabajo se revisan constantemente para asegurar la satisfacción del personal y un entorno propicio para la productividad. Del mismo modo, las estructuras de conocimiento responsables de la adquisición, representación y difusión se revisan y modifican sistemáticamente.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
<b>Actividades &amp; Flujos de trabajo:</b> conocimiento, habilidades, experiencia, roles y dinámicas relevantes	No hay procesos definidos; los roles son ambiguos y estructuras de equipo / dinámicas son inconsistentes. El rendimiento es impredecible y la productividad depende de heroicidades individuales. Florece una mentalidad de "trabajo en torno al sistema".	Los roles BIM se definen informalmente y los equipos se forman en consecuencia. Cada proyecto BIM se planifica de forma independiente. Se identifican las competencias BIM y se objetivan; el heroísmo BIM se desvanece a medida que aumenta la competencia, pero la productividad sigue siendo impredecible	La cooperación en las organizaciones aumenta a medida que se ponen a disposición las herramientas para la comunicación entre proyectos. Flujo de información constante; los roles BIM son visibles y los objetivos se consiguen de forma más consistente.	Los roles BIM y los objetivos de competencia se arraigan en la organización. Los equipos tradicionales son sustituidos por otros orientados a BIM a medida que los nuevos procesos se convierten en parte de la cultura de la organización / del equipo del proyecto. La productividad es ahora consistente y predecible.	Los objetivos de competencia BIM mejoran de manera continua para que coincidan con los avances tecnológicos y se alineen con los objetivos organizacionales. Las prácticas de recursos humanos se revisan de forma proactiva para asegurar que el capital intelectual coincida con las necesidades del proceso
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
<b>Productos &amp; Servicios:</b> Especificación, diferenciación e I+D	Los entregables de modelos 3D (un producto BIM) sufren de niveles de detalle demasiado altos, demasiado bajos o inconsistentes.	Se dispone una "declaración que defina la estructuración de los objetos del modelo 3D".	Adopción de especificaciones de productos / servicios similares a Especificaciones de Progreso del Modelo, "niveles de información" BIPS o similares.	Los productos y servicios se especifican y diferencian en función de las Especificaciones de Progreso del Modelo o similar.	Los productos y servicios BIM son evaluados constantemente; los bucles de retroalimentación promueven la mejora continua.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
<b>Liderazgo &amp; Gestión:</b> Cualidades de organización, estratégicas, de gestión y comunicativas; innovación y renovación	Los líderes / gerentes tienen varias visiones sobre BIM. La implementación de BIM (según los requisitos BIM de la etapa) se lleva a cabo sin una estrategia. En este nivel de madurez, BIM se trata como una corriente tecnológica; la innovación no se reconoce como un valor independiente y no se reconocen las oportunidades de negocios que surgen de BIM.	Los líderes / gerentes adoptan una visión común sobre BIM. La estrategia de implementación de BIM carece de datos procesables. BIM se trata como un proceso de cambio, una corriente tecnológica. Se reconocen las innovaciones de producto y proceso; Se identifican las oportunidades de negocio derivadas de BIM, pero no se explotan.	Se comunica la visión de implementar BIM y es entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación BIM va de la mano con planes de acción detallados y un régimen de vigilancia. BIM es reconocido como una serie de tecnología, procesos y cambios en las políticas que deben ser gestionados sin poner trabas a la innovación. Se reconocen las oportunidades de negocio derivadas de BIM y se utilizan en las acciones de marketing.	La visión es compartida por el personal de toda la organización y / o los socios del proyecto. La implementación de BIM, sus requisitos y la innovación de procesos / productos están integrados en los canales organizativos, estratégicos, de gestión y de comunicación. Las oportunidades de negocio derivadas de BIM son parte de la ventaja competitiva del equipo, organización o del equipo de proyectos y se utilizan para atraer y mantener a los clientes.	Las partes interesadas han internalizado la visión BIM y se logra activamente. La estrategia de implementación de BIM y sus efectos en los modelos de organización se revisa de forma continua y alineada con otras estrategias. Si son necesarias modificaciones, se implementan de forma proactiva. El producto innovador / las soluciones de procesos y las oportunidades de negocio son codiciados y se persiguen de forma implacable.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación

	Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
POLITICA basada en una Serie de Capacidades v5	<b>Preparatorio:</b> investigación, programas de educación /formación y entregables	Muy poca o ninguna formación a disposición del personal BIM. Los medios educativos / formativos no son adecuadas para alcanzar los resultados buscados.	Se definen los requisitos de formación y por lo general se proporcionan sólo cuando es necesario. Los medios de formación son diversos, permitiendo flexibilidad en la distribución de contenidos.	Los requisitos de formación se gestionan para cumplir con las competencias pre-establecidas y los objetivos de desempeño. Los medios de formación se adaptan a los alumnos y para alcanzar los objetivos de aprendizaje de una manera rentable.	La formación se integra en las estrategias de organización y objetivos de desempeño. La formación se basa típicamente en las funciones del personal y los objetivos de competencia respectivos. Los medios de formación se incorporan en los canales de conocimiento y comunicación.	La formación se evalúa y mejora de forma continua. La disponibilidad de formación y los métodos de entrega se diseñan para permitir el aprendizaje continuo multimodal.
		puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
	<b>Regulador:</b> códigos, regulaciones, estándares, clasificaciones, directivas y referencias	No hay directrices BIM, protocolos de documentación o estándares de modelado. No hay estándares de documentación y modelado. Los planes de control de calidad son informales o no existen; tampoco para los modelos 3D o la documentación. No hay referencias para procesos, productos o servicios.	Existen unas directrices BIM disponibles (ex: manual de formación y estándares de ejecución BIM). Los estándares de Modelado y documentación están bien definidos, de acuerdo con los estándares aceptados del mercado. Se fijan los objetivos de calidad y las referencias de desempeño.	Hay unas directrices BIM detalladas disponibles (formación, estándares, flujos, excepciones...). El modelado, la representación, la cuantificación, las especificaciones y las propiedades analíticas de los modelos 3D se gestionan mediante estándares de modelado detallado y planes de calidad. Se monitoriza y controla estrechamente el desempeño frente a referencias del mercado.	Las directrices BIM están integradas en las políticas globales y las estrategias de negocio. Los estándares BIM y las referencias de desempeño se incorporan en los sistemas de gestión de calidad y de mejora de ejecución.	Las directrices BIM se redefinen continua y proactivamente para reflejar las lecciones aprendidas y las mejores prácticas de la industria. Se alinean continuamente la mejora de calidad y el cumplimiento de normativa y regulaciones. Las referencias se revisan de forma reiterada para asegurar la mayor calidad en procesos, productos y servicios.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	
	<b>Contractual:</b> responsabilidades, asignación de y riesgos beneficios	La dependencia de los acuerdos contractuales pre-BIM. No se reconocen los riesgos relacionados con la colaboración basada en el modelo o se ignoran.	Se reconocen los requisitos BIM. "La declaración que define la responsabilidad de cada una de las partes interesadas en relación con la gestión de la información" ya está disponibles.	Existe un mecanismo para la gestión compartida de la propiedad intelectual BIM, la confidencialidad, la responsabilidad y un sistema para la resolución de conflictos BIM.	Las organizaciones están alineadas a través de la confianza y la dependencia mutua más allá de las barreras contractuales.	Las responsabilidades, riesgos y beneficios se analizan de forma continua y readaptan al esfuerzo. Se modifican los modelos contractuales para lograr mejores prácticas y mayor valor para todas las partes interesadas.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	
ETAPA 1	<b>Modelado basado en objetos:</b> uso en una sola disciplina en una fase del ciclo de vida	Implementación de una herramienta basada en objetos. No se identifican cambios de proceso o en las políticas para acompañar esta implementación.	Se han acabado los proyectos piloto. Se identifican los requisitos del proceso y de la política BIM. Se prepara la estrategia de implementación y los planes de detalle.	Se instigan, estandarizan y controlan los procesos y la política BIM.	Las tecnologías, procesos y política BIM están integradas en las estrategias de organización y alineadas con los objetivos de negocio.	Las tecnologías, procesos y política BIM se revisan continuamente para beneficiarse de la innovación y alcanzar los objetivos de desempeño más altos.
	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	

		Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (o puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
ESCALA ORG	ETAPA 2	Colaboración basada en el Modelo: multi-disciplinar, intercambio por la vía rápida de modelos	Colaboración Ad-hoc BIM; las capacidades internas de colaboración son incompatibles con los socios del proyecto. Puede faltar confianza y respeto entre los participantes en el proyecto.	Colaboración BIM uno a uno, bien definida todavía reactiva. Hay señales identificables de la confianza mutua y el respeto entre los participantes del proyecto.	Colaboración proactiva entre las múltiples partes; los protocolos están bien documentados y gestionados. Existe confianza mutua, respeto y riesgos y beneficios compartidos entre los participantes del proyecto.	Colaboración entre las múltiples partes que incluye a los actores aguas abajo. Se caracteriza por la participación de los actores clave durante las fases iniciales del ciclo de vida del proyecto.	Equipo integrado por múltiples partes que incluye a todos los actores clave en un entorno caracterizado por la buena voluntad, la confianza y el respeto.
			puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
	ETAPA 3	Integración basada en la red: intercambio concurrente interdisciplinario de modelos de nD a lo largo de las Fases del Ciclo de Vida del Proyecto	Los modelos integrados son generados por una serie limitada de participantes en el proyecto - posiblemente bajo barreras corporativas. La integración se produce con guías de procesos, normas o protocolos de intercambio poco o no pre-definidas. No hay una propuesta formal de las funciones y responsabilidades de los participantes.	Los modelos integrados son generados por un gran subconjunto de los participantes en el proyecto. La integración sigue guías de proceso, normas y protocolos de intercambio pre-definidas. Se distribuyen las responsabilidades y los riesgos se mitigan a través de medios contractuales.	Los modelos integrados (o partes de) son generados y gestionados por la mayoría de los participantes en el proyecto. Las responsabilidades dentro de alianzas temporales de proyecto o asociaciones a más largo plazo son claras. Los riesgos y beneficios se gestionan y distribuyen de forma activa.	Los modelos integrados son generados y gestionados por todos los participantes clave del proyecto. La integración basada en la red es la norma y el foco no está en la forma de integrar modelos / flujos de trabajo, sino en la detección y resolución proactiva de los desajustes de tecnología, procesos y políticas.	Se revisa y optimiza continuamente la integración de modelos y flujos de trabajo. Un equipo de proyecto interdisciplinario, estrechamente unido, persigue de forma activa nuevas eficiencias, entregables y alineaciones. Los modelos integrados son resultado de la aportación de muchos participantes en la cadena de suministro de la construcción.
			puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación
	MICRO	Organizaciones: dinámicas y entregables BIM	No existe un liderazgo BIM; la implementación depende de los campeones de la tecnología.	Se formaliza el liderazgo BIM; los diferentes roles en el proceso de implementación están definidos.	Los roles BIM Pre-definidos se complementan entre ellos en la gestión del proceso de implementación.	Los roles BIM están integrados en las estructuras de liderazgo de la organización.	El liderazgo BIM muta continuamente para permitir nuevas tecnologías, procesos y entregables
		puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	
MESO	Equipos de Proyecto: (múltiples organizaciones): dinámicas y entregables BIM inter-organizacional	Cada proyecto se ejecuta de forma independiente. No existe ningún acuerdo entre los agentes que intervienen para colaborar más allá del proyecto común actual	Los participantes piensan más allá de un solo proyecto. Se definen y documentan los protocolos de colaboración entre participantes del proyecto.	La colaboración entre múltiples organizaciones en varios proyectos se gestiona a través de alianzas temporales entre participantes.	Los proyectos de colaboración los realizan organizaciones interdisciplinarias o equipos de proyectos multidisciplinares; una alianza entre muchos actores clave.	Los proyectos de colaboración son realizados por equipos de proyectos interdisciplinares auto-optimizados, que incluyen a la mayoría de los participantes	
		puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	
MACRO	Mercados: dinámicas y entregables BIM (aplicar este asunto sólo si es asistido por un asesor formado)	Muy pocos componentes BIM generados por proveedores (productos y materiales virtuales que representan a los físicos). La mayoría de los componentes los preparan los desarrolladores de software y los usuarios finales.	Los componentes BIM generados por proveedores cada vez son más asequibles a medida que los fabricantes / proveedores identifican los beneficios del negocio.	Los componentes BIM están disponibles a través de repositorios centrales de muy fácil acceso / búsqueda. Los componentes no están conectados de forma interactiva a las bases de datos de los proveedores.	El acceso a los repositorios de componentes está integrado en el software BIM. Los componentes están vinculados a bases de datos fuente de forma interactiva (por precio, disponibilidad, etc ...).	La generación e intercambio de componentes BIM dinámica, por múltiples vías (productos y materiales virtuales) entre todos los interesados en el proyecto a través de repositorios centrales o en red.	
		puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	puntuación	



## Anexo 2: Cuestionario oficial

# MADUREZ BIM EN CONSTRUCTORAS QUE OPERAN EN EL NORTE DEL PERÚ

La presente encuesta forma parte del proyecto de investigación "Madurez BIM organizacional en constructoras que operan en el norte del Perú" del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

La madurez BIM organizacional es el grado de excelencia para realizar una tarea BIM (Ej: modelado 3D, análisis de interferencias entre disciplinas, intercambio de información entre los equipos de proyectos, etc.).

En ningún momento se solicitarán datos sensibles. La investigación seguirá las mejores prácticas de proyección de datos. Si hubiera alguna consulta en la forma en que se traten los datos, puede comunicarse a [sfrontado@pucp.edu.pe](mailto:sfrontado@pucp.edu.pe) y/o [a20180707@pucp.edu.pe](mailto:a20180707@pucp.edu.pe).

### **IMPORTANTE:**

- Es una **autoevaluación** de la organización.
- El encuestado debe tener conocimiento sobre las herramientas tecnológicas, flujos de trabajo y protocolos que se implementan en la empresa.
- Las respuestas se guardan automáticamente. En caso de salir y volver a ingresar, puede retomar la encuesta en el punto donde se quedó.

\* Indica que la pregunta es obligatoria

---

1. Correo \*

---

2. Nombre de la organización

---

3. Cargo dentro de la organización \*

*Marca solo un óvalo.*

- Director BIM o BIM Manager
- Gerente de Proyecto
- Jefe de diseño
- Jefe de Oficina Técnica
- Jefe/Supervisor de obra
- Otro: \_\_\_\_\_

4. Indique cuántos años ha estado trabajando dentro de la organización \*

*Marca solo un óvalo.*

- Menos de 1 año
- 1 - 3 años
- 4 - 6 años
- 7 - 10 años
- Más de 10 años

5. Indique los tipos de proyectos que realiza la organización \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Residencial
- Oficinas
- Retail
- Educación
- Salud
- Carreteras
- Saneamiento
- Otro: \_\_\_\_\_

6. Ubicación de la oficina central de la empresa \*

\_\_\_\_\_

7. Indique la antigüedad (años) de la organización

*Marca solo un óvalo.*

- 1 - 5 años
- 6 - 10 años
- 11 - 30 años
- 31 - 50 años
- Mayor a 50 años

8. Número de colaboradores en la empresa (no incluir el personal obrero de construcción) \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1 - 50 colaboradores
- 51 - 100 colaboradores
- 101 - 200 colaboradores
- Mayor a 200 colaboradores

9. Marque los departamentos del norte del Perú donde la organización ha tenido o tiene proyectos actualmente \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Lambayeque
- La Libertad
- Piura
- Cajamarca
- Tumbes
- Otro: \_\_\_\_\_

10. ¿La organización ha iniciado la adopción BIM? \*

*Marca solo un óvalo.*

- No *Salta a la pregunta 11*
- Sí *Salta a la pregunta 14*

11. PB1. ¿Por qué cree que la organización no ha adoptado BIM? \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- BIM es percibida como una tecnología muy compleja o difícil de implementar en la empresa.
- Existe una falta de conocimiento o comprensión sobre qué es BIM.
- Los colaboradores muestran resistencia al cambio.
- La inversión inicial requerida para su implementación es percibida como elevada, lo cual representa un barrera para su adopción.
- La empresa no ha identificado una demanda suficiente de proyectos BIM en el mercado.
- La empresa no ha identificado evidencia clara de los beneficios que puede obtener con BIM en términos de eficiencia, calidad, colaboración o competitividad.
- Otro: \_\_\_\_\_

12. PB2. ¿Qué acciones llevaría a cabo la empresa en su **preparación** para adoptar BIM? \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Fortalecer la infraestructura tecnológica mediante la adquisición de nuevos equipos (hardware) e implementación de redes de alta calidad.
- Realizar pruebas de software y plataformas de colaboración.
- Dialogar con toda la cadena de suministro.
- Capacitar al staff.
- Elaborar una propuesta para la alta dirección que evalúe la viabilidad de BIM.
- Reclutar expertos en implementación BIM.
- Revisar guías y estándares relacionados a BIM.
- Otro: \_\_\_\_\_

13. PB3. ¿En qué plazo estima que la organización logrará adoptar BIM? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Menos de 6 meses
- De 6 meses a 1 año
- De 1 a 2 años
- De 2 a 3 años
- Más de 3 años
- No se plantea adoptar BIM en la empresa
- No lo sé / No se ha establecido un plazo

## SECCIÓN 1 - TECNOLOGÍA

En esta sección se busca conocer el nivel de madurez de la empresa en relación a las herramientas de software, hardware y redes.

### **IMPORTANTE**

- Las opciones están ordenadas de menor (1) a mayor (5) nivel. Ej: si marca la opción 3 se asume que supera con lo mencionado en la opción 1 y 2.
- Seleccione la opción que mejor describa la situación actual de la organización.

14. TS1. Sobre la selección de los **softwares** (Ej: Revit, Tekla, Solidworks, Civil 3D, etc.) \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Son seleccionados según el criterio de cada usuario.
2. Son seleccionados y unificados por la organización (Ej: todos los miembros de un mismo equipo tienen la misma versión de software).
3. Son seleccionados por la organización según las necesidades operacionales del proyecto (Ej: diseño, planificación, cuantificación, análisis, etc.).
4. Son seleccionados por la organización según los objetivos estratégicos (Ej: aumentar la eficiencia, mejorar la calidad, reducir costos, etc.).
5. Para su selección, la organización revisa constantemente las últimas tecnologías de softwares que permitan cumplir objetivos estratégicos en el corto y largo plazo, teniendo en cuenta factores de funcionalidad, escalabilidad, seguridad, etc.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

15. TS2. Sobre los **modelos 3D** \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Son generados a partir de representaciones 2D.
2. Se usan como base para crear entregables 2D y generar nuevos modelos 3D.
3. Se emplean para extraer cuantificación, metrados y elaborar presupuestos.
4. Se utilizan para realizar simulaciones de procesos constructivos, recorridos virtuales, análisis estructural, etc.
5. Se usan para extraer mayor información y realizar estudios más exhaustivos como análisis de sostenibilidad, análisis del ciclo de vida, análisis energético, etc.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

16. TS3. Con respecto al intercambio de **información BIM** (Ej: modelos 3D, planos, presupuestos, etc.) dentro de la misma empresa \*

*Marca solo un óvalo.*

1. El intercambio de información se realiza en caso sea requerido. Las reglas para el intercambio de datos están en desarrollo.
2. Existe un acuerdo de intercambio de información, por lo que es un proceso complementario en algunos proyectos.
3. El intercambio de información está documentado formalmente dentro de una guía, por lo que es obligatorio.
4. Se definen normas y reglas para el intercambio de información BIM y se llevan a cabo como parte de una estrategia global de la organización.
5. El intercambio de información es mandatorio y se busca optimizarlo mediante la implementación de tecnologías más eficientes.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

17. TH1. Sobre la calidad del **hardware** (Ej: laptops, monitores, drones, escáner laser, etc.) \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Existen características de los equipos que podrían ser mejoradas (Ej: ampliar la capacidad de almacenamiento o actualizar componentes).
2. Los equipos cumplen con los requisitos técnicos y funcionales necesarios para llevar a cabo las tareas relacionadas a BIM.
3. Se administran equipos adecuados mediante políticas transparentes para los trabajadores.
4. Los equipos poseen componentes de media/alta gama que permiten la colaboración entre usuarios.
5. El hardware es la ventaja competitiva de la organización en términos de rendimiento, confiabilidad e innovación.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

18. TH2. Sobre la **sustitución o mejora** de hardware \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Significa un costo y solo se realiza cuando es muy necesario.
- 2. Se realiza un análisis costo/beneficio de cotizaciones para la sustitución y/o mejora de equipos.
- 3. Se consideran como una inversión, por lo que se espera que impacte positivamente en la productividad.
- 4. La inversión en hardware se considera fundamental en los planes financieros y está alineada con los objetivos del negocio.
- 5. La inversión en tecnología de hardware es constante y permite incorporar soluciones innovadoras (Ej: impresión 3D, realidad virtual, estaciones robóticas, etc.).
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

19. TR1. Sobre las **plataformas de almacenamiento** de información BIM \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Cada usuario usa el almacenamiento de su propia computadora.
- 2. Se utiliza un repositorio compartido como Google Drive, Microsoft Sharepoint, etc.
- 3. Se usan plataformas comunes para almacenar la información (Ej: intranets o extranets).
- 4. Se usa un entorno común de datos (Ej: BIM 360, Trimble Connect, Revizto, etc.).
- 5. Las plataformas de almacenamiento son evaluadas y se actualizan según las últimas innovaciones del mercado.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

20. TR2. Sobre la **seguridad de la red y acceso** a la información BIM \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Los usuarios tienen acceso a la información BIM sin restricciones, pero se busca establecer políticas de uso responsable.
2. Se establecen medidas de seguridad, como contraseñas y autenticación de usuarios.
3. Se implementan políticas de seguridad estrictas (Ej: solo usuarios autorizados pueden acceder a cierta información BIM).
4. Se definen políticas de control de accesos más avanzadas (Ej: se implementan medidas de seguridad biométricas).
5. Se establece una supervisión constante a los accesos y se implementan políticas altamente restrictivas.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

**SECCIÓN 2 - PROCESOS**

En esta sección se busca conocer el nivel de madurez de la empresa en relación a los recursos, flujos de trabajo, productos/servicios, liderazgo y gestión.

**IMPORTANTE**

- Las opciones están ordenadas de menor (1) a mayor (5) nivel. Ej: si marca la opción 3 se asume que supera con lo mencionado en la opción 1 y 2.
- Seleccione la opción que mejor describa la situación actual de la organización.



21. PR1. Sobre cómo se comparte el **conocimiento BIM** (Ej: gestión de modelos, diseño colaborativo, detección conflictos, etc.) \*

*Marca solo un óvalo.*

1. La organización no gestiona el conocimiento y este se comparte de manera informal entre el personal.
2. Se establecen procesos para recopilar, documentar y transferir el conocimiento de manera efectiva.
3. Se establecen medidas de seguridad y acceso al conocimiento documentado, lo que permite su recuperación y uso eficiente en el futuro.
4. La organización se asegura que el conocimiento se convierta en un recurso valioso para mejorar la eficiencia en la ejecución de tareas y procesos.
5. Se revisa y modifica la gestión del conocimiento con el objetivo de mejorarla y hacerla más efectiva.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

22. PA1. Sobre el **desempeño laboral** de los miembros del equipo de proyecto \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Requieren orientación y seguimiento para mejorar su participación.
2. Están involucrados en algunas tareas relacionadas a BIM, pero su desempeño aún puede mejorar.
3. Contribuyen activamente en las tareas BIM asignadas.
4. Son capaces de liderar uno o más proyectos BIM con un alto desempeño.
5. Lideran proyectos BIM con resultados sobresalientes y buscan constantemente innovaciones para aplicarlas en su trabajo.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

23. PA2. En cuanto a los **roles BIM** (Ej: Líder BIM, Coordinador BIM, modelador BIM, etc.) del \* equipo de trabajo

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Los roles BIM no están definidos claramente.
- 2. Los roles BIM están asignados, pero hay cierta confusión sobre las responsabilidades de cada rol.
- 3. Los roles y responsabilidades BIM están definidos y comprendidos por la mayoría del personal.
- 4. Los roles y responsabilidades BIM están completamente integrados en la estructura y cultura organizacional.
- 5. La estrategia organizacional se actualiza constantemente para estar a la vanguardia, lo que implica definir de nuevos perfiles y roles BIM, tales como un programador BIM.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

24. PP1. En cuánto al **detalle de los entregables BIM** \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. El detalle es inconsistente (Ej: una disciplina se detalla más que otra sin algún criterio específico).
- 2. El detalle está definido según el criterio de la organización y/o clientes.
- 3. Se adoptan especificaciones externas como el nivel de detalle (LOD).
- 4. El nivel de detalle (LOD) se incorpora a los procesos de negocio para ofrecer una gama de productos que se diferencie de la competencia.
- 5. El nivel de detalle (LOD) es evaluado para mejorar la eficiencia de los entregables. (Ej: se revisa periódicamente si el LOD asignado es suficiente o necesario)
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

25. PL1. En relación a la **implementación BIM** \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Se han realizado ciertas tareas con BIM pero aún no se toman medidas concretas para implementarlo completamente en los flujos de trabajo de la empresa.
2. Se define una estrategia que comprende metas claras y plazos definidos.
3. La implementación incluye planes de acción, sistemas de seguimiento y un equipo capacitado en BIM.
4. La implementación BIM está integrada en los flujos de trabajo existentes de la empresa.
5. BIM está totalmente implementado; además, se realiza evaluaciones periódicas de los resultados obtenidos con el fin de realizar mejoras.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

26. PL2. Acerca de la **visión BIM** de la empresa \*

La **visión BIM** es cómo se proyecta la empresa en el futuro tras el uso de BIM.

*Marca solo un óvalo.*

1. Cada líder de equipo tiene su propia visión de BIM.
2. Existe un conjunto de líderes que comparte la misma visión de BIM.
3. Todos los líderes coinciden en una visión común sobre BIM.
4. La visión común sobre BIM se expande hacia los demás miembros del equipo.
5. Todas las partes involucradas han interiorizado la visión común sobre BIM de la empresa y están trabajando activamente para lograrla.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

### **SECCIÓN 3 - POLÍTICAS**

En esta sección se busca conocer el nivel de madurez de la empresa en relación a la preparación, regulación y al aspecto contractual de BIM.

#### **IMPORTANTE**

- Las opciones están ordenadas de menor (1) a mayor (5) nivel. Ej: si marca la opción 3 se asume que supera con lo mencionado en la opción 1 y 2.
- Seleccione la opción que mejor describa la situación actual de la organización.

27. LP1. Acerca de la **capacitación** de los miembros del equipo de trabajo \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Se espera que los trabajadores estén capacitados respecto al uso de herramientas BIM o que adquieran formación de manera autodidacta.
- 2. Se ofrece programas de capacitación BIM en caso sea necesario (Ej: después de reclutar nuevos trabajadores o al adquirir nuevos software).
- 3. Se ofrece programas de capacitación BIM continua y se sigue objetivos de aprendizaje.
- 4. La capacitación BIM es parte de una estrategia organizacional y se espera mejorar la participación de los trabajadores.
- 5. Existe una estrategia organizacional de formación BIM que incluye evaluaciones y mejoras periódicas de la capacitación (Ej: mentorías externas especializadas).
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

28. LR1. En cuanto al **manual de estándares BIM** (Ej: procedimientos de trabajo, plantillas, normas de codificación, etc.) \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Tiene una estructura definida y presenta un contenido general. El manual está disponible, pero no suele utilizarse.
- 2. La metodología de trabajo y criterios de diseño están documentados. El manual se usa en caso sea requerido.
- 3. Incluye estándares de calidad y precisión. El uso del manual es una prioridad.
- 4. El manual se incorpora en las políticas organizacionales, por lo que su uso es obligatorio.
- 5. Está alineado a normativas externas (Ej: Plan BIM Perú, ISO, NTP, etc.).
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

29. LC1. Sobre el **Plan de Ejecución BIM (PEB)**. \*

PEB: Documento que define lo que se debe hacer para ejecutar BIM en los proyectos.

*Marca solo un óvalo.*

1. El documento está en desarrollo.
2. El contenido del PEB es general y se ha aplicado de forma piloto en proyectos existentes.
3. El contenido del PEB es más detallado y tiene una estructura clara para cada proyecto.
4. Los proyectos ya inician con un PEB definido y es compartido a todas las partes involucradas.
5. Las plantillas del PEB son evaluadas de manera continua para incluir mejores prácticas y lecciones aprendidas de proyectos anteriores.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

#### **SECCIÓN 4 - ETAPAS DE CAPACIDAD Y ESCALA ORGANIZACIONAL**

##### **IMPORTANTE**

- Las opciones están ordenadas de menor (1) a mayor (5) nivel. Ej: si marca la opción 3 se asume que supera con lo mencionado en la opción 1 y 2.
- Seleccione la opción que mejor describa la situación actual de la organización.

30. EC1. Sobre el **modelado** basado en objetos \*

*Marca solo un óvalo.*

1. Modelado conceptual para visualización 3D.
2. Modelado paramétrico para extraer información y/o generar simulaciones de procesos constructivos.
3. Modelado automatizado (Ej: uso de Dynamo u otros lenguajes de programación) para mejorar la precisión y ahorrar tiempo en tareas repetitivas.
4. Modelado empleado para simulaciones de comportamiento de objetos (Ej: respuesta sísmica, condiciones climáticas) para evaluar el desempeño de la estructura.
5. Modelado integrado con realidad extendida (Ej: visualización con realidad virtual, simulaciones interactivas con realidad aumentada).
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

31. EC2. Sobre la **colaboración** basada en modelos \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Los equipos de proyecto intercambian información en formato BIM, pero no trabajan simultáneamente.
- 2. Los equipos trabajan de manera coordinada para revisar incidencias y compartir información.
- 3. Los equipos actualizan y comparten información en tiempo real para reducir errores y retrabajos.
- 4. La colaboración BIM es parte de la cultura empresarial.
- 5. La colaboración se extiende a todas las partes involucradas. Además, se implementan protocolos de colaboración a largo plazo y procesos de mejorar continua.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

32. EC3. Sobre la **integración** basada en la red para generar un **modelo federado** (un único modelo tridimensional que compone todas las disciplinas de un proyecto) \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. El modelo federado es generado con el fin de detectar y solucionar interferencias entre disciplinas.
- 2. Los modelos 3D y su documentación se integran en una plataforma de colaboración en tiempo real (Ej: Navisworks BIM 360)
- 3. La generación de un modelo federado tiene como objetivo automatizar procesos (Ej: análisis de interferencias, resolución de conflictos)
- 4. El modelo federado es gestionado por todos los participantes del proyecto. Su objetivo es la detección y solución proactiva de desajustes de tecnología, procesos y políticas.
- 5. El proceso de integración de modelos se revisa y optimiza para lograr mayor productividad.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.

33. EO1. En relación a la **estrategia de la organización** en torno a BIM \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1. Se da a nivel de proyectos individuales. La organización tiene una estrategia para familiarizarse con BIM y entornos colaborativos.
- 2. La estrategia es identificar mejores prácticas para la gestión de datos, mejorar la calidad y coordinación en los proyectos.
- 3. La estrategia se incorpora en los flujos de trabajo de la organización para mejorar la eficiencia y productividad.
- 4. La estrategia se integra en los procesos de negocio existentes para incrementar la rentabilidad de la empresa.
- 5. Se da a nivel industria. Existe una estrategia de colaboración con otras constructoras para mejorar la calidad de los proyectos de la industria en general.
- No estoy seguro de la respuesta / Prefiero no responder.