



**UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO**

**Escuela de
Postgrado**

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA
BIM EN LA GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN GOBIERNOS
SUBNACIONALES: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN EN EL
GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES”**

**Trabajo de Investigación presentado
para optar al Grado Académico de
Magíster en Gestión Pública**

Presentado por:

Andrei Gilberto Dominguez Alvarado

Asesora: Karla Mónica Gavino Masías

[0000-0001-7202-0316](tel:0000-0001-7202-0316)

Lima, agosto de 2022

REPORTE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA ANTIPLAGIO

A través del presente, Juan Carlos Ubillús Ramírez deja constancia que el trabajo de investigación titulado "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN GOBIERNOS SUBNACIONALES: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN EN EL GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES" presentado por don Andrei Gilberto Domínguez Alvarado con el D.N.I. 40916628, para optar al Grado de Magíster en Gestión Pública, fue sometido al análisis del sistema antiplagio Turnitin el 7 de febrero de 2023 dando el siguiente resultado:



7 de febrero de 2023

A Doris, Mili, Prís y Diana, por su comprensión, paciencia y apoyo durante este proceso.

«Y es que posee la historia un ritmo inexorable que condena al fracaso a todo aquello que se le adelanta o que le desborda [...]. Lo que en el fracaso queda es algo que ya nada ni nadie pueden arrebatarnos»

Maria Zambrano (1988) en su discurso al recibir el premio Miguel de Cervantes.

RESUMEN EJECUTIVO

La gestión de infraestructura en su etapa de ejecución viene generando un conjunto de dificultades en las Entidades públicas y que han sido recogidas por el informe de obras paralizadas de la Contraloría General de la República (2019). En él, se ha identificado paralizaciones recurrentes cuyo origen responde a deficiencias técnicas o incumplimientos contractuales (39%), arbitrajes (28%) y limitaciones presupuestales (15%). Para el Gobierno Regional de Tumbes esto se refleja en 11.7% de adicionales de obra en promedio, atribuibles a deficiencias técnicas, e incrementos de plazo de ejecución de obra promedio del 84.7% en proyectos iniciados y culminados entre el 2016 y 2020.

Ante ello, la presente investigación titulada «propuesta de implementación de la metodología BIM en la gestión de infraestructura en gobiernos subnacionales: propuesta de implementación en el Gobierno Regional de Tumbes» realiza un análisis a nivel organizacional de los recursos y capacidades requeridas por el Gobierno Regional de Tumbes para la adopción del *Building Information Modeling* (BIM), como metodología colaborativa, intensiva en el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) destinada a la digitalización de sector y a la mejora de la gestión integral de los proyectos de infraestructura a lo largo de su ciclo de vida.

Con un lenguaje realista y crítico de los avances en materia de desarrollo BIM, la investigación busca identificar las capacidades organizacionales necesarias para su adopción. Para ello, se realiza una evaluación de las mejores prácticas globales, el desarrollo del marco normativo peruano, los 10 años de experiencia en el sector privado y las barreras identificadas en experiencias internacionales.

La propuesta se enmarca en el estudio de adopción de innovaciones tecnológicas en organizaciones públicas bajo el enfoque evolutivo de capacidades. Así, el objetivo de la investigación es identificar los recursos y capacidades a desarrollar por el Gobierno Regional de Tumbes para implementar BIM en la etapa de ejecución de inversiones en infraestructura. Con este fin, se realizó un diagnóstico de las condiciones institucionales; se recogió las experiencias nacionales e internacionales a la fecha; se analizó, mediante la matriz de marco lógico, los seis (06) componentes y las quince (15) acciones de intervención destinados a desarrollar las capacidades de adopción BIM a nivel organizacional y a nivel de proyectos (piloto).

La investigación culmina con una propuesta y un estimado presupuestal clase 5¹ del plan de implementación BIM en la Entidad, destinada a alcanzar un nivel de madurez B1². El plan recoge

¹ Conforme al sistema de clasificación de estimación propuesta por la *Association for the Advancement of Cost Engineering* (AACE) en su práctica recomendada N° 18R-97. Así, esta clase se desarrolla sobre proyectos con niveles de definición del 0 a 2%, sobre información muy limitada, con amplios rangos de precisión (de -20% a -50% en el lado inferior, y de +30% a +100% en el lado superior) y desarrollados con propósitos estratégicos y de planificación empresarial, a nivel de factibilidad (AACE, 1997, p. 3).

² Guía Nacional BIM (2021, p. 163). El nivel de madurez B1 implica contar con un EIR básico, BEP básico, CDE básico destinado a servir como repositorio (R.D. N° 0005-2021-EF/63.01).

las brechas existentes, las mejores prácticas en materia BIM, las capacidades organizacionales y la gestión del cambio. Desde la perspectiva económica, el análisis de inversión permite señalar que el costo de incidencia de la adopción BIM en proyectos piloto, entre 2.7% y 7.7% por proyecto, son plenamente viables, en la medida que su implementación permita una reducción de los adicionales de obra (11.7%) y ampliaciones de plazo (84.7%) que en la actualidad rige la gestión diaria de los proyectos de infraestructura.

Finalmente, por su alcance, la investigación constituye un instrumento estratégico y no sustituye la necesidad de desarrollar una estimación de clase 1, basada en una ingeniería de detalle, que permita un mejor y más preciso acercamiento a los costos de adopción de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

ÍNDICE

Introducción	vii
Capítulo I: Aspectos Generales	1
1.1. Objeto de estudio	1
1.2. Descripción del problema de investigación	2
1.3. Formulación del problema	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
1.5. Alcance y finalidad	7
1.6. Limitaciones.....	7
Capítulo II: Marco conceptual	8
2.1. Marco referencial	8
2.2. BIM y el enfoque de capacidades	9
2.3. Antecedentes de adopción BIM	11
2.3.1 Avances BIM en el mundo.....	12
2.3.2 Avances BIM en América Latina.....	13
2.3.3 Avances BIM en el sector público peruano	14
2.3.4 Avances BIM en el sector privado peruano	14
2.4. Relevancia de BIM.....	14
2.4.1 Cómo funciona BIM	16
2.4.2 Respecto a los roles BIM	17
2.4.3 Usos BIM	18
2.4.4 Mecanismos de adopción BIM.....	19
2.4.5 Barreras a la implementación BIM	23
2.5. BIM y la modernización de la Gestión Pública.....	25
2.6. La Gestión de infraestructura pública en el Perú y los sistemas administrativos.....	25
2.6.1 El Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones	26

2.6.2	Sistema Nacional de Abastecimiento.....	27
2.6.3	Otros sistemas administrativos.....	28
2.7.	Síntesis	29
Capítulo III:	Metodología de investigación	31
3.1.	Muestreo.....	31
3.2.	Instrumentos para la recolección de datos.....	31
3.3.	Rigor de la investigación.....	32
3.4.	El proceso de investigación.....	32
Capítulo IV:	Análisis de la propuesta peruana.....	34
4.1.	Marco de desarrollo del Plan BIM Perú.....	34
4.2.	Los elementos pendientes	35
Capítulo V:	Diagnóstico	38
5.1.	Resultados de las entrevistas a funcionarios	38
5.2.	Resultado de las entrevistas a especialistas.....	39
5.3.	Resultados de las encuestas.....	41
5.3.1	Información demográfica	41
5.3.2	Experiencia personal y profesional con BIM.....	41
5.3.3	Perspectivas de BIM en la organización	43
5.3.4	Aspectos técnicos	44
5.3.5	Percepción de BIM.....	44
5.3.6	BIM y políticas públicas	45
5.4.	La organización y la adopción	46
5.5.	Metodología del marco lógico y factores de intervención	47
5.6.	Alcance de la propuesta: adopción en la organización y proyectos piloto.....	48
Capítulo VI:	Propuesta de contenido del plan de implementación BIM.....	50
6.1.	El desarrollo del proyecto de adopción BIM	51
6.1.1	El proceso de adopción en la organización	51
6.1.2	Propuesta de ejecución en proyectos piloto	52
6.2.	Los costos de implementación	55

6.3. Cronograma de implementación	56
6.4. Alcance de la propuesta	57
Conclusiones	59
Recomendaciones.....	60
Bibliografía	61

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes.	2
Tabla 2. Avance presupuestal del Gobierno Regional de Tumbes en el periodo 2016-2021.	2
Tabla 3. Causas de paralización de obras de infraestructura a nivel nacional	4
Tabla 4. La infraestructura en el Plan Estratégico Institucional 2019-2022 del Gobierno Regional de Tumbes.	5
Tabla 5. Roles BIM identificados por la bibliografía.....	18
Tabla 6. Barreras principales para la implementación de BIM en las organizaciones.....	25
Tabla 7. Etapas de desarrollo de infraestructura y las fases del ciclo de inversión.....	27
Tabla 8. Muestra y población evaluada en la Entidad.....	41
Tabla 9. Categorías de barreras para la adopción de BIM en la industria identificadas en las fuentes recopiladas.	48
Tabla 10. Resumen narrativo de fin, propósito y componentes identificados para la adopción de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.	49
Tabla 11. Proyectos de infraestructura seleccionados del PMI 2023-2025.	50
Tabla 12. Estimación e incidencia de las inversiones en BIM para los proyectos estudiados. ...	56
Tabla 13. Cronograma de adopción BIM a nivel organizacional.....	57
Tabla 14. Plazos previstos de adopción y ejecución de proyecto pilotos con BIM.	58

Índice de figuras

Figura 1. Incidencia de los adicionales y las ampliaciones de plazo en los contratos de obra.....	4
Figura 2. Desarrollo normativo de BIM en Perú.....	15
Figura 3. Fases del proceso de implementación BIM.	19
Figura 4. Fases del proceso de implementación BIM en Reino Unido.....	21
Figura 5. Niveles de actuación en el proceso de adopción BIM en Perú.	21
Figura 6. Niveles de madurez.....	22
Figura 7. Grados de progresión.....	22
Figura 8. Fases del proceso de implementación BIM.	23
Figura 9. Pilares y ejes de la política de Modernización de la Gestión Pública.....	26
Figura 10. Fases del proceso de contratación pública.....	28
Figura 11. Información demográfica de funcionarios encuestados.....	42
Figura 12. Experiencia y expectativas de BIM en los funcionarios encuestados.....	42
Figura 13. Perspectivas de BIM entre los funcionarios encuestados.	43
Figura 14. Percepción de BIM en la entidad.....	45
Figura 15. Percepción de la política pública de adopción BIM.	45
Figura 16. Etapas de desarrollo y ejecución de un proyecto de infraestructura con fase de preinversión culminada.	55

Índice de Anexos

Anexo 1. Abreviaturas.	67
Anexo 2. Aportes de la adopción de BIM a la gestión de proyectos de infraestructura.	68
Anexo 3. Nivel de desarrollo (LOD) de un proyecto de infraestructura.	68
Anexo 4. Dimensiones BIM aplicados a un proyecto de infraestructura.	68
Anexo 5. Estrategias de implementación BIM en diversos países.	69
Anexo 6. Comparativa de usos BIM propuesto por Kreider y Messner (2013), adoptado por Chile, y la Guía Nacional BIM (2021).	70
Anexo 7. <i>Check list</i> de verificación de condiciones para proyectos piloto con BIM.	71
Anexo 8. Resultados de encuesta a funcionarios de la Entidad vinculados al ciclo de inversión.	72
Anexo 9. Perfil de expertos entrevistados.	78
Anexo 10. Perfil de funcionarios entrevistados	78
Anexo 11. Análisis de respuestas de entrevistas especialistas	79
Anexo 12. Análisis de respuestas de entrevistas a funcionarios.	80
Anexo 13. Árbol de problemas para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.	82
Anexo 14. Árbol de objetivos para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.	83
Anexo 15. Proceso de adopción BIM a nivel organizacional y de proyecto.	83
Anexo 16. Acciones propuestas y áreas vinculadas a su desarrollo.	84
Anexo 17. Matriz de marco lógico para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.	85
Anexo 18. Software BIM.	86

Introducción

Building Information Modeling (BIM³) es una metodología de trabajo colaborativo intensivo en el uso de las tecnologías de la información y comunicación destinada a mejorar la gestión integral de los proyectos de infraestructura a lo largo de su ciclo de vida. Si bien su origen se remonta a la década de los setenta, es a inicios de siglo donde se produce avances importantes en su adopción en el sector privado, inicialmente, y en el sector público de los países del hemisferio norte desde el año 2007.

En Perú, la implementación predominante ha sido en el sector privado. Con una década de experiencias propias, BIM ha conseguido establecerse como una metodología ampliamente aceptada por la academia y la industria nacional como un instrumento que, en el corto plazo, permite una mejor definición del proyecto y, en consecuencia, una reducción de adicionales de obra y ampliaciones de plazo.

Desde el año 2019, a través de la publicación del Plan Nacional de Competitividad y Productividad y su medida de política 1.2, el Estado peruano incorpora la adopción BIM como una política pública a través del desarrollo del Plan BIM Perú y el liderazgo de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI). Esta política prevé un proceso de adopción progresivo con el objetivo de desarrollar proyectos con la metodología al 2025, en los Gobiernos Nacionales y Regionales, y la obligatoriedad de uso en todo el sector público desde el año 2030.

En este marco, el Gobierno Regional de Tumbes evidencia deficiencias en el desarrollo y ejecución de proyectos de infraestructura donde las obras presentan montos adicionales de 11.7%, en promedio, y ampliaciones de plazo promedio de 84.7% del costo y plazo original, respectivamente, originadas por deficiencias en el expediente técnico.

Ante esta problemática y las posibilidades de mejora sustantiva que ofrece BIM, la presente investigación desarrolla una propuesta de adopción de la metodología en el Gobierno Regional de Tumbes. Para ello, el trabajo despliega, a través de seis capítulos, una evaluación de los principales retos y barreras del proceso de adopción, a través de la triangulación de fuentes (bibliográfica, expertos y funcionarios de la Entidad) e instrumentos (revisión bibliográfica, entrevistas y encuestas). La investigación identifica las variables de mayor relevancia en la implementación de BIM y propone una opción técnica y económica del proceso de adopción.

³ A lo largo de la investigación se emplea un conjunto de abreviaturas cuya descripción se detalla en el Anexo 1.

El capítulo inicial recorre los aspectos generales del estudio, identifica y describe la problemática del Gobierno Regional y establece los objetivos de la presente investigación, así como las limitaciones de su alcance.

El segundo capítulo, denominado marco conceptual, recoge las principales teorías de adopción de innovaciones tecnológicas, define el enfoque teórico empleado por la investigación y los avances en materia de adopción BIM en el mundo, América Latina y el Perú, haciendo énfasis en los conceptos generales de la metodología y su articulación con la política nacional de modernización de la gestión pública (PNMGP), el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (SNPMGI), el sistema de abastecimiento y otros complementarios.

El tercer capítulo presenta la metodología de la investigación, establece un diseño de investigación – acción, los criterios de muestreo, los instrumentos de recolección de datos y los mecanismos empleados para garantizar el rigor de la investigación y el proceso seguido.

El cuarto capítulo está destinado al análisis de la propuesta peruana que viene desarrollando el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). A partir de la información recopilada, se presenta el análisis del autor respecto al marco de adopción que se viene implementando, la experiencia peruana y los elementos pendientes de intervención en ella.

El quinto capítulo contiene el diagnóstico de la Entidad. En él se presenta los resultados obtenidos de las entrevistas a los especialistas, jefes de área de la Entidad y las encuestas desarrolladas a los funcionarios de las áreas de infraestructura, oficina de programación multianual de inversiones (OPMI) y unidad formuladora. A partir de ello, y a través de la matriz de marco lógico, el capítulo establece los 6 componentes de intervención y las 15 acciones destinadas a mejorar las capacidades para la adopción BIM por parte del Gobierno Regional de Tumbes.

El último capítulo presenta la propuesta de contenido del plan de implementación BIM. A partir de las actividades identificadas en la matriz de marco lógico, el capítulo propone dos niveles de acción: organizacional y a nivel de proyectos (pilotos). A continuación, se desarrolla una propuesta de calendario y entregables de la primera. Respecto a la segunda, se establece un cronograma y un estimado presupuestal de clase 5 (AACE, 1997) de adopción BIM para cada uno de los proyectos identificados.

Finalmente, las conclusiones permiten explicitar el cumplimiento de los objetivos, y las recomendaciones que deben acompañar a las acciones propuestas en esta investigación.

Capítulo I: Aspectos Generales

La presente investigación centra su análisis en la metodología *Building Information Modeling* (BIM) desde una perspectiva territorial que analiza las capacidades organizacionales actuales y las condiciones materiales de las Entidades Territoriales Regionales. A través de un análisis de la gestión de infraestructura, la metodología BIM y el enfoque de capacidades en las organizaciones del sector público, se busca identificar el camino más adecuado para la adopción del BIM a nivel de entidades regionales, mediante un caso de estudio: el Gobierno Regional de Tumbes.

1.1. Objeto de estudio

La elección del Gobierno Regional de Tumbes obedece a su relevancia geopolítica en calidad de región fronteriza, la brecha en materia de infraestructura existente, las dificultades en su ejecución presupuestal y el interés de sus autoridades en el estudio de las condiciones necesarias para la implementación de la metodología BIM en la institución.

Moraczewska (2010) identifica tres funciones fronterizas relevantes bajo tres perspectivas: realista, transnacional y global. Estas funciones se identifican como desintegradora, fragmentadora e integradora. La primera, desintegradora, responde a su función como barrera contra amenazas y como un elemento de protección de la soberanía. Esta función demanda la construcción de infraestructura, la protección de la frontera y, cuando surge un conflicto, la militarización de la misma. En la segunda, fragmentadora, la frontera funciona contra los vecinos esperando maximizar los beneficios y minimizar las pérdidas. En este marco, se constituye en puente entre dos estados y entre actores no territoriales. Finalmente, también presenta una función integradora como una barrera inoperativa ante los flujos internacionales que permite la integración territorial o económica con otros estados (Moraczewska, 2010).

Respecto a los indicadores de infraestructura existente, conforme a lo señalado por el Índice de Competitividad Regional 2021 (INCORE), elaborado por el Instituto Peruano de Economía (2021), la región de Tumbes presenta un índice 4.8 sobre 10, ocupando el puesto 12 de 25. Sin embargo, estos valores se agravan cuando se observa los indicadores de red vial pavimentada o afirmada y la continuidad en la provisión de agua, donde ocupa los puestos 23 y 24, respectivamente, conforme a lo detallado en la Tabla 1.

Por su parte, el Gobierno Regional de Tumbes en los últimos seis años evidencia un retroceso en materia de ejecución presupuestal ocupando, los últimos tres años, las posiciones 23 y 24 de las 26 regiones (ver Tabla 2). En este periodo, se puede observar que la ejecución presupuestal promedio ha sido de 81.1%, inferior al promedio total de ejecución de Gobiernos Regionales (85.6%).

Tabla 1. Indicadores de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes.

Descripción	Indicador	Puesto
Acceso a electricidad, agua y desagüe	62.0%	14
Precio medio de electricidad	16.3	6
Red vial local pavimentada o afirmada	18.4%	23
Continuidad en la provisión de agua	6.9	24
Acceso a telefonía e internet móvil	55.3%	12
Acceso a internet fijo	29.3%	11
Densidad del transporte aéreo nacional	611	4

Fuente: Instituto Peruano de Economía (2021).

Tabla 2. Avance presupuestal del Gobierno Regional de Tumbes en el periodo 2016-2021.

Año	Avance presupuestal (%)	Promedio regional (%)	Posición
2016	89.5	86.3	13/26
2017	92.3	85.1	4/26
2018	91.8	85.0	3/26
2019	79.7	85.6	23/26
2020	80.4	84.0	24/26
2021	83.3	87.3	24/26

Fuente: Consulta amigable del MEF (20 de julio del 2022).

Como cuarto criterio, la elección obedece al interés por parte de las autoridades políticas y funcionarios del área de infraestructura de explorar el proceso de adopción BIM en la Entidad, brindando toda información pertinente destinada a identificar el camino óptimo para la integración de la metodología en los procesos institucionales.

Por tanto, el estudio prioritario de las condiciones para la adopción de la metodología BIM en el Gobierno Regional de Tumbes obedece a la necesidad de mejorar la provisión y gestión de infraestructura que, en conjunto con otras acciones institucionales, permita reducir la brecha de infraestructura e incrementar el nivel de ejecución presupuestal en una región cuya condición fronteriza exige la existencia de infraestructura adecuada para proteger la seguridad, la soberanía y los intereses nacionales.

1.2. Descripción del problema de investigación

La infraestructura constituye una herramienta sustancial en el desarrollo económico y el acceso a derechos fundamentales en países en desarrollo, como el Perú. Por ello, la Agenda 2030 (PNUD, 2019) la incorpora en su objetivo de desarrollo sostenible 9, que busca promover la construcción de infraestructura resiliente, la industrialización inclusiva y sostenible y el fomento de la innovación, a través de un conjunto de recomendaciones que incluye la mejora de la eficacia, la adopción tecnológica y la industrialización del sector con un enfoque ambientalmente racional. Para alcanzar estos objetivos, y en el marco de gestión de la

infraestructura, la misma debe integrar en su desarrollo a todas las partes interesadas (*stakeholders*), mediante una coordinación efectiva de los diversos niveles de gobierno que permita garantizar costos de inversión sostenibles durante toda la vida útil del proyecto. Igualmente, las políticas en materia de infraestructura deben desarrollarse sobre datos pertinentes obtenidos sobre procesos sistematizados, que permitan tomar las decisiones más eficientes (OCDE, 2016).

A pesar de la magnitud de su relevancia en términos de desarrollo social, la infraestructura pública en América Latina se ha enfrentado a dificultades recurrentes en los últimos 30 años, cuya consecuencia ha sido su aporte a los conflictos sociales. Así, señalan Watkins et al. (2017), en su informe para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que los proyectos de infraestructura han estado sujetos a retrasos y cancelaciones producto de diversas causas, siendo las recurrentes, desde las décadas de 1980, 1990 y 2000, la deficiente planificación, la falta de beneficios comunitarios, la degradación, el reducido acceso a los recursos, la falta de consulta adecuada y la poca transparencia.

En el caso peruano, una de las dificultades reconocidas por los tomadores de decisión en las Entidades Públicas e identificadas por la Contraloría General de la República (2019), ha sido las recurrentes paralizaciones en la ejecución de obras públicas, cuyo origen responde principalmente a deficiencias técnicas o incumplimiento contractual (39%), a arbitrajes (28%) y a limitaciones presupuestales (15%). A nivel regional las cifras causales de paralización presentan una tendencia similar: deficiencias técnicas o incumplimiento contractual (36%), arbitrajes (23%) y limitaciones presupuestales (17%). Es decir, estos tres elementos constituyen el 82% de las causas de paralización en el nivel nacional y el 76% en el nivel regional (ver Tabla 3).

Las deficiencias técnicas constituyen errores en la definición del proyecto, reflejadas en el expediente técnico, cuyas consecuencias son diversas, tales como la necesidad de mayores actividades para su cumplimiento (adicionales), extensión de tiempos en su ejecución (ampliaciones de plazo) o disputas entre el contratista y la entidad.

En materia de adicionales y ampliaciones de plazo, la evaluación realizada sobre 24 proyectos, con montos de ejecución de obra de 2 millones de soles o superior, desarrollados y culminados por el Gobierno Regional de Tumbes entre los años 2016 y 2020, evidencia que el promedio de adicionales de obra por deficiencias en el expediente técnico alcanza un valor de 11.7%, con mínimos de 0% y máximos de 25.7%. Asimismo, las ampliaciones de plazo⁴, en promedio,

⁴ Para la estimación de ampliaciones de plazo del año 2020 se ha descontado aquellas cuya causa obedece a los eventos vinculados a la pandemia SARS COV 2 (Covid-19), recogidas en las resoluciones de ampliaciones de plazo y resumidas en las actas de recepción de obra, ambas fuentes registradas en el aplicativo Infobras (2022) y consultadas el 20 de julio del 2022.

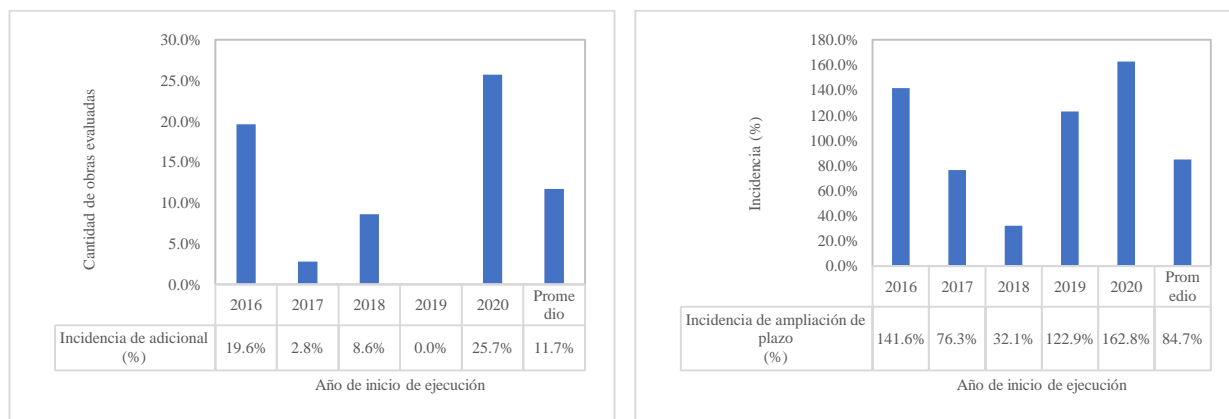
alcanzan el 84.7% del plazo original, con valores mínimos de 32.1% y máximos de 162.8%, conforme se detalla en la Figura 1:

Tabla 3. Causas de paralización de obras de infraestructura a nivel nacional

Causas de paralización	Nivel de gobierno					
	Nacional		Regional		Total	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual	205	41	135	36	340	39
Actualmente en arbitraje	156	32	86	23	242	28
Limitaciones presupuestales	63	13	63	17	126	15
Otros	31	6	25	7	56	5
Información limitada	40	8	63	17	103	12
Total	495	100	372	100	867	100

Fuente: Contraloría General de la República (2019, p. 5 - 6).

Figura 1. Incidencia de los adicionales y las ampliaciones de plazo en los contratos de obra.



(a) Incidencia de adicionales de obra respecto al presupuesto contratado.

(b) incidencia de las ampliaciones de plazo respecto al plazo contractual inicial de la obra.

Fuente: Infobras (2022), revisado el 16 de julio del 2022. Elaboración propia.

Respecto a la responsabilidad en materia de infraestructura, el Gobierno Regional de Tumbes constituye una entidad territorial sujeta a la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (Ley N° 27867, 2002) que asigna (artículo 4°) a los Gobiernos Regionales la responsabilidad de velar por el desarrollo integral y sostenible de su jurisdicción. En ese sentido, en sus artículos 9° y 10°, se atribuye a los Gobiernos Regionales las competencias de promoción y ejecución de las inversiones públicas en materia de infraestructura en sectores como educación, salud, comunicación (vial, telefonía e internet), servicios básicos (saneamiento), entre otros.

Además, el desarrollo de infraestructura constituye una de las actividades principales del Gobierno Regional en la medida que conforma un componente de soporte a los elementos que forman parte de sus objetivos estratégicos en su Plan Estratégico Institucional (PEI) y en su Plan de Desarrollo Regional Concertado (PDRC). En ese sentido, se ha identificado su

presencia en forma explícita en los objetivos estratégicos institucionales detallados en la Tabla 4:

Tabla 4. La infraestructura en el Plan Estratégico Institucional 2019-2022 del Gobierno Regional de Tumbes.

OEI	Objetivo estratégico	AEI	Acción estratégica Institucional
OEI.05	Garantizar la calidad de los servicios educativos de los estudiantes del departamento de Tumbes.	AEI.05.06	Instituciones educativas con infraestructura y equipamiento adecuado en el departamento.
OEI.07	Desarrollar los niveles de competitividad de los agentes económicos.	AEI.07.04	Infraestructura de riego construida, rehabilitada y/o mejorada para productores agrarios.
		AEI.07.06	Infraestructura energética eficiente para los actores económicos.
OEI.08	Mejorar los servicios de transporte multimodal en el departamento.	AEI.08.01	Acceso a la red vial asfaltada y a los sistemas de transportes con una adecuada articulación en beneficio de agentes económicos.
OEI.09	Mejorar la cobertura de los servicios básicos de la población del departamento.		

Fuente: Plan Estratégico Institucional 2019 - 2022 del Gobierno Regional de Tumbes. Elaboración propia.

Ante ello, la presente investigación propone evaluar las condiciones necesarias para la adopción de BIM en un nivel de madurez B1 (Guía Nacional BIM, 2021, p. 163), que emplea la gestión por proceso, la estandarización y el uso intensivo de tecnologías de la información y comunicación (TIC) como herramientas para la creación de modelos digitales de la infraestructura y en cuyo contenido incorpora información relevante que permite su gestión durante todo el ciclo de vida del proyecto (R.D. N° 0002-2021-EF/63.01).

En consecuencia, se ha seleccionado y priorizado el análisis de la potencial aplicabilidad en cuatro proyectos de infraestructura cuya ejecución se prevé para el año 2023 y se encuentren registrados en el Plan Multianual de Inversiones (PMI) 2023-2025 (ver Tabla 11):

- Mejoramiento del servicio de educación básica regular de la Institución Educativa N° 093 Efraín Arcaya Zevallos del Distrito de Zarumilla, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes (código único: 2443356).
- Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud en el centro de salud La Cruz, nivel I de la micro-red Corrales – Distrito de La Cruz – Provincia de Tumbes – Departamento de Tumbes (código único: 2471263).

- Mejoramiento de la ruta departamental TU-105, tramo Rica Playa – La Bocana en los distritos de San Jacinto y Casitas en las provincias de Contralmirante Villar y Tumbes del departamento de Tumbes (código único: 2542945).
- Creación de la planta de tratamiento de agua potable para 4 distritos de la provincia de Tumbes – departamento de Tumbes (código único: 2490993).

1.3. Formulación del problema

Como se evidencia, el desarrollo de infraestructura pública nacional sufre de problemas de baja productividad, sobrecostos y retrasos. Ante ello, BIM se presenta como un cambio radical destinado a gestionar todo el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura (D.S. N° 237-2019-EF; Torrico y López, 2018; Mathews, 2018). En este contexto y ante el objetivo de implementar BIM en el desarrollo de proyectos de infraestructura en el sector público peruano, diversos autores y organizaciones han identificado la existencia recursos y capacidades necesarias para su adopción (Succar et al., 2012; Eubim Taskgroup, 2017). Por tanto, esta investigación busca evaluar las brechas de recursos y capacidades organizacionales en las Entidades públicas, como el Gobierno Regional de Tumbes, que limitan o restringen su adopción como instrumento de gestión del ciclo de vida de la infraestructura pública.

Para ello, los recursos y capacidades organizacionales se definen como aquellos insumos materiales, cualidades o aptitudes organizacionales y profesionales necesarias para alcanzar un resultado organizacional deseado (Helfat y Peteraf, 2009).

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El propósito de este estudio de investigación – acción es evaluar la brecha de recursos y capacidades organizacionales requeridas para la adopción de BIM en cuatro proyectos de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes. A partir de este objetivo, proponer un plan de adopción BIM en cuatro proyectos de infraestructura del Gobierno Regional.

1.4.2 Objetivos específicos

Constituyen los objetivos específicos del trabajo de investigación:

- Realizar el diagnóstico situacional del Gobierno Regional de Tumbes, a partir de la evaluación de los procesos de gestión de infraestructura en el periodo temporal 2016 - 2021.
- Evaluar los avances y experiencias en la implementación BIM en la gestión pública nacional e internacional a nivel de gobiernos subnacionales.

- Analizar la brecha de recursos y capacidades requeridas para la implementación de BIM en la gestión de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes bajo el marco de adopción diseñado por el MEF.
- Proponer un contenido del Plan de Implementación de BIM en cuatro proyectos de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes, programados para desarrollarse desde el año 2023 según su Plan Multianual de Inversiones (PMI).

1.5. Alcance y finalidad

La investigación centra su análisis en el Gobierno Regional de Tumbes, aplicando la Guía Nacional BIM (2021), la normativa NTP-ISO 19650:2021⁵ y la Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM⁶.

Asimismo, se alinea con la Política Nacional de Modernización de la Gestión Pública al 2021 en sus pilares centrales de «gestión por procesos, simplificación administrativa y organización institucional» y «sistemas de información seguimiento, monitoreo, evaluación y gestión del conocimiento» (D.S. N° 004-2013-PCM, 2013).

La delimitación temporal del presente trabajo es el año 2016 a 2021, toda vez que se incorpora el desempeño del área de infraestructura en la gestión de las obras y proyectos de infraestructura y la documentación existente en el periodo.

En materia de alcance, la investigación abarca exclusivamente a los proyectos de infraestructura y sistemas de gestión desarrollados por el Gobierno Regional de Tumbes, no incorporando en su análisis a las entidades o proyectos especiales adscritos al Gobierno Regional, ni a la infraestructura gestionada por municipalidades. Asimismo, el presente estudio evalúa la implementación de la metodología BIM como herramienta colaborativa en la gestión de infraestructura del Gobierno Regional y no forma parte de su alcance la gestión contractual, o la ley de Contrataciones del Estado.

1.6. Limitaciones

La limitación más importante identificada durante el desarrollo del trabajo de investigación es la recopilación de información del Gobierno Regional de Tumbes. La información brindada por la Entidad se presenta en forma parcial, desestructurada y dispersa. Por ello, se ha limitado el horizonte de evaluación de proyectos al periodo comprendido entre el año 2016 y 2021.

⁵ «Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM – Parte 1: conceptos y principios» (NTP-ISO 19650-1:2021) y «Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM – Parte 2: Fase de desarrollo de los activos» (NTP-ISO 19650-2:2021).

⁶ Resolución Directoral N° 0001-2022-EF/63.01. (31 de marzo del 2022).

Capítulo II: Marco conceptual

Esta investigación evalúa los diversos recursos y capacidades organizacionales requeridas por una organización pública de nivel regional para la adopción de una innovación tecnológica como es BIM. En este sentido, la propuesta se enmarca en el estudio de adopción de innovaciones tecnológicas en organizaciones públicas bajo el enfoque evolutivo de capacidades.

2.1. Marco referencial

Joseph Schumpeter definió el concepto de innovación como la introducción de un nuevo producto o una nueva práctica de producción en forma exitosa en el mercado. Esta permite sustituir prácticas anteriores a través de un fenómeno que denominó "destrucción creativa" (Barletta et al., 2020; Motta y Morero, 2020). Posteriormente, este concepto fue enriquecido a través del reconocimiento de dos características de la innovación: su naturaleza incierta y su condición de proceso. En primer lugar, la característica incierta de la innovación implica la existencia de una conexión frágil o borrosa entre el proceso de investigación y el resultado técnico y, principalmente, el comercial. La segunda condición, establece la innovación como un proceso, en permanente construcción, de carácter local y acumulativo. Es decir, su desarrollo es singular en cada organización y la innovación futura depende de las capacidades acumuladas por la institución (Motta y Morero, 2020).

El campo de estudio de la innovación ha sido la teoría de la innovación y, específicamente, el de la innovación tecnológica, donde el enfoque economicista ha definido gran parte de su ontología y epistemología (Barletta, Erbes, et al., 2020a). En este sentido, un enfoque prevalente ha sido la teoría neoclásica donde la innovación tecnológica es considerada como un insumo más, exógeno a la organización y perfectamente definido, donde su elección está gobernada por criterios de perfecta información y racionalidad de los agentes económicos (Motta y Morero, 2020). Desde el enfoque evolutivo, estos presupuestos son restrictivos en la medida que su cumplimiento en la práctica es imposible. Así, la existencia de incertidumbre, donde el pasado no ofrece información suficiente por la singularidad del evento innovativo, restringe el conocimiento sobre el futuro (información imperfecta), obligando a los agentes a tomar decisiones de carácter esencialmente subjetivo, desarrollados sobre sus propias expectativas y construcciones mentales de los resultados esperados (racionalidad limitada o irracionalidad) (Mazzucato, 2017; Motta y Morero, 2020). Asimismo, señala Katz (1999) en Motta y Morero (2020), este enfoque presenta limitaciones de carácter metodológico en la medida que su propuesta lineal y carente de contexto histórico, temporal y espacial omite en su análisis la incidencia de los procesos de aprendizaje en las organizaciones, su vínculo con las capacidades técnicas y tecnológicas, la incidencia de las organizaciones y las instituciones

en el desarrollo de capacidades agregadas y locales, entre otros (Barletta, Suárez, et al., 2020; Lastres et al., 2020; Motta y Morero, 2020; Nelson, 2020).

En contraposición al enfoque neoclásico, la propuesta heterodoxa denominada evolucionista, con sus expresiones de la escuela Neoshumpeteriana y el Estructuralismo Latinoamericano, han formulado visiones sistémicas donde el crecimiento económico de largo plazo está fuertemente influenciada por el cambio tecnológico y los procesos de adopción, adaptación y aprendizaje de la organizaciones (Barletta, Suárez, et al., 2020; Natera, 2020; Pérez, 2020). Las propuestas evolutivas tienen elementos comunes, como el interés por las diferencias entre organizaciones, los procesos de incorporación de las innovaciones en las organizaciones, en las capacidades que una empresa debe desarrollar, innovar e incorporar en sus procesos o rutinas organizacionales, destinadas a producir una ventaja competitiva, y la articulación entre los múltiples actores en un entorno cambiante que, en conjunto, constituyen los Sistemas de Innovación. Por su parte, el estructuralismo latinoamericano surgió como una rama del evolucionismo para incorporar en su análisis la problemática de las economías periféricas, especialmente la latinoamericana, vinculada a las brechas de productividad, la dependencia tecnológica y la desigual difusión del cambio tecnológico, como elemento perpetuador de las desigualdades y dependencia económica (Arocena y Sutz, 2020; Motta y Morero, 2020).

Desde la perspectiva evolucionista, el enfoque predominante es el basado en capacidades organizacionales (Barletta et al., 2020). Bajo esta perspectiva, las capacidades se definen como la construcción de rutinas de alto nivel que en articulación con la asignación y combinación de insumos permite que la dirección de una organización pueda obtener resultados deseados (Dávila, 2013; Winter, 2000), donde el concepto de rutinas se entiende como comportamientos repetitivos fundados sobre conocimientos tácitos (Winter, 2008). Estas capacidades se caracterizan por el objetivo intencional y específico de una capacidad, la posibilidad de aplicar esta en diferentes direcciones y la condición dialógica subyacente, entendida esta como la articulación de lógicas en aparente contraposición como las rutinas y la improvisación, propias de dinámicas en los procesos de cambio (Dávila, 2013).

Por último, conforme a lo señalado por Schreyögg y Kliesch-Eberl (2007) en Dávila (2013), una capacidad posee tres características: representa una solución a problemas complejos, es ejercida habitualmente de manera efectiva y confiable y se desarrolla a lo largo del tiempo.

2.2. BIM y el enfoque de capacidades

La metodología BIM es una herramienta de trabajo colaborativa destinado a la gestión de la infraestructura durante todo el ciclo de vida (diseño, construcción y operación) a través de

modelos virtuales que hacen uso intensivo de tecnologías de la información, conforme lo registra el Decreto Supremo N° 237-2019-EF (p. 10) en su acápite 1.1⁷.

Su aporte a la mejora en la gestión de la información, a través del trabajo colaborativo, permite extraer beneficios en materia de transparencia en la toma de decisiones, control del tiempo, gestión de la calidad técnica y los costos⁸; cuya sinergia permite mejorar la predictibilidad de las inversiones, su productividad y, en consecuencia, la rentabilidad social de la misma (Decreto Supremo N° 237-2019-EF, p. 10). Para Eubim Taskgroup (2017) su adopción ofrece mejoras en la inversión en infraestructura de entre 15% y 25% de ahorro, además de beneficios sociales y medioambientales producidos por la digitalización, mejora en el diseño y mejora de la articulación con la agenda del cambio climático y uso eficiente de los recursos (p. 4).

Sin embargo, las críticas a los procesos de implementación BIM han sido expresadas por diversos autores y su enfoque puede resumirse en tres líneas de actuación recogidas por Miettinen y Paavola (2014) y Zomer et al. (2021): las estrategias y mecanismos de implementación, las promesas de beneficios y la retórica de producto terminado.

La primera crítica a las estrategias y mecanismos de implementación BIM objeta la visión lineal que usualmente las caracteriza, donde la innovación es un producto exógeno capaz de incorporarse en una organización a través de un conjunto de pasos cuyo seguimiento debería desembocar en la implementación exitosa. Desde enfoques como los estudios de ciencia y tecnología, esta propuesta omite aspectos relevantes como las características locales de la organización, la no linealidad del aprendizaje, las respuestas e intereses y actitudes adversas de los agentes involucrados o los mecanismos de oposición existentes en las organizaciones producto de la presencia de una estructura y un conocimiento operacional previo (Miettinen y Paavola, 2014; y Zomer et al., 2021).

La segunda crítica hace énfasis en la promesa de beneficios que las estrategias de adopción BIM presentan. En los documentos normativos de implementación BIM se promueve la creencia de una relación directa entre los beneficios y la adopción de la tecnología. Estas guías tienden a exagerar los beneficios esperados y a minimizar la importancia del cambio que se necesita para que se alcancen plenamente. Esta crítica se sostiene sobre la ausencia de una base teórica y una evidencia empírica a nivel micro que permita afirmar y cuantificar el aumento de la productividad u otro beneficio de la implementación de BIM (Miettinen y Paavola, 2014; y Zomer et al., 2021).

⁷ «Lineamientos para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas», aprobada mediante a Resolución Directoral N° 007-2020-EF/63.01.

⁸ Acápite 3 de los lineamientos aprobados mediante Resolución Directoral N° 007-2020-EF/63.01.

Por último, se crítica la retórica de producto culminado e integrador de toda la información de un proyecto de infraestructura que los proveedores de *software* atribuyen a BIM. Si bien BIM tiene el potencial para ser utilizado a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de infraestructura, su desarrollo es aún incipiente y aislado de las estructuras modulares que caracteriza a los *softwares* y otras herramientas digitales empleadas en la gestión de los activos, gestión del territorio, el transporte, entre otros. Es decir, BIM no es una herramienta culminada sino por desarrollar (Miettinen y Paavola, 2014; y Zomer et al., 2021).

Ante ello, se plantea el estudio de las brechas de capacidades de adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes desde el enfoque evolucionista de adopción de innovaciones tecnológicas y desde la perspectiva de las capacidades organizacionales, en la medida que estas deben permitir a la organización resolver problemas complejos e implementar rutinas efectivas que permitan el desarrollo de proyectos con BIM en forma confiable y a lo largo del tiempo.

Asimismo, ante las características singulares de la organización, pública y en el territorio peruano, la búsqueda de los componentes que permitan la identificación de estas capacidades o áreas de desarrollo se realiza a través del estudio de las experiencias de adopción desarrollados en el hemisferio norte, en América Latina y el Perú; los requisitos técnicos propios de la metodología BIM (dimensiones, niveles de desarrollo o entorno común de datos); los mecanismos de adopción seguidos por la Unión Europea, el Reino Unido o propuestas de adopción organizacional; y las barreras de implementación identificadas en diversas experiencias de adopción.

Sin embargo, conforme a lo señalado en la definición de capacidades y rutinas, las mismas constituyen comportamientos desarrollados sobre conocimientos tácitos y, en el caso del sector público, sobre respuestas organizacionales desarrolladas a los sistemas administrativos que la rigen. En este sentido, al constituir una capacidad el elemento generador del cambio entre rutinas, el presente capítulo presenta la articulación de los requisitos BIM con la PNMGP, en la medida que rige los ejes de mejora priorizados por el Estado, y los sistemas administrativos de incidencia en la gestión de infraestructura: el SNPMGI y el Sistema Nacional de Abastecimiento.

2.3. Antecedentes de adopción BIM

La normativa peruana define el BIM como «un conjunto de metodologías, tecnología y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura pública de forma colaborativa en un espacio virtual» (D.S. 289-2019-EF, artículo 2, acápite 1). Para el grupo de trabajo de implementación del BIM en la Unión Europea, este es «un modelo digital de construcción, operación y mantenimiento de activos» (Eubim Taskgroup, 2017, p. 4) y para la NTP-ISO 19650-1:2021 es el «uso de una representación digital

compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación con la finalidad de establecer una base sólida y confiable para la toma de decisiones» (p. 8),

Si bien no existe una definición única, se observa un consenso respecto a los elementos que componen la metodología BIM tales como la digitalización de la información de los activos y el trabajo colaborativo a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo de proyecto de infraestructura (como la planificación, diseño, construcción y operación).

2.3.1 Avances BIM en el mundo

El desarrollo conceptual y tecnológico de BIM y los procesos nacientes de implementación y exigencia obligatoria se ha producido, inicialmente, en los países del hemisferio norte, alcanzando difusión en América Latina desde el año 2010 (ver Anexo 5).

Así, los mecanismos de adopción han sido diversos. En países europeos como Finlandia, Reino Unido, Alemania o Francia y en asiáticos, como Singapur, el liderazgo en el proceso de adopción BIM ha sido público, a través del empleo de la capacidad de contratación del Estado y la obligatoriedad de uso BIM en los proyectos de infraestructura pública. Por su parte, países como España, Suecia, Canadá, EE.UU. o Australia, han optado por estrategias disímiles, donde el rol de liderazgo en los procesos de adopción BIM ha recaído en el sector privado o en las administraciones locales, sin obligatoriedad de adopción, ni mandatos nacionales (Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana, 2021; Departamento Nacional de Planeación, 2020; y Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2022).

Estos datos son congruentes con la experiencia recogida en los procesos de adopción BIM en la Unión Europea por el grupo de trabajo EUBIM. En él se ha identificado la creación de políticas gubernamentales, la contratación pública y el liderazgo *top-down* como instrumentos esenciales en el proceso de transformación del sector construcción (Eubim Taskgroup, 2017, p. 24).

Otro elemento identificado por el grupo de trabajo son los niveles de exigencia común para la implantación BIM, que incluyen cuatro campos de actuación: política, aspectos técnicos, procesos y personas y competencias⁹ (Eubim Taskgroup, 2017, p. 27).

⁹ Las acciones de política implican la preparación de los aspectos jurídicos y contractuales, los requisitos en materia de gestión de datos y el plan de ejecución BIM. Los aspectos técnicos incluyen las acciones destinadas a garantizar la seguridad, la creación de información técnica y la validación y empleo de datos. Los procesos requieren la incorporación de protocolos de intercambio de información, trabajo colaborativo y gestión de la información. Por último, las personas y competencias demandan la creación de un marco de responsabilidades, identificación de competencias y creación de incentivos que permitan la adquisición de capacidades (Eubim Taskgroup, 2017, p. 27).

2.3.2 Avances BIM en América Latina

El proceso de adopción de BIM en América Latina ha sido incipiente, con los primeros esfuerzos realizados por países como Brasil, desde 2010, y Chile, desde 2016. Desde el año 2019, se han incrementado los proyectos de implementación de la metodología en numerosos países como Perú, Argentina, Colombia, entre otros.

Brasil también ha estado a la vanguardia en materia de implementación BIM en el sector público latinoamericano, con publicaciones técnicas desde el año 2010, y esfuerzos orgánicos desde el 2017 a través del Comité para la implementación estratégica de BIM (CE-BIM). Su desarrollo incluye la producción de mandatos, guías, protocolos y otros documentos normativos e informativos (Almeida Machado et al., 2021).

En el caso chileno, el proceso de adopción BIM se ha iniciado en el sector público a través del Comité de Transformación Digital (CTD) de La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), quienes en el marco de su programa estratégico ‘Construye 2025’ crearon el Plan BIM en el año 2016. Desde entonces, esta entidad ha trazado sus metas al 2025 a través de tres ejes de desarrollo: la implementación BIM, la estandarización BIM y el desarrollo de capacidades digitales. En el marco normativo BIM se han concentrado en la generación de mandatos, protocolos y guías (Plan BIM, 2021; Almeida Machado et al., 2021).

En Argentina el liderazgo en materia de difusión BIM ha estado en el sector privado, a través de la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO). Desde el año 2019 el sector público, a través del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Viviendas, ha tomado la iniciativa en la adopción en obras públicas mediante la creación del Sistema de Implementación BIM (SIBIM).

En Colombia, el impulsor de la adopción BIM ha sido la Cámara Colombiana de la Construcción. Desde el año 2019, el Departamento Nacional de Planeación, a través de su estrategia BIM Colombia, se ha sumado a esta iniciativa. Su aporte se ha concentrado en la generación de mandatos y guías generales dirigidas al sector público (Almeida Machado et al., 2021).

Sobre los procesos de implementación sudamericanos, ha tenido incidencia el apoyo técnico del Gobierno de Reino Unido, en los planes chileno, peruano y colombiano, y el informe técnico del Grupo de Trabajo Eubim. Ello queda reflejado en las características del proceso de adopción, donde el Estado toma el liderazgo del proceso (*top-down*), a través de la incorporación en sus políticas de gobierno, la construcción de una estrategia gradual y de largo plazo, la exigencia obligatoria de adopción en los procesos de contratación de obra pública y el desarrollo de un marco normativo y técnico, conforme se detalla en Anexo 2).

2.3.3 Avances BIM en el sector público peruano

Los avances en materia de adopción BIM en el sector público se ha desarrollado, principalmente, en el campo normativo, a través de un conjunto de normas, reglamentos y guías destinadas a regular el marco general de adopción y la gestión de la información mediante BIM. El proceso ha sido liderado por el Ministerio de Economía y Finanzas y el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) y encuentra su desarrollo en las normas descritas en la Figura 2.

2.3.4 Avances BIM en el sector privado peruano

En el marco de adopción y uso de BIM en el país, se ha identificado su aplicación desde el año 2010. El camino prevalente ha sido a través del sector privado, empresas constructoras, proveedoras de *software* y consultoras, quienes en una dinámica radial han expandido su empleo, liderado por la gran y mediana empresa¹⁰. El objeto principal de su aplicación han sido las obras de gran envergadura¹¹. Asimismo, las tipologías de infraestructura principales han sido las viviendas masivas, los hoteles, las oficinas y los centros educativos, a través de un uso esencialmente de modelado, con reducidos niveles de colaboración e integración de modelos, siendo su empleo predominante la visualización, el diseño colaborativo, la extracción de metrados y la compatibilización de especialidades (Murguía, 2021).

Acorde a lo señalado por José Salinas y por Danny Murguía¹², la experiencia peruana de implementación BIM ha tenido algunas singularidades en la medida que BIM se ha integrado a otros instrumentos de gestión de proyectos como *Lean Construction*, la ingeniería concurrente integrada, o sesiones ICE, y el desarrollo de métricas o indicadores de desempeño¹³. En todo caso, el elemento más importante a resaltar, como señala Murguía, radica en la construcción de un modelo digital construido en forma colaborativa y destinado a la toma de decisiones, que más allá de los estándares, busca desarrollar, usualmente en forma presencial, sesiones de trabajo donde no solo se intercambie consultas, sino también conocimientos desde las diversas especialidades involucradas en el desarrollo de un proyecto.

2.4. Relevancia de BIM

Los relevancia de la implementación BIM en la gestión de infraestructura abarcan aspectos vinculados a las diversas etapas de desarrollo de los proyectos de infraestructura, conforme se detalla en el Anexo 2.

¹⁰ Más de 250 trabajadores y más de 50 trabajadores, respectivamente.

¹¹ Más de 20,000 metros cuadrados de área techada) o de gran altura (más de 20 pisos).

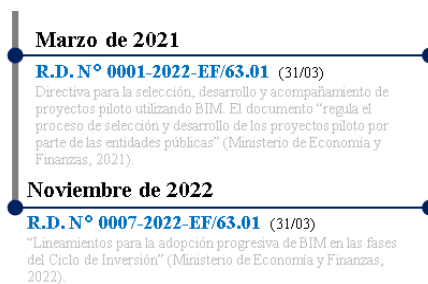
¹² Entrevistas realizadas en 3 de junio del 2022 y el 15 de junio del 2022, respectivamente, y detalladas en el Anexo 11.

¹³ En su conjunto, los cuatro instrumentos han sido recogidos, y en algún nivel elaborado, por la metodología Virtual Design and Construction (VDC), desarrollado por la Universidad de Stanford.

Es decir, puede señalarse como principales aportes de la implementación de la metodología BIM: la mejora de la planificación, la reducción de los sobrecostos y la sostenibilidad de la infraestructura (Navarro, 2018); la mejora de la productividad del sector a través de la incorporación tecnológica, la optimización de los procesos y la reducción de los sobrecostos a lo largo de ciclo de vida del proyecto (Torrico y López, 2018); y el aumento de la transparencia en los procesos públicos, el incremento del valor de la inversión pública en infraestructura y la mejora de la gestión integral del proyecto durante todo el ciclo de vida (Mathews, 2018).

Figura 2. Desarrollo normativo de BIM en Perú.





Fuente: elaboración propia.

2.4.1 Cómo funciona BIM

BIM es una herramienta de trabajo colaborativo soportada por un uso intensivo de TIC, que permiten la creación, el desarrollo e intercambio de información de la infraestructura en armonía con los niveles de detalle y especialidad que demanda el cliente o la etapa de desarrollo del proyecto.

Respecto a los niveles de desarrollo, la misma se soporta sobre dos características: el nivel de detalle y la especialidad implementada. Respecto a la primera, está se define por el nivel de desarrollo (LOD) que representa el nivel de detalle e información estructurada que contendrá la representación digital y gráfica del proyecto (ver Anexo 3) (Gómez Hermoso, 2018; y Tejada, 2018). La segunda es la especialidad contemplada en el proyecto BIM o dimensiones BIM, que abarcan las especialidades descritas en el Anexo 4.

Los instrumentos tecnológicos que hacen posible el trabajo colaborativo pueden identificarse en dos: el Entorno Común de Datos (CDE) y la interoperabilidad. Respecto al CDE, la misma se define como un sistema de gestión de la información mediante un conjunto de reglas que permiten garantizar que los procesos, y las personas involucradas en ellos, compartan información en forma simultánea, actualizada y precisa; canalicen la comunicación y construyan modelos gráficos y paramétricos en forma agregada, garantizando la disposición vigente de los archivos y modelos gráficos en construcción (Eubim Taskgroup, 2017; Gómez Hermoso, 2018; Sacks et al., 2018).

Respecto a la interoperabilidad, consiste en el uso de instrumentos que empleen estándares abiertos o compatibles entre diversos proveedores de *software*, especialidades y empresas participantes en el desarrollo de un proyecto. En este sentido, la asociación *Building SMART*, que agrupa a diversas empresas del sector AEC, desarrolló el formato IFC (*Industry Foundation Classes*) como un estándar abierto, compatible entre aplicaciones y en proceso de ampliación en materia de proyectos de infraestructura (Blanco y Muñoz, 2018; Eubim Taskgroup, 2017). Sin embargo, es importante destacar que, como señalan Blanco y Muñoz (2018), a pesar de sus más de 20 años de desarrollo, el formato IFC, actualmente en su quinta versión, sigue

siendo un formato en desarrollo, satisfactoriamente usado en proyectos de edificación, pero aún en proceso de adopción en otros tipos de proyectos de infraestructura.

Otro elemento sustantivo es el de intercambio de información, como instrumento para garantizar la correcta definición del proyecto (su alcance) y clarificar la información exigida a los diversos proveedores y agentes involucrados en el proyecto. Esto se desarrolla mediante dos instrumentos consecutivos y complementarios: el pliego o requisito de intercambio de información (EIR) y el Plan de Ejecución BIM (BEP). El primero es un instrumento que brinda claridad respecto a la información a producir por los diversos agentes y su objetivo es limitar la generación de información a lo estrictamente necesario en una determinada etapa del proyecto. Este requerimiento contiene tres requisitos específicos: de carácter técnico, que implica definir aspectos de *software*, interoperabilidad, nivel de detalle o dimensiones BIM a implementar; de gestión, destinado a establecer los procesos y procedimientos de comunicación y transmisión de la información durante el proyecto; y de carácter comercial, que definen los resultados finales del modelo BIM, la periodicidad de intercambio de datos y los objetivos de la información solicitada (Eubim Taskgroup, 2017). Por su parte, se establece el BEP como la herramienta de definición de los procesos, los aspectos técnicos, los entregables, los roles y responsabilidades y la producción de información durante el desarrollo del proyecto. Este documento suele ser muy extenso, cuya construcción requiere varias etapas de coordinación entre proveedor y cliente y que debe culminar con un documento específico que permita alcanzar las demandas establecidas en el requerimiento de información.

2.4.2 Respecto a los roles BIM

Respecto a los roles BIM, el desarrollo de la metodología ha ido acompañada con la creación y evolución progresiva de las responsabilidades atribuidas a los diferentes agentes involucrados en el proceso de adopción y aplicación de BIM. Si bien se entiende que estos son dinámicos y están en continuo desarrollo y cambio, para Bosch-Sijtsema et al. (2019), en su artículo '*Professional development of the BIM actor role*', la institucionalización del rol de los agentes BIM constituye un elemento solo posible cuando el sector reconoce su función, sus tareas y responsabilidades y los define con la mayor claridad. Es decir, al actuar como parte del proceso de creación de significados de las identidades profesionales, la definición clara de los roles profesionales, BIM en este caso, favorece su aceptación, institucionalización y actuación en los procesos de cambio.

En este sentido, Sacks et al. (2018) en la publicación '*BIM Handbook*' recoge la propuesta de Uhm et al (2017) que presenta cuatro roles denominados *BIM Project Manager*, *BIM Manager*, *BIM Coordinator* y *BIM Technician* (p. 347). Por su parte, el Plan BIM (Chile) ha realizado una propuesta estructurada que identifica los roles BIM de gestión, dirección,

coordinación, revisión y modelación en BIM. En el entorno nacional, la Guía Nacional BIM (2021) identifica cinco roles BIM denominados líder, Gestor, Coordinador, Modelador y Supervisor BIM (ver Tabla 5).

En general, a las dos primeras se les exige habilidades blandas (experiencia, liderazgo, capacidades comunicativas y educación superior) y en las dos o tres últimas las habilidades duras (habilidades tecnológicas o computacionales y conocimientos especializados).

Tabla 5. Roles BIM identificados por la bibliografía.

Función	Nivel	BIM Handbook (2018)	Plan BIM Chile (2019)	Plan BIM Perú (2021)
Dirección	Nacional / Organizacional	- - -	Dirección BIM	Líder BIM
Dirección	Proyecto	<i>BIM Project Manager</i> <i>BIM Manager</i>	Gestión BIM	Gestor BIM
Coordinación	Proyecto	<i>BIM Coordinator</i>	Coordinación BIM	Coordinador BIM
Supervisión	Proyecto	- - -	Revisión en BIM	Supervisor BIM
Modelación	Proyecto	<i>BIM Technician</i>	Modelación BIM	Modelador BIM

Fuentes: Sacks et al. (2018), Plan BIM Chile (2019) y Guía Nacional BIM (2021)

Elaboración: Propia.

Con mayor detalle y especificidad, el Plan BIM (Chile), ha realizado una propuesta estructurada que identifica cuarenta y dos (42) capacidades distribuidas en 14 temáticas o áreas de incidencia y nueve (9) acciones basadas en la categorización del aprendizaje y su complejidad recogidas en la taxonomía de Bloom (Plan BIM Chile, 2019). En el caso peruano, aunque queda claro que la diferencia principal es el dominio técnico o tecnológico del componente BIM, su listado de responsabilidades evidencia poca estructuración y articulación entre ellas.

2.4.3 Usos BIM

Respecto a los usos BIM, en el marco de las fases del ciclo de inversión establecido en el SNPMGI, a partir de la clasificación de usos del BIM establecidos por Kreider y Messner (2013), adoptado por Chile, y los usos identificados en la Guía Nacional BIM (2019) se agrupan diversas categorías de uso y sus etapas de desarrollo en los proyectos de infraestructura (ver detalle en el Anexo 6).

A diferencia de la propuesta de Kreider y Messner (2013), que propone 25 usos BIM, la Guía Nacional BIM (2021) establece un total de 28 usos. Estos son agrupados en 8 usos destinados a una fase específica del ciclo de inversión, predominantemente aquellos destinados a la gestión del activo; 7 usos destinados a dos fases del ciclo de inversión; 4 usos de carácter

longitudinal que abarcan tres fases del ciclo de inversión; y 9 usos longitudinales, que abarcan la totalidad de fases del ciclo de inversión.

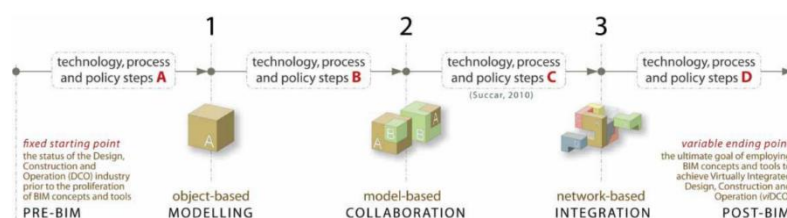
Así, la guía nacional BIM (2021) opta por establecer los 10 usos iniciales que toda entidad deberá prever durante el proceso de adopción BIM a nivel organizacional o en sus proyectos piloto y son los siguientes:

- Levantamiento de condiciones existentes.
- Visualización 3D.
- Revisión de diseño.
- Modelo de información As-built.
- Coordinación de la información.
- Estimación de cantidades y costos.
- Diseño de especialidades.
- Planificación de la fase de ejecución.
- Elaboración de documentación.
- Detección de interferencias e incompatibilidades.

2.4.4 Mecanismos de adopción BIM

Los modelos de adopción de innovaciones, y específicamente de BIM, son múltiples y varían en su enfoque. Entre ellos, se recoge la propuesta de Succar et al. (2012) que sugiere una implementación progresiva a través de cinco etapas de desarrollo BIM: (i) modelado, que consiste en la implementación de la tecnología BIM en sus componentes gráficos; (ii) colaborativo, donde los modelos son acompañados por un CDE que permite a las diversas especialidades trabajar en tiempo real; (iii) integración que consiste en la agregación del componente de gestión de activos, que permite, además de diseñar y construir una infraestructura, gestionar su ciclo de vida, articulándolo con conceptos de sostenibilidad, gestión ambiental, inteligencia de negocios, entre otros; y (iv) etapa post-BIM, donde los conceptos BIM son integrados a otros instrumentos de gestión de proyectos como Diseño y Construcción Virtual (*Virtual Design and Construction*, VDC) y Construcción y Operación Virtual (ViDCO), conforme se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Fases del proceso de implementación BIM.



Fuente: Succar et al., 2012, p. 125.

Para poder implementar este modelo Succar (2009) y Succar et al. (2012) propone la necesidad de desarrollar tres campos de actuación: político, tecnológico y de procesos. El campo político

implica, entre otros, el marco normativo y regulatorio y la labor de gobernanza con las instituciones empresariales, las instituciones educativas y los centros de investigación que permitan construir el ambiente o contexto de innovación suficiente para el desarrollo de capacidades y usos BIM. El segundo campo de actuación es el tecnológico, donde se propone el ejercicio de articulación entre desarrolladores de software, vendedores, infraestructura tecnológica institucional (*hardware*), la gestión de la conectividad y las soluciones en línea requeridos para la óptima colaboración virtual. El tercer y último campo de actuación es el de procesos, que busca preparar y desarrollar las capacidades BIM entre los diversos agentes como los ingenieros y arquitectos, los gerentes de proyectos, los contratistas, los propietarios, los operadores y proveedores.

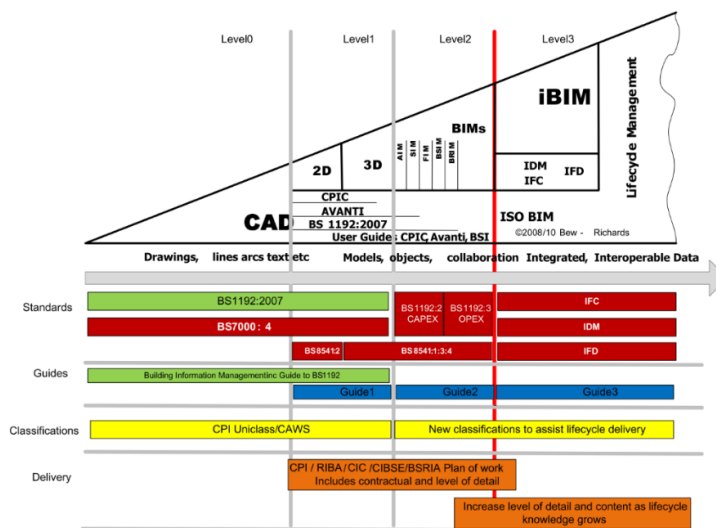
Un segundo modelo es el propuesto por la industria de la construcción de Reino Unido que establece tres niveles de implementación y desarrollo BIM, partiendo de la práctica dominante actual (CAD), se propone desarrollar las competencias en el uso de modelos 2D y 3D, con trabajo colaborativo incipiente y el desarrollo progresivo de estándares de gestión de la información (British Standards Institution, 2018a, 2018b) y guías de uso de los estándares. El nivel 2 de desarrollo BIM, plantea el incremento de campos de actuación BIM que añade al componente de edificación otras tipologías de infraestructura como caminos, puentes, canales y otras tipologías especiales, añade especialidades (arquitectura, estructura, sanitarias, eléctricas y electromecánicas, entre otros) y niveles de detalle (LOD). Esta etapa se caracteriza por la agregación de estándares y guías destinados a regular y optimizar la gestión de la información de los trabajos colaborativos. El nivel 3 propone el desarrollo de iBIM como la incorporación de los estándares de interoperabilidad y la construcción y uso de la información del proyecto en la gestión integral durante todo el ciclo de vida del activo (Figura 4).

Estos modelos plantean propuestas de macro adopción donde se visualizan los componentes a nivel macro bajo una estrategia de implementación vertical que incluye componentes como las políticas, el marco normativo, el desarrollo tecnológico y la gestión de procesos, para la implementación de BIM a nivel país. Es decir, a nivel estratégico y eventualmente cuando se complementan con las recomendaciones de Eubim Taskgroup (2017) en el plano táctico, estando siempre ausente el análisis a nivel micro desde una perspectiva de la institución pública.

En este sentido la propuesta peruana contempla tres niveles de actuación: nacional, organizacional y de proyecto (ver Figura 5). En la primera, bajo el liderazgo del MEF se viene desarrollando un conjunto de documentos normativos y reglamentarios que guían las actuaciones de macro adopción, al tiempo que construyen un lenguaje común de la metodología BIM. En la segunda, aún existe una propuesta por desarrollar, en la medida que

se referencia a un documento no publicado a la fecha «Directiva para la adopción de BIM a nivel organizacional» (p. 154) y se señala que la misma «debe aplicarse con un enfoque estratégico a cada entidad» (p. 154) y «Cada entidad debe elaborar su propio plan de implementación progresivo de BIM» (p. 154). Es decir, se reconoce la necesidad de ajustar el proceso estratégico de adopción BIM a las condiciones singulares de cada entidad, donde la propuesta debe alinearse a los criterios de madurez y progresividad desarrollados en la Guía Nacional BIM (2021).

Figura 4. Fases del proceso de implementación BIM en Reino Unido.



Fuente: BIS, 2011 (p. 40)

Figura 5. Niveles de actuación en el proceso de adopción BIM en Perú.



Fuente: Guía Nacional BIM (2021, p. 155).

Respecto a los niveles de madurez, la Guía contempla seis niveles de actuación (inexistente, inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado) y construidos sobre la capacidad de adquirir tres niveles competencia (inexistente, básico y maduro) en el desarrollo y definición de los requisitos de información de la organización (OIR); requisitos de información del activo

(AIR); requisitos de información del proyecto (PIR); requisitos de intercambio de información (EIR); el plan de ejecución BIM (BEP); el programa general de desarrollo de información (MIDP), conformado por el conjunto del programa de desarrollo de información de una tarea (TIDP); y el entorno común de datos (CDE), conforme se ilustra en la Figura 6.

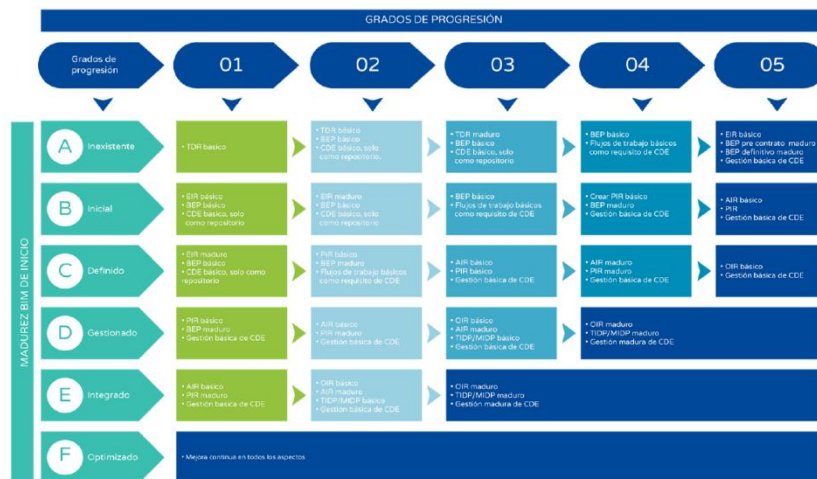
Respecto a los grados de progresión, la guía establece cinco niveles en cada grado de madurez, donde cada nivel implica la mejora en el nivel de elaboración y detalle de la documentación y los requisitos definidos en los niveles de madurez (OIR, AIR, PIR, EIR, BEP, TIPD/MIDP y CDE), conforme se ilustra en la Figura 7.

Figura 6. Niveles de madurez.



Fuente: Guía Nacional BIM (2021, p. 161).

Figura 7. Grados de progresión.

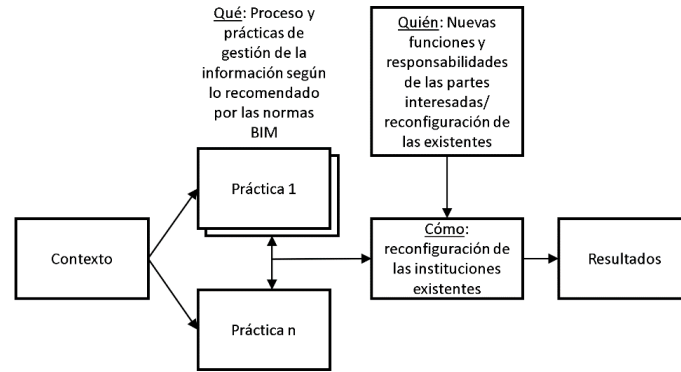


Fuente: Guía Nacional BIM (2021, p. 163).

En contraposición al enfoque *top-down*, una perspectiva micro la ofrecen Jarzabkowski et al. (2016) y Zomer et al. (2021). Los autores sostienen que una perspectiva organizacional permitirá entender cómo los procesos BIM se implementan y desarrollan en la práctica y

entender las condiciones subyacentes que permitan una adopción exitosa de BIM (ver Figura 8).

Figura 8. Fases del proceso de implementación BIM.



Fuente: Zomer et al. (2021, p. 415)

2.4.5 Barreras a la implementación BIM

Acorde a los estudios de Khosrowshahi y Arayici (2012), Newton y Chileshe (2012), Stanley y Thurnell (2014), Memon et al. (2014), Kiani et al (2015), Chan (2014) y Abubakar et al. (2014) en Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda, Malasia, Irán, Hong Jong y Nigeria, respectivamente, y recogidos en el estudio de Li et al. (2017) que añade a China en el análisis, las barreras recurrentes en la implementación BIM pueden agruparse, por orden de recurrencia decreciente, en las siguientes:

- La demanda de cambios organizacionales y modificaciones en la forma de realizar los trabajos (22.2%). Este conjunto de obstáculos abarca la necesidad de cambios en los procesos y la estructura organizacional (nuevos roles y responsabilidades) que exigen una mayor integración y colaboración de los equipos, cambios en la gestión documentaria del modelo vigente, el incremento en las labores de integración y la mayor coordinación con los clientes y proveedores, lo que deviene en mayor carga de trabajo y pérdida de eficiencia, al menos en etapas iniciales (Eubim Taskgroup, 2017; Li et al., 2017; Miettinen y Paavola, 2014).
- El personal y la formación e incluye la falta de personal competente en la operación de los aplicativos (15.6%), la renuencia de los directores y gerentes de proyectos, la ausencia de programas de formación BIM en las instituciones académicas y los altos costos de formación (Eubim Taskgroup, 2017; Li et al., 2017; Miettinen y Paavola, 2014).
- Los costos de implementación (12.2%), que incluye aspectos como la alta inversión requerida por el *hardware* y *software* BIM, los costos de administrativos y de puesta en marcha (Li et al., 2017), que dificultan la adopción en pequeñas y medianas empresas (PYMES).

- La incipiente regulación y requisitos contractuales (11.10%) que se expresan en la ausencia de normativas, estándares, protocolos, guías y bibliotecas paramétricas que permitan estandarizar el flujo de información y guíen el proceso de adopción BIM.
- La infraestructura tecnológica insuficiente, la interoperabilidad, la renuencia de los proveedores de *software* y la seguridad de la información digital (8.9%). Las dificultades están dadas por la falta de infraestructura tecnológica de comunicaciones que permita una transmisión de gran cantidad de datos en forma rápida y confiable; el marco de interoperabilidad entre aplicaciones de *software*, aún incipiente en tipologías de infraestructura distintas a la edificación; el poco compromiso de algunos proveedores de *software* con dominio de mercado a implementar la metodología BIM (Blanco y Muñoz, 2018; Eubim Taskgroup, 2017; Li et al., 2017; Succar et al., 2013); y la necesidad de mejora de la seguridad informática de los productos digitales (Sacks et al., 2018).
- El poco interés de los propietarios de infraestructura que se traduce en una demanda insuficiente (7.8%) (Li et al., 2017).
- La cultura vigente en la industria de la construcción y los aspectos culturales locales (6.7%), cuya fragmentación, modos de trabajo dominantes y aspectos sociales y culturales locales producen resistencia al cambio (Blanco y Muñoz, 2018; Castañón et al., 2018; Eubim Taskgroup, 2017; Heras y Mazarico, 2018; Li et al., 2017; Miettinen y Paavola, 2014; Torrico y López, 2018).
- Percepción borrosa del Retorno de la Inversión (6.7%) debido a la evidencia escasa que los beneficios de la adopción BIM supere a sus costos (Li et al., 2017).
- Las incipiente existencia de políticas y acciones públicas que favorezcan su integración al proceso de adopción BIM (Eubim Taskgroup, 2017) y que permitan construir un marco normativo (roles y responsabilidad), tecnológico (de estandarización y gestión de la información) y de incremento de la demanda de BIM mediante la contratación pública, y la consecuente construcción de un marco contractual que incorpore BIM (Blanco y Muñoz, 2018; Eubim Taskgroup, 2017; Li et al., 2017; Navarro, 2018; Succar et al., 2013).
- Baja definición de propiedad de datos y responsabilidad legal sobre los productos electrónicos (Sacks et al., 2018) y su aún pendiente incorporación en los marcos legales (3.3%) y los procesos de contratación privada y pública, principalmente.

Por su parte, los estudios de Bouhmoud y Loudyi (2020), sobre barreras para la adopción en África, identificó 31 barreras agrupadas en cinco categorías: personal y proceso, políticas públicas, costos, técnicos y legales. En la primera, las principales barreras identificadas corresponden a la resistencia al cambio, la falta de aceptación por parte de los ejecutivos y la falta de concienciación sobre BIM. En la segunda, el autor identifica la falta de normas y directrices comunes. En la tercera, el elevado costo inicial de implantación constituye la

principal barrera, seguido por la falta de evaluación de los beneficios de BIM. En la cuarta, se identifica las barreras técnicas de interoperabilidad limitada y compatibilidad entre herramientas. Por último, dentro de las barreras legales, la ausencia de términos contractuales claros, adaptado a la metodología BIM.

Como se puede observar, la Tabla 6 identifica las barreras y las clasifica en cinco categorías:

Tabla 6. Barreras principales para la implementación de BIM en las organizaciones.

Ítem	Categoría	Descripción
1	Organizacionales (procesos y personas)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La forma de realizar los trabajos y las resistencias al cambio al interior de las organizaciones.
2	Personas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La ausencia de personal competente y la formación deficitaria.
3	Costos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los costos elevados de implementación inicial y una percepción difusa de los beneficios
4	Legales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La regulación insuficiente y los requisitos contractuales incipientes
5	Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de infraestructura tecnológica e interoperabilidad y compatibilidad limitada entre softwares.

Fuente: Li et al. (2017) y Bouhmoud y Loudyi (2020). Elaboración propia.

2.5. BIM y la modernización de la Gestión Pública

La investigación se enmarca en los pilares centrales de gestión por procesos, simplificación administrativa y organización institucional; y sistemas de información, seguimiento, monitoreo, evaluación y gestión de conocimiento. Así, por la naturaleza de uso intensivo de tecnologías de la información (TIC) se articula con el eje transversal de gobierno electrónico, en la medida que el desarrollo de información de la infraestructura y el desarrollo de capacidades institucionales pueden, potencialmente, mejorar «los servicios ofrecidos a los ciudadanos, orientar la eficacia y eficiencia de la gestión pública e incrementar sustantivamente la transparencia del sector público» (D.S. N° 004-2013-PCM, p. 485779), como se ilustra en la Figura 9.

2.6. La Gestión de infraestructura pública en el Perú y los sistemas administrativos

La gestión de la infraestructura pública en el Perú está ligada al proceso mismo de organización del estado peruano, con un conjunto de instituciones territoriales y sectoriales que ejercen de titulares y financiadores de la infraestructura territorial y sectorial destinada a garantizar la atención de las necesidades de la población y de los sectores productivos del país, a través del cierre de brechas y el presupuesto por resultados.

Estas instituciones, están sujetas a once sistemas administrativos. Entre ellos dos ejercen incidencia directa, direccionan el desarrollo de los proyectos de infraestructura y rigen los procesos de abastecimiento: el SNPMGI y el Sistema Nacional de Abastecimiento.

Figura 9. Pilares y ejes de la política de Modernización de la Gestión Pública.



Fuente: D.S. N° 004-2013-PCM.

2.6.1 El Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

EL SNPMGI tiene como objeto orientar el uso eficiente de los recursos públicos en la prestación efectiva de servicios y provisión de infraestructura nacional cuyo objeto es el desarrollo del país (decreto legislativo N° 1252). Así, establece cuatro fases de desarrollo de la inversión pública: programación multianual de inversiones (PMI), formulación y evaluación, ejecución y funcionamiento.

Así, la primera fase se define como aquella destinada a «evaluar las brechas de infraestructura o de acceso a servicios» (D. Leg. 1252, artículo 4.1.a), a través de indicadores. En ella se realiza la programación multianual, se establece la cartera de inversiones y se consolida el programa multianual de inversiones del Estado.

La segunda fase, que sigue formando parte de la etapa de definición de necesidades de un activo (NTP-ISO 55001:2015) o evaluación de viabilidad (Project Management Institute, 2021), es aquella destinada a evaluar la pertinencia de una inversión a través de fichas técnicas o estudios de preinversión, cuando su complejidad lo justifique, así como la evaluación y el registro de los proyectos en el banco de inversiones.

La tercera fase articula dos etapas del desarrollo de infraestructura: la elaboración del expediente técnico, o diseño, y la construcción de la obra o activo (NTP-ISO 55001:2015; Project Management Institute, 2021). En esta, el SNPMGI prevé la elaboración del expediente técnico y la ejecución del proyecto de infraestructura.

La última fase está destinada a la gestión de la operación y mantenimiento de los activos (NTP-ISO 55001:2015), la elaboración de los reportes del estado de los activos, la programación del gasto para la operación y mantenimiento a cargo de los titulares de los activos, y las evaluaciones ex post de los proyectos.

Como se evidencia, en cada etapa existen terminologías propias de la industria, y recogidas en la NTP-ISO 55001:2015 o metodologías como PMBOK (2021) que hacen referencia a una o partes de una fase del ciclo de inversión propuesta por SNPMGI. Por ello, se detalla en la Tabla 7 la correspondencia entre ellas.

Finalmente, Para el desarrollo de estas etapas, el SNPMGI propone una institucionalidad que incluye a los Organismos Resolutivos (OR), la Dirección General de Programación Multianual (DGPMI), la Oficina de Programación Multianual de Inversiones (OPMI), la Unidad Formuladora (UF) y la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI).

Tabla 7. Etapas de desarrollo de infraestructura y las fases del ciclo de inversión.

Ciclo de vida de un activo (NTP-ISO 55001:2015)	Ciclo de vida de un proyecto (PMBOK, 2021)	Fases del ciclo de inversión (SNPMGI)
Necesidad	Viabilidad	1. Programación multianual
Necesidad	Viabilidad	2. Formulación y evaluación
Diseño	Diseño	3. Ejecución (expediente técnico)
Construcción	Construcción, prueba, despliegue y cierre	4. Ejecución (Obra)
Operación y mantenimiento	- - -	5. Funcionamiento
Renovación	- - -	- - -

Fuente: D. Leg. N° 1252, D. Leg. N° 1439, NTP-ISO 55001:2015, Project Management Institute (2021).

Elaboración: propia

2.6.2 Sistema Nacional de Abastecimiento

Este sistema tiene como meta establecer un conjunto de principios, definiciones, normas y procedimientos destinados a asegurar la eficaz y efectiva ejecución de las actividades de la cadena de Abastecimiento Público (Decreto Legislativo N° 1439).

Así, el estado peruano cuenta con dos mecanismos para proveerse de infraestructura pública: la contratación y la administración pública. La primera se encuentra regulada por la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, que establece el proceso y los requisitos que debe cumplir toda contratación pública en las diversas etapas de un proyecto. La segunda se encuentra regulada por la Resolución de Contraloría General de la República N° 195-88-CG. Para este trabajo, se desarrolla todo el análisis de implementación BIM bajo el cumplimiento del marco normativo de la Ley de Contrataciones del Estado.

La ley de Contrataciones del Estado (Ley N° 30225), complementado por su reglamento (Decreto Supremo N° 344-2018-EF), define el proceso de contratación (título II) en cuatro fases: la planificación, las actuaciones preparatorias, la contratación y la ejecución del contrato. Dependiendo de la fase de desarrollo, formulación y evaluación o ejecución, este mecanismo es recurrente, pudiendo variar el procedimiento de selección (ver Figura 10).

Figura 10. Fases del proceso de contratación pública.



Fuente: Ley N° 30225.

La etapa de planificación consiste en la previsión de las contrataciones a realizarse en un año fiscal. La misma se registra en el Plan Anual de Contrataciones de la Entidad (PAC). La etapa de actuaciones preparatorias incluye el cumplimiento de las condiciones previas a la contratación, como el valor referencial de contratación, la aprobación del crédito presupuestario, la elección del método de contratación y el registro de las mismas en las ‘bases del proceso’. La fase de contratación consiste en el desarrollo del procedimiento de contratación conforme al método de contratación seleccionado, que culmina con la firma del contrato. La última fase, la ejecución del contrato, consiste en el desarrollo del contrato, el establecimiento efectivo de las garantías, los adelantos, los pagos y todas las acciones derivadas del desarrollo del mismo.

En general, estas etapas se aplican a las diversas fases establecidas por el SNPMGI, pudiendo variar, entre cada etapa, el método de contratación.

2.6.3 Otros sistemas administrativos

Durante la concepción y desarrollo de los proyectos de inversión pública en infraestructura, el SNPMGI y el sistema nacional de abastecimiento brindan el marco técnico normativo más robusto del proceso. Sin embargo, también forman parte y tiene incidencia otros sistemas tales como:

- El Sistema Nacional de Control. Bajo la rectoría de la Contraloría general de la República, se encarga de salvaguardar el uso adecuado de los recursos públicos a través de intervenciones de seguimiento y control sobre las inversiones públicas en infraestructura.
- El Sistema Administrativo de Presupuesto Público, cuya rectoría es ejercida por la Dirección Nacional de Presupuesto Público del MEF, es responsable de la elaboración, gestión y evaluación presupuestarias de todas las Entidades públicas. Es decir, la disponibilidad de recursos está dada por el cumplimiento al marco normativo desarrollado por el ente rector.

Finalmente, se pueden identificar otros siete (07)¹⁴ sistemas administrativos que inciden en el desarrollo de los proyectos de inversión pública en infraestructura, pero con una incidencia

¹⁴ Los sistemas restantes están conformados por: planeamiento estratégico, gestión de recursos humanos, tesorería, endeudamiento público, contabilidad, defensa judicial del Estado, modernización de la gestión pública.

menor en los procesos de formulación, contratación, disposición de recursos o control de los mismos.

2.7. Síntesis

El capítulo presenta el marco referencial o teórico correspondiente a la propuesta evolutiva de adopción de innovaciones denominada enfoque de capacidades organizacionales. A partir de ello, se hace explícito los conceptos subyacentes de capacidades y rutinas, así como su articulación con la innovación tecnológica denominada BIM.

A continuación, se busca identificar las diversas categorías o dimensiones del proceso de implementación BIM recogidas por la bibliografía revisada. Esta recorre el estudio de los procesos de adopción en el mundo, en la región y en el territorio nacional; sus características y demandas tecnológicas; los modelos de macro-adopción y adopción organizacional; y las barreras que la experiencia internacional ha podido identificar. De igual manera, en el marco del concepto de capacidades y rutinas, el proceso de adopción organizacional de BIM en las entidades regionales requieren una articulación con los avances regulatorios y las exigencias de los sistemas administrativos que rigen en forma específica la gestión de inversiones y el abastecimiento en el país.

A partir de esta revisión, se ha identificado las siguientes categorías o dimensiones a evaluar mediante los instrumentos detallados en el siguiente capítulo:

- Los aspectos organizacionales están determinados por las formas de realizar el trabajo y las rutinas existentes dentro de organizaciones. En este sentido, se observa una ausencia de propuestas organizacionales de modificación de rutinas en los procesos de macro adopción propuestas por Succar et al. (2012) o el proceso de Reino Unido, siendo Zomer et al. (2021) quien presenta una propuesta de implementación BIM a nivel organizacional basada en la identificación y modificación de las prácticas organizacionales vigentes. La Guía Nacional BIM (2019), aunque reconoce este nivel de jerarquía, aún no desarrolla una propuesta.
- Otra categoría relevante es la identificación del personal competente, la necesidad de programas de formación y reclutamiento de personal. Esta categoría ha sido reconocida en los diversos estudios de barreras de adopción BIM, recogidas por Li et al. (2017) y Bouhmoud y Loudyi (2020).
- Una tercera categoría de evaluación identificada es el tema de los costos, recogidos por los estudios de Li et al. (2017) y Bouhmoud y Loudyi (2020) en sus estudios de barreras de implementación BIM, señalan el alto costo inicial y la percepción difusa de los beneficios como un elemento que limita los procesos de adopción BIM.

- La cuarta categoría identificada es la legal y contractual. Los estudios de Li et al. (2017) y Bouhroud y Loudyi (2020) señalan que la regulación insuficiente y los requisitos contractuales incipientes han constituido barreras al proceso de implementación. Por su parte, por sus singularidades en la forma de producción de información, intensiva en uso de TIC, BIM parece demandar una mejor definición de los roles BIM y las responsabilidades sobre los productos generados por BIM en entornos colaborativos, como son los CDE, las condiciones de interoperabilidad (IFC) o los LOD. Asimismo, el estudio de los avances normativos en el sistema de abastecimiento, permiten identificar la ausencia de un marco regulatorio en materia BIM.
- La quinta categoría identificada es el componente técnico, la demanda de infraestructura tecnológica propia de BIM, la adquisición de software y la limitada interoperabilidad (IFC incipiente) constituyen elementos que recoge parcialmente la Guía Nacional BIM (2019) y la R.D. N° 0001-2022-EF/63.01.
- Por último, la sexta categoría es el carácter político y local, que determina el nivel de compromiso público y los avances en materia de políticas y las acciones públicas que viene desarrollando el estado. En este sentido, el capítulo describe el marco que gobierna el proceso de adopción BIM en el país a través de la generación de estándares por parte de INACAL y reglamentos, guías y notas técnicas por parte del MEF. Por tanto, la investigación se enmarca y alinea con las acciones públicas desarrolladas a la fecha en materia de adopción BIM por el gobierno central.

Finalmente, la identificación de estas categorías constituye las dimensiones de exploración que serán desarrolladas mediante los instrumentos de investigación recogidos en el siguiente capítulo. Las experiencias previas, las investigaciones de procesos de adopción y los avances en materia BIM en el país han permitido identificar estas dimensiones y el presente estudio busca articularlas en propuestas de acción para la adopción BIM, entendidas estas como el desarrollo de rutinario de proyectos con BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

Capítulo III: Metodología de investigación

La presente es una investigación cualitativa de diseño investigación-acción destinada a comprender la problemática de la adopción de la innovación tecnológica denominada BIM en las entidades públicas peruanas de nivel regional. Para ello, se revisan y evalúan las teorías existentes y las mejores prácticas en la materia (Hernández et al., 2014). Asimismo, se estudia y describe el caso correspondiente al Gobierno Regional de Tumbes.

El proceso de estudio cualitativo es un instrumento inductivo, interpretativo, iterativo y recurrente que a través de un proceso de recolección de información y análisis nos permitirá examinar la forma como la organización, los individuos que la conforman y los expertos perciben y experimentan el proceso de integración de una innovación tecnológica cuya adopción forma parte de la política pública en materia de gestión de infraestructura.

El diseño o marco de abordaje denominado investigación – acción nos permite diagnosticar problemáticas de naturaleza colectiva, como en las organizaciones públicas, e identificar las causas y consecuencias de estas problemáticas, así como sus propuestas de solución (Hernández et al., 2014).

Este trabajo se realiza bajo el enfoque técnico-científica propuesta por Kurt Lewin (1946) y caracterizada por Hernández et al. (2014) como un conjunto de acciones de planificación, identificación, análisis, implementación y evaluación que en forma recurrente y mediante ciclos repetitivos de análisis permite conceptualizar y definir el problema.

3.1. Muestreo

En investigaciones de diseño cualitativo la relevancia del tamaño de la muestra no obedece a criterios probabilísticos sino a los objetivos de profundidad de la investigación. Para ello, el tamaño de la muestra está definido por factores como la capacidad de recolección y análisis del investigador, el entendimiento de fenómeno (denominado saturación) y la naturaleza del problema analizado (Hernández et al., 2014).

Por tanto, para el presente estudio se ha identificado diversos grupos de estudio, expertos en los procesos de adopción BIM del sector público y privado; funcionarios de la Entidad y responsables de la gestión de la infraestructura.

3.2. Instrumentos para la recolección de datos

Para el recojo de la información se plantea el empleo de los siguientes instrumentos:

- Observación del investigador como instrumento destinado.
- Entrevistas no estructuradas a funcionarios del Gobierno Regional de Tumbes, destinado a realizar una inmersión inicial en el ambiente donde se desarrolla la problemática estudiada.

- Entrevistas semiestructuradas a expertos en adopción BIM, destinadas a identificar las capacidades que deben desarrollar las entidades públicas durante el proceso de adopción BIM.
- Entrevistas semiestructuradas a funcionarios del Gobierno Regional de Tumbes, destinadas a identificar el estado situacional de la gestión de infraestructura y las capacidades en materia tecnológica y BIM existentes en la Entidad.
- Cuestionario a funcionarios del área de infraestructura, destinado a conocer las capacidades para la adopción BIM existentes en todas las áreas involucradas con la gestión integral de los activos, de infraestructura, de la Entidad.

3.3. Rigor de la investigación

El presente trabajo ha seguido el proceso necesario para garantizar los requisitos de dependencia o consistencia lógica, credibilidad, transferencia y confirmación. Respecto a la dependencia, consistencia lógica o estabilidad, se define la misma como la capacidad de una investigación de generar categorías similares con los mismos datos (interna) o con datos recabados por otro investigador (externa). A su vez, la credibilidad o ‘validez máxima’ se define como la capacidad para integrar el significado completo y profundo de los aportes de los participantes, garantizando que la mismas no se vean afectados por sesgos del investigador. Para ello, se ha buscado garantizar la corroboración estructural y la adecuación referencial. Asimismo, la transferencia, o aplicabilidad de los datos, se entiende como una capacidad de trasladar sus resultados a contextos distintos al estudiado, a pesar del carácter singular de una investigación cualitativa. Finalmente, la confirmación se garantiza mediante la capacidad de rastreo de los datos y sus fuentes que la presente investigación ha desarrollado cuidadosamente.

3.4. El proceso de investigación

El proceso de investigación se ha desarrollado en cuatro etapas: la construcción de un marco conceptual, una inmersión inicial en el ambiente del Gobierno Regional de Tumbes, la recolección de información y la interpretación y análisis de la información recolectada.

La primera etapa constituye la construcción de un marco conceptual que se desarrolla sobre la consulta de la información más actualizada y relevante existente en la materia. Ello incluye la consulta a autores referentes en la materia (Succar, Eubim, Miettinen, entre otros) y la revisión de fuentes confiables como las bases de datos Scopus, Web of Science y Science Direct, priorizando la consulta de revistas con índices de impacto Q1, Q2 y eventualmente Q3¹⁵.

¹⁵ En base a la categorización de Scimago.

La segunda etapa consiste en la inmersión inicial en el ambiente del Gobierno Regional de Tumbes destinada a conocer, en forma general, la Entidad, las áreas responsables de la gestión de infraestructura y la problemática que rodea su ejecución. En ese sentido, se desarrollaron entrevistas no estructuradas a funcionarios de las siguientes áreas: Gerencia Regional de Infraestructura (GRI), Procuraduría, Asesoría Jurídica, Oficina de Recursos Humanos, Subgerencia de Planeamiento, Tecnologías de la Información y la Subgerencia de desarrollo institucional (ver Anexo 16). Esta etapa permitió obtener información inicial del estado situacional, datos relevantes de la problemática y un primer acercamiento a las capacidades tecnológicas de la Entidad.

La tercera etapa consistió en la recolección de información, en ella se emplearon los instrumentos de recolección de datos, como las entrevistas semiestructuradas a expertos y funcionarios del Gobierno Regional de Tumbes. Asimismo, se elaboró y validó, con expertos, el cuestionario para la recolección de información de capacidades de funcionarios de las áreas del Gobierno Regional involucradas en la gestión de la infraestructura.

En la última etapa, se desarrolló la interpretación y análisis de la información recolectada, se realizó el diagnóstico de la Entidad y las brechas en materia de capacidades y, finalmente, se propuso un plan de desarrollo de capacidades para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

Capítulo IV: Análisis de la propuesta peruana

4.1. Marco de desarrollo del Plan BIM Perú

El Plan BIM Perú nace de la colaboración entre el Ministerio de Economía y Finanzas y el Gobierno de Reino Unido. Aunque ha recogido las experiencias de países vecinos, el proyecto peruano ha apostado por una construcción normativa y estandarización técnica a través del trabajo de INACAL, adaptando la ISO 19650 (parte 1 y 2), y los documentos emitidos por la DGPMI del MEF: la guía de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú, la Guía Nacional BIM, la nota técnica de introducción BIM en la inversión pública y la directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM.

Como señala Eubim Taskgroup (2017), la incorporación del BIM como política pública era un paso necesario para estimular la madurez de la digitalización del sector, en la medida que su capacidad de contratación constituye un elemento de estimulación en la industria de la construcción. Asimismo, para la abogada Elisa Figuera¹⁶, la construcción de estándares en el sector público constituye un paso necesario y relevante, en la medida que construye el marco de acción de todo funcionario público, donde su capacidad de acción está subordinada a aquello que la ley le faculta.

En el marco del análisis de los documentos específicos, se puede señalar que la guía de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú constituye un documento fundacional del Plan BIM Perú pues traza las líneas de acción que desarrollará el Estado peruano en el proceso de adopción BIM. Este documento recoge las estrategias, guiadas por las dimensiones identificadas por el manual Eubim Taskgroup (2017)¹⁷, y los objetivos específicos que, en conjunto, debería permitir la adopción BIM en el sector público en un horizonte de mediano y largo plazo, al 2025 y 2030, respectivamente. Así, la guía ha sido construida sobre la experiencia en el hemisferio norte y, por tanto, recoge las mejores prácticas a la fecha. Asimismo, al prever una adopción progresiva y de mediano y largo plazo, permite planificar una adopción y adquisición progresiva de capacidades BIM.

El segundo documento revisado es la Guía Nacional BIM (2021), complementaria a las normas técnicas NTP-ISO 19650-1 y 19650-2. Desarrolla un conjunto de términos, estándares y procesos de articulación con las fases del ciclo de inversión del SNPMGI. Asimismo, establece las estrategias de colaboración y la labor de los diversos agentes participantes del proceso. En el marco de adopción en el sector público, dispone de tres niveles de acción: nacional, organizacional y de proyecto. Respecto al primero, describe el rol de liderazgo del DGPMI del

¹⁶ Entrevista efectuada el 24 de junio del 2022.

¹⁷ Los ítems desarrollados incluyen el aumento de la capacidad de la industria, el desarrollo de un marco común de colaboración, comunicación de la visión y promoción de las comunidades y la base del liderazgo público (Eubim Taskgroup, 2017, p. 25)

MEF en materia de implementación normativa y documentaria de alcance nacional. En la dimensión de proyecto, describe el proceso de desarrollo de proyectos con BIM que es complementada con la R. D. N° 001-2022-EF/63.01¹⁸. En el caso del componente organizacional, presenta un desarrollo progresivo basado en niveles de madurez y niveles de progresión, que van enriqueciendo la cadena de información BIM.

Respecto a la nota técnica de introducción de BIM: adopción en la inversión pública, la misma recoge el proceso de adopción vinculado al ciclo de inversión pública bajo el ámbito de aplicación de la Ley de Contrataciones del Estado y el mecanismo de Administración Directa, para las fases de formulación y evaluación y ejecución del ciclo de inversión.

Finalmente, la directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM describe el proceso que seguirán las Entidades que deseen postular a las convocatorias que desarrolle la DGPMI. En sentido, presenta una propuesta que exige un nivel mínimo de madurez BIM, asignada en un nivel inicial (A) y la existencia de personal mínimo competente e infraestructura tecnológica que permita el desarrollo del proyecto.

4.2. Los elementos pendientes

Si bien se identificó que el Plan BIM Perú viene desarrollando un proceso gradual de construcción normativa y estandarización del proceso de adopción BIM, también existen varias dimensiones del proceso que no han sido analizadas o carecen de un desarrollo suficiente que permita identificarlos en el proceso propuesto por el MEF.

En este sentido se han observado cuatro elementos insuficientemente desarrollados. Estos han sido identificados de la siguiente manera:

- Respecto a los roles BIM, estos aún son genéricos y desarticulados de las funciones que se asigna a cada agente que participa en el proceso de desarrollo de proyectos con BIM. La propuesta de la Guía Nacional BIM (2021) es incipiente, genérica, desarticulada del proceso de adopción y gestión de proyectos con BIM y no identifica con claridad las obligaciones de cada uno de los agentes. Asimismo, el documento omite señalar las responsabilidades profesionales y contractuales que corresponde a cada agente que desarrolle estos roles. Conforme a lo señalado por Ragab y Marzouk (2021), la adopción de BIM acarrea cambios en la forma de desarrollar, transferir y compartir la información y no puede estar ajena a la construcción de mecanismos que garanticen las obligaciones de cada una de las partes.
- Respecto al CDE, aunque la Guía Nacional BIM (2021) define que la misma será «establecido, implementado y administrado por la parte que designa» (p. 173), no aclara

¹⁸ Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM.

algunos elementos como la propiedad del modelo, las responsabilidades económicas que exige la tenencia y operación de un CDE o las responsabilidades de las partes ante pérdidas de información. Un último elemento no analizado por el documento es la protección de la información desarrollada, dado que, conforme lo señala Ragab y Marzouk (2021), las empresas proveedores de software no asumen mayor responsabilidad que la que se genere en un periodo breve de tiempo, los mecanismos que adoptará el estado peruano para la protección de esta información y, principalmente, si la misma será centralizada, estará bajo la responsabilidad de la Entidad o se transferirá al área usuaria.

- Respecto a la articulación de las fases del ciclo de inversión, la propuesta ha sido prevista para una aplicación estanca, donde dos fases siguen siendo dos etapas aisladas, desarticuladas y sin propuestas de mejora entre ambas. En este sentido, el documento parte de premisas no verbalizadas, como la idea de ausencia de discrepancias entre ambas. Además, presenta poco detalle respecto al proceso de transición en la gestión de los CDE entre dos agentes externos, consultor o proyectista y ejecutor o contratista, ni las responsabilidades legales que contemple la modificación del modelo.
- Asimismo, la documentación hasta la fecha omite los mecanismos de estímulo que promueva el interés de las Entidades por la adopción.

Entre estos elementos ausentes, podemos identificar tres perspectivas relevantes y necesarias para garantizar la implementación exitosa del BIM en el sector público: el proceso de adopción de innovaciones, la gestión del cambio en organizaciones del sector público y el marco legal y contractual requerido.

- La primera, desde la gestión de la innovación, el enfoque propuesto por la Guía BIM y el modelo de adopción liderado por el MEF responde a un modelo neoclásico, lineal en su implementación que omite una serie de variables locales, culturales y organizacionales que caracterizan a todo proceso de adopción de innovaciones, donde el componente tecnológico es considerado como «explícito, articulado, imitable, codificable y transmisible» (Motta y Morero, 2020, p.37). En este sentido, al ser BIM un instrumento en proceso de desarrollo, incipiente en la cadena de suministro, con limitadas disponibilidad de profesionales plenamente competentes y heterogéneas capacidades institucionales de adopción, es necesario que toda propuesta de adopción incorpore una visión multidimensional, donde se prevean acciones de gobierno y gobernanza que permitan el desarrollo de capacidades organizacionales progresivas, donde el fracaso inicial sea un paso natural del proceso de adopción.
- Un segundo elemento omitido en el marco normativo existente a la fecha es el proceso de gestión del cambio en las organizaciones del sector público. En general, se ha asumido que los procesos de cambio en el sector público son similares al del sector privado lo que

conlleva a omitir características propias de las entidades públicas como las menores presiones competitivas y, por tanto, los menores incentivos a la innovación; la existencia de objetivos múltiples e intangibles, el rol limitado de los gestores públicos y el control político existente sobre la gestión institucional (Piening, 2013). En consecuencia, una propuesta carente de las singularidades del sector público omite un conjunto de variables y dimensiones relevantes cuya ausencia de intervención restringe, limita o eleva el riesgo de fracaso del proceso de adopción BIM, como se identifica en las entrevistas a expertos.

- Un tercer elemento está formado por la perspectiva legal. Para Ragab y Marzouk (2021) existen cinco elementos o categorías contractuales específicas que deben ser incorporados al marco de contratación (sea a través del sistema o en el contrato): la propiedad del modelo, la asignación de riesgos (de carácter dinámico), la colaboración, la pérdida de información y las obligaciones legales de los profesionales, todas ellas omitidas en los documentos revisados.

Capítulo V: Diagnóstico

El diagnóstico del estado situacional, en materia BIM, dentro de la Entidad se ha desarrollado a través de la aplicación de entrevistas semiestructuradas, a los encargados de áreas, y encuestas de capacidades BIM, al personal restante, en las siguientes áreas:

- Oficina de Programación Multianual de Inversiones
- Gerencia de Infraestructura.
- Subgerencia de Liquidación y transferencia de obras.
- Unidad Formuladora de Proyectos.
- Subgerencia de Estudios y Proyectos.
- Subgerencia de Obras y supervisión.

Los instrumentos desarrollados están compuestos por entrevistas semiestructuradas destinados a los encargados de las áreas y encuestas de capacidades BIM al personal presente en la Entidad.

Respecto a las entrevistas semiestructuradas, las mismas han tenido el objetivo de evaluar la cercanía a BIM de los directores o jefes de área, su experiencia con la metodología, las ventajas y barreras que potencialmente pueda presentar el proceso de implementación, su percepción respecto al proceso de adopción liderado por el MEF y sus planes de adopción en la Entidad (ver Anexo 10).

Respecto a las encuestas realizadas, estas evalúan la información demográfica del personal, la experiencia con BIM, el uso en la organización, su percepción respecto a la metodología y el conocimiento que tengan respecto a la política pública de adopción BIM.

5.1. Resultados de las entrevistas a funcionarios

Se han realizado cuatro entrevistas estructuradas a las gerencias y unidades directamente vinculadas al desarrollo de proyectos de inversión en infraestructura: El economista Félix Miguel Barrueta es Coordinador de la Unidad Formuladora de Proyectos, el ingeniero civil Roger Florencio Morán Rivera es Subgerente de Estudios y Proyectos y actual encargado de la subgerencia de Liquidación y Transferencia de Obras, el ingeniero civil Ramón Lima Carhuapoma es Subgerente de Obras y Supervisión y el ingeniero civil Lenin Harol Ávila Silva, actual Gerente de Infraestructura del Gobierno Regional. Todos los profesionales cuentan con 10 o más años de experiencia profesional en el área y con 10 años o más en el sector público (ver Anexo 10).

Respecto a su acercamiento a la metodología BIM, Félix Barrueta manifiesta que la misma se produce a través de capacitaciones desarrolladas por el MEF, Ramón Lima por su cercanía a funcionarios del MEF responsables del seguimiento de las inversiones, Lenin Ávila por su

experiencia a proyectos desarrollados por empresas foráneas y Roger Morán no ha tenido contacto con la misma.

Respecto a la experiencia con BIM, Félix Barrueta manifiesta que su área ya hace uso de la misma a través de un personal destinado a ello. La definición brindada por Félix evidencia una vinculación de BIM a su componente tecnológico, específicamente un *software*. Por su parte, Ramón Lima y Lenin Ávila presentan conocimientos generales de la metodología con poca o nula aplicación específica y directa a proyectos de infraestructura y Roger Morán no cuenta con experiencia.

Respecto a la percepción de las ventajas de la adopción BIM, Félix Barrueta considera que esta trae la modernidad al desarrollo de proyectos y permitirá la agilización de las inversiones en infraestructura. Por su parte, para Ramón Lima la metodología mejora la coordinación del proyecto, permite una gestión más dinámica y la reducción de los atrasos en la ejecución. De forma similar, añade Lenin Ávila, la metodología permite ordenar, planificar, definir con claridad y lograr los objetivos para los que se desarrolla un proyecto de infraestructura.

La percepción de las barreras por parte de los responsables de área de la Entidad indica que éstas están dadas por la resistencia al cambio, la disposición presupuestal, la falta de personal capacitado y la alta rotación, la ausencia de infraestructura física adecuada y la carencia de infraestructura tecnológica.

Finalmente, las entrevistas revelan la ausencia de planes de corto o mediano plazo para la adopción de BIM en la Entidad, en la medida que existe poca claridad en el liderazgo interno requerido, donde las partes entrevistadas señalan a otras áreas, ajena a ellos, como la responsable de iniciar el proceso. Aunque, también identifican la necesidad de contar con la aprobación de la dirección política y administrativa de la Entidad, conforme se detalla en el Anexo 12.

5.2. Resultado de las entrevistas a especialistas

Se han realizado cuatro entrevistas semiestructuradas a especialistas en adopción BIM, con 10 o más años de experiencia en la industria, la academia y el sector público o privado, conforme al perfil profesional detallado en el Anexo 9.

Para los especialistas, las ventajas que BIM le ofrece a la industria es la mejora de la confiabilidad, en materia de costos y plazos de ejecución (Salinas y Rodríguez); el desarrollo de proyectos de alto desempeño, más rápidos y eficientes (Murguía); y la identificación de incompatibilidades tempranas y la integración de la información del proyecto (Figueroa).

Respecto a las barreras que pueden afectar la adopción de BIM en la industria nacional, están determinadas por la ausencia de profesionales plenamente competentes en la metodología

(Salinas, Rodríguez y Murguía), en un nivel de decisión relevante (Murguía); en la cultura de parte y contraparte que caracteriza a la industria, donde la colaboración y el intercambio de información es residual (Figueroa).

Respecto a las barreras en el sector público, se identifica la resistencia al cambio, el compromiso de la dirección y la falta de capacidades y personal competente (Salinas y Murguía); la brecha de infraestructura tecnológica (Murguía); la falta de capacidades BIM en la cadena de suministro (Murguía); la rigidez normativa que no terminan de responder a la diversidad de circunstancias en las que un funcionario se puede encontrar al desarrollar un proyecto de infraestructura (Murguía y Figueroa); el temor permanente en el funcionario a los instrumentos de control que genera inmovilización y resistencia a realizar acciones que no son explícitas en la normativa (Murguía y Figueroa); y la incertidumbre respecto al costo de implementar BIM (Rodríguez).

Respecto a las virtudes que presenta la propuesta de adopción desarrollada por el MEF, algunas de ellas son la progresividad y la presencia de hitos de corto, mediano y largo plazo que permite adaptar las exigencias y capacidades de la Entidades al proceso de adopción BIM (Salinas); la construcción de un marco normativo que otorga funciones a los gestores públicos en materia de implementación BIM (Figueroa); el carácter holístico que tiene la Guía Nacional (Murguía) y la articulación con estándares internacionales (Rodríguez).

Respecto a las limitaciones, los especialistas identifican la existencia de elementos pendientes de resolver como su articulación con el sistema de contratación, con el sistema de inversión pública o el sistema de control (Figueroa); la ausencia de definiciones contractuales en materia de colaboración, las responsabilidades, la distribución de riesgos o la propiedad de la información (Figueroa); la omisión de 10 años de experiencia peruana en la adopción BIM (Murguía) y la aún incipiente difusión entre el sector público y privado (Rodríguez).

Respecto a las dificultades que enfrentará un gobierno regional en el proceso de adopción BIM, esta incluye aspectos como la falta de conocimiento de la tecnología, la resistencia al cambio de los profesionales y el compromiso de la alta dirección administrativa y política (Salinas, Figueroa y Rodríguez); la ausencia de capacidades internas y en la cadena de suministro (Murguía); la incipiente capacidad de adopción BIM y el marco regulatorio necesario para que los funcionarios puedan actuar en forma colaborativa y transversal (Figueroa y Rodríguez); la articulación inexistente entre el marco regulatorio BIM y las regulaciones en materia de contrataciones, inversión pública y control (Figueroa y Murguía); la adecuación administrativa, la implementación del CDE y la alta rotación de funcionarios (Rodríguez).

Finalmente, respecto a los riesgos que acarrea la adopción de BIM en el sector público, se identifica la ausencia de incentivos desde el gobierno central que no crea comportamientos favorables a la adopción BIM (Salinas); el fracaso inicial que puede llevar al retorno al trabajo en entornos tradicionales (Murguía); el desconocimiento de la metodología, que puede llevar a grandes inversiones en *software* que luego no sean adecuadamente usados y, por tanto, desemboquen en grandes pérdidas de inversión (Figueroa y Rodriguez) (ver Anexo 11).

5.3. Resultados de las encuestas

Las encuestas se han realizado en las áreas involucradas en el desarrollo de proyectos de infraestructura. Así, se ha efectuado 43 encuestas del total de 56 funcionarios que laboran en estas áreas (76.8%). Las encuestas están distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 8. Muestra y población evaluada en la Entidad.

Área	Muestra	Población	Encuestados (%)
Oficina de Programación Multianual de Inversiones (OPMI)	7	9	78%
Subgerencia de estudios	13	15	87%
Subgerencia de liquidación	8	10	80%
Subgerencia de obras	8	13	62%
Unidad formuladora	7	9	78%
Total	43	56	77%

Elaboración: propia.

Para la presente investigación no se ha realizado una evaluación estadística, por no corresponder a los objetivos del estudio. Sin embargo, en todas las áreas se ha encuestado a más del 50% del personal de las diversas oficinas. Asimismo, la totalidad de los resultados obtenidos se detalla en el Anexo 8.

5.3.1 Información demográfica

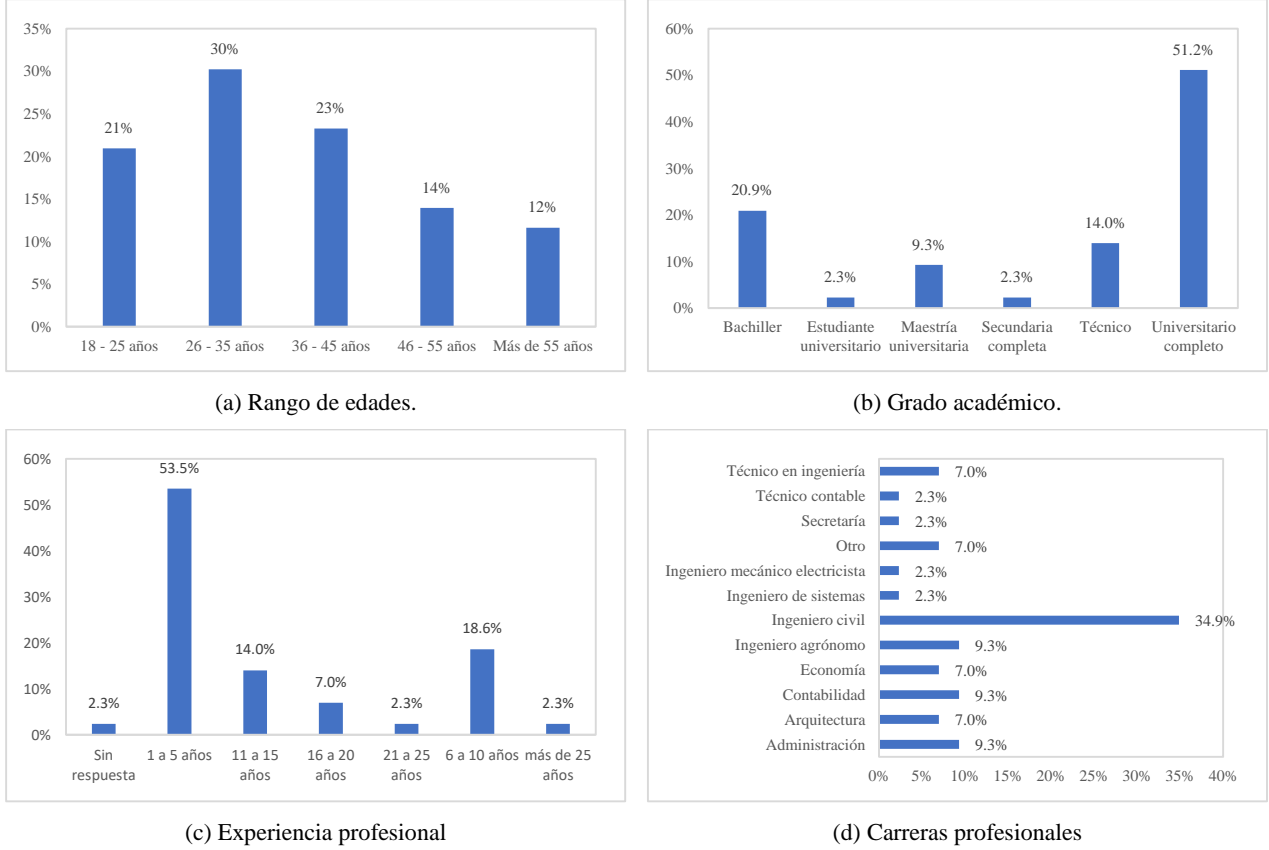
Respecto a la información demográfica de las áreas de la entidad estudiada, el 74% de los encuestados son personal con 45 años o menos. Los grados académicos predominantes son universitario completo (51.2%) y bachilleres (20.9%). Asimismo, el 53.5% cuenta con cinco años o menos de experiencia laboral, donde una parte ha sido desarrollada en el sector público (67.4%) por más de dos años. Respecto a las carreras profesionales, la ingeniería civil es la profesión predominante (34.9%) seguido de administración y contabilidad (18.6%), conforme a lo señalado en la Figura 11.

5.3.2 Experiencia personal y profesional con BIM

Respecto a la experiencia personal y profesional con BIM, el 44% conoce BIM, pero no utiliza actualmente y el 49% no conoce ni utiliza BIM. Apenas 2% conoce y trabaja con BIM, 81%

carece de experiencia alguna con BIM. El 70% de ellos tiene previsto capacitarse en BIM en el próximo año.

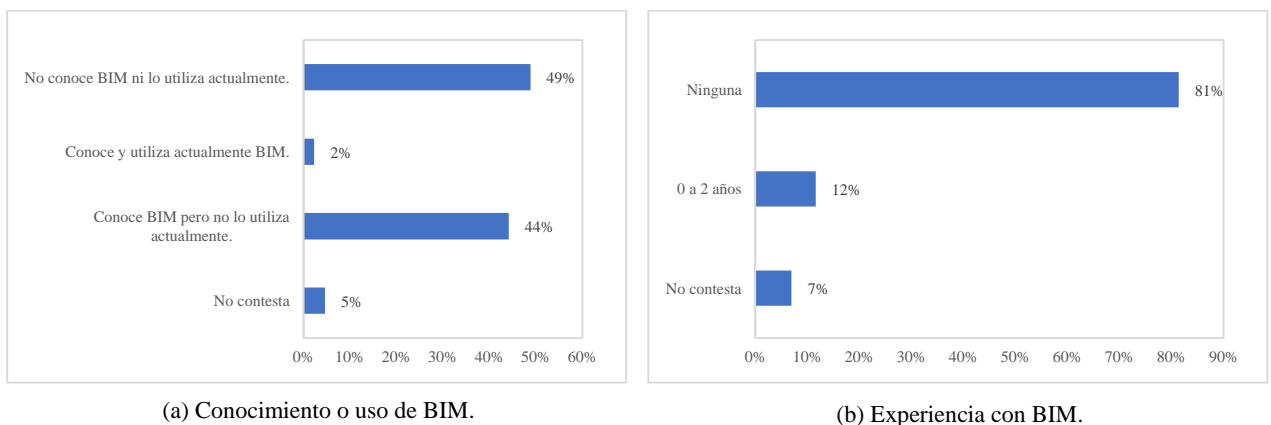
Figura 11. Información demográfica de funcionarios encuestados.

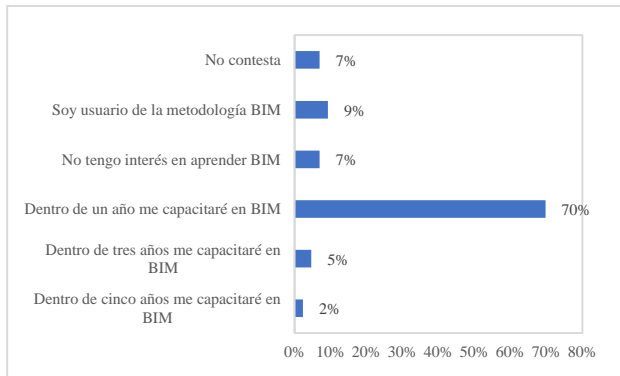


Fuente: elaboración propia.

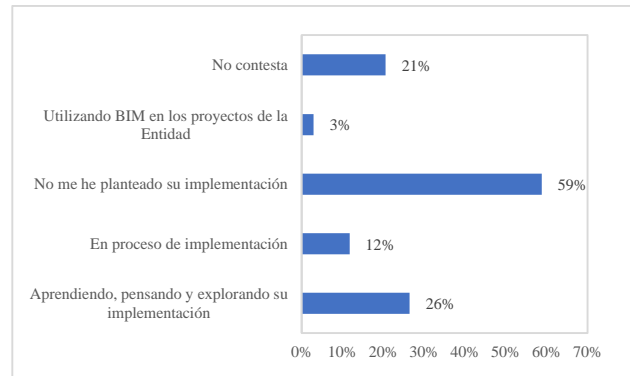
Las encuestas evidencian un personal con una edad predominante entre 26 y 45 años (53%) con experiencia en el sector público, pero con poco contacto con la metodología BIM. Las personas que conocen o han utilizado BIM representan el 44% del total, siendo el 68% de estos menores a los 35 años (ver Figura 12).

Figura 12. Experiencia y expectativas de BIM en los funcionarios encuestados.





(c) Horizonte de aprendizaje de BIM.



(d) estado de recorrido BIM.

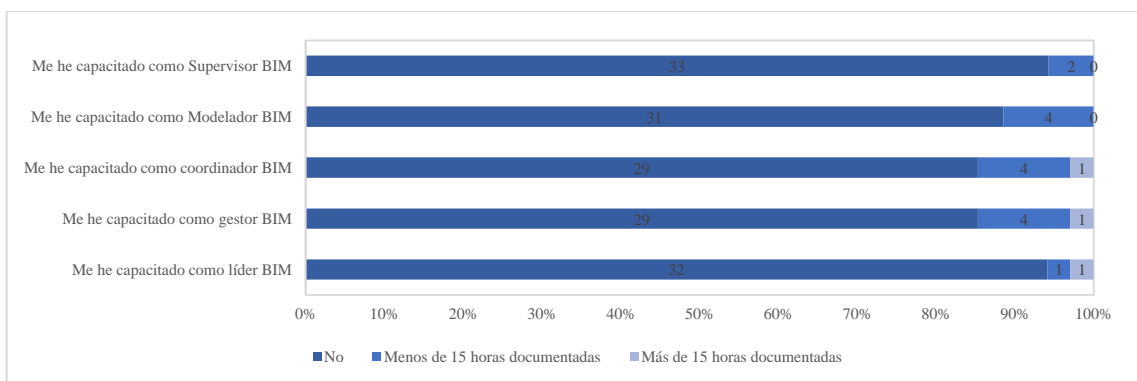
Fuente: elaboración propia

5.3.3 Perspectivas de BIM en la organización

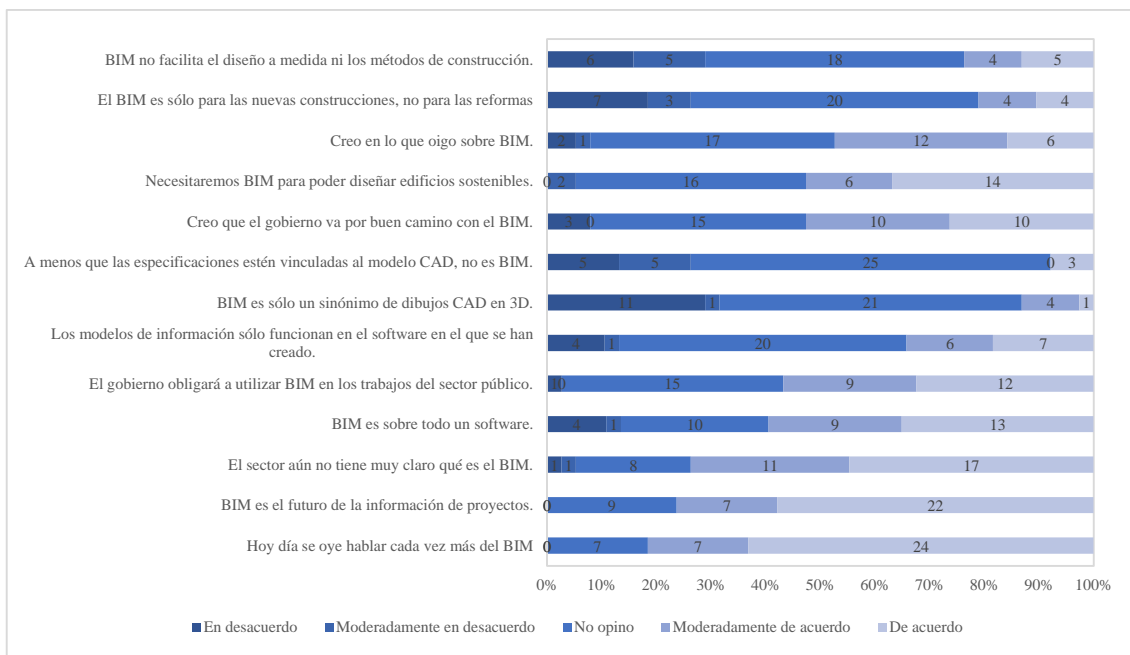
Respecto a la perspectiva que el personal tiene de BIM, se observa como respuesta predominante ‘no opino’, lo que evidencia un alto nivel de desconocimiento en la metodología. Sin embargo, las expectativas de su empleo y aplicación aumentan sustancialmente cuando se pregunta respecto al futuro de BIM (76%) y la confianza en la información que reciben (47%). Asimismo, más del 70% no tiene claridad respecto a lo que el sector construcción entiende como BIM.

Respecto a las capacitaciones en BIM, el 80% o más del personal carece de formación alguna. El porcentaje restante ha tenido capacitaciones como coordinador y gestor BIM, con menos de 15 horas documentadas (ver Figura 13).

Figura 13. Perspectivas de BIM entre los funcionarios encuestados.



(a) formación en BIM



(b) percepción y expectativas respecto a BIM

Fuente: elaboración propia.

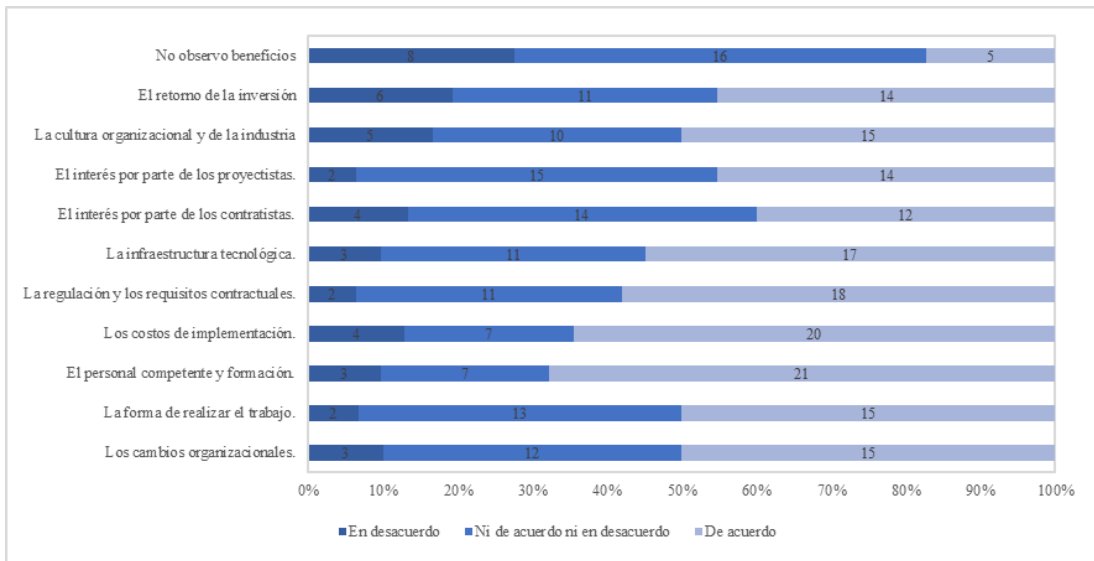
5.3.4 Aspectos técnicos

En la Entidad el software BIM más utilizado para el desarrollo de proyectos de infraestructura es el Autocad, de Autodesk, con 30 usuarios en todas las áreas, seguido por Autodesk Revit con 9 usuarios. Respecto a los estándares de interoperabilidad (IFC) y de mantenimiento y operación de activos (Cobie), 31 encuestados contestaron las preguntas y en su mayoría, 31 y 29, respectivamente, contestaron que desconocen estos instrumentos.

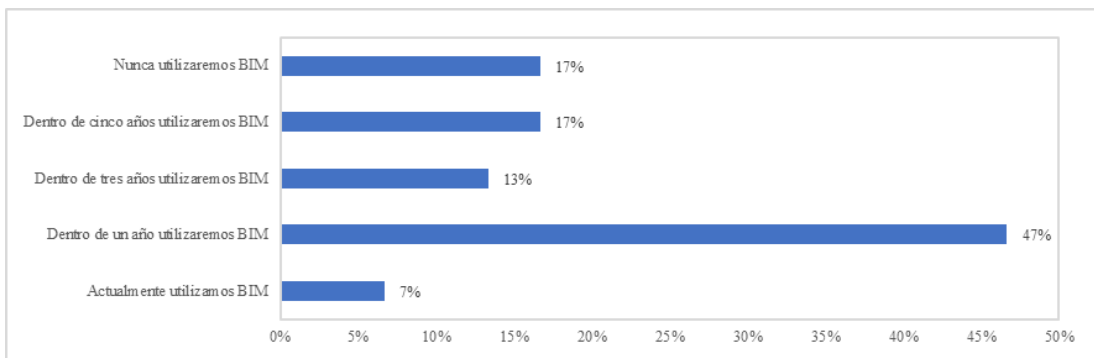
5.3.5 Percepción de BIM

Respecto a la percepción de BIM, la falta de personal competente, los costos de implementación, la regulación y los requisitos contractuales, la infraestructura y la cultura organizacional y de la industria constituyen, para el 50% o más de los encuestados, las principales barreras para la adopción de BIM en la Entidad, observándose también una importante cantidad de respuestas neutras, 30% en promedio, o sin una opinión al respecto. Sin embargo, las expectativas señalan que el 70% considera que BIM es el futuro de la información de proyectos y 60% considera que la Entidad podrá adoptar con éxito la metodología en un plazo de entre uno (53%) y tres años (67%), existiendo un 17% de encuestados que considera que nunca adoptarán BIM (ver Figura 14).

Figura 14. Percepción de BIM en la entidad.



(a) Barreras percibidas entre los funcionarios.



(b) Perspectiva de adopción BIM en la Entidad.

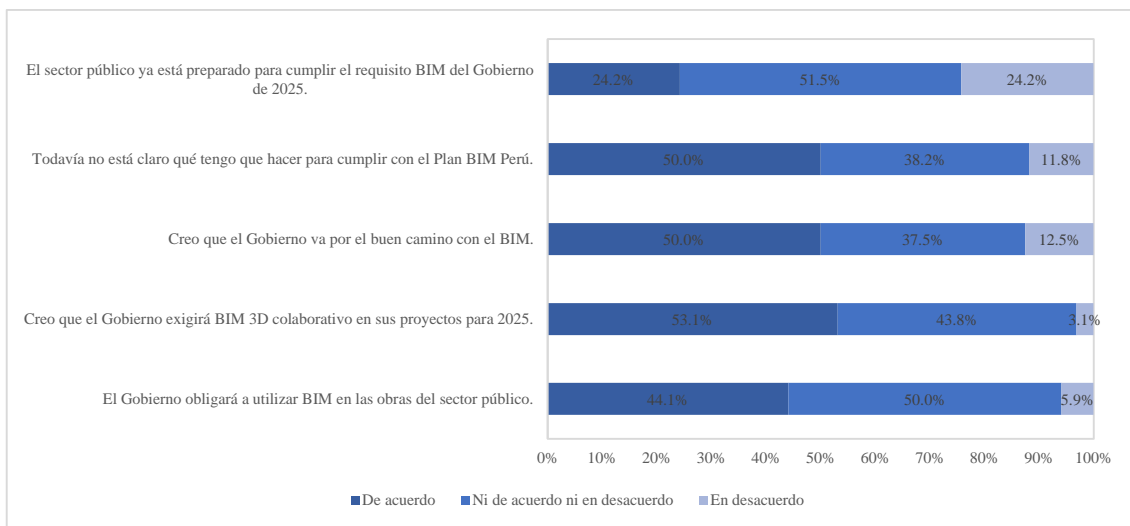
Fuente: elaboración propia.

5.3.6 BIM y políticas públicas

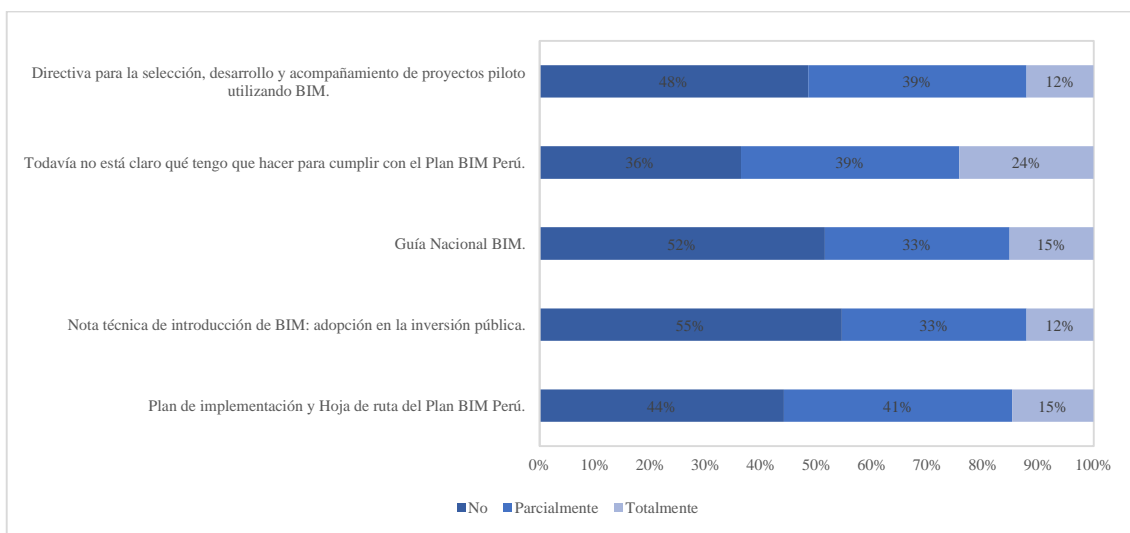
Respecto a la política pública de adopción de BIM en el sector público, el 24% considera que el sector público ya está preparado para la adopción de BIM y el 50% no tiene claro lo que tiene que hacerse para adoptar BIM. El 40% o más de los encuestados consideran que este será un requisito del Gobierno en los próximos años, un 40% no tiene una opinión formada respecto a los avances de la política pública.

Finalmente, respecto a la normativa en materia BIM, el 50% de los encuestados, aproximadamente, no está familiarizado con estos documentos y el 35% presenta un nivel de familiaridad incipiente o parcial de los mismos (ver Figura 15).

Figura 15. Percepción de la política pública de adopción BIM.



(a) Percepción y expectativas del proceso implementación.



(b) Conocimiento de los documentos desarrollados como parte del Plan BIM Perú.

Fuente: elaboración propia.

5.4. La organización y la adopción

A partir de los resultados de las entrevistas y las encuestas, se puede caracterizar a la organización, sobre la base de las dimensiones previamente descritas, de la siguiente manera:

- La organización cuenta con personal con una edad media entre 26 y 45 años, donde los jóvenes de 25 años o menos representan el 21% del personal.
- Los conocimientos en BIM parecen restringirse, en el mejor de los casos, al modelamiento a través de la plataforma Revit o a un uso externo a la Entidad, en la medida que sus directores manifiestan las carencias en materia de software licenciado que presenta la Entidad, la ausencia de aplicativos de CDE y el desconocimiento de los estándares IFC y

Cobie. Asimismo, el porcentaje de personal capacitado en algún aspecto de BIM no supera el 20%.

- El trabajo en las áreas técnicas es predominantemente a través de dibujos en 2D, desarrollados o intercambiado a través de archivos desarrollados en Autocad 2D, eventualmente Revit o Autocad Civil 3D. En ningún caso se emplea plataformas de CDE.
- Respecto a las expectativas BIM, a pesar de la ausencia de formación, la mayor parte del personal tiene una perspectiva optimista en el proceso de adopción BIM, en la medida que consideran que esta representa el futuro del sector, planean capacitarse dentro de un año y confían que el BIM se implementará en el sector público en los próximos tres años o menos.
- La Entidad también evidencia precariedad en materia de personal, donde los encargados de las áreas reconocen la alta rotación, producto de contratos temporales o precarios, que limita el efecto de las capacitaciones, en la medida que cuando las competencias requieren ser aplicadas, ya no cuentan con el personal.
- En materia de recursos tecnológicos, las entrevistas evidencian precariedad de las mismas, con espacios físicos inadecuados, tecnología insuficiente (*hardware*) y carencia de programas licenciados.
- En materia de procesos y gestión institucional, las entrevistas arrojan una desactualización de los documentos de gestión institucionales, donde el MOF no recoge las competencias, conocimiento y experiencia que debe tener el personal para la adopción de BIM.
- Por tanto, podemos evidenciar que, a partir de las dimensiones evaluadas, la Entidad presenta un nivel de madurez nulo en materia de adopción BIM. Así, sobre esta premisa se desarrollará la propuesta del plan de implementación BIM.

5.5. Metodología del marco lógico y factores de intervención

Para la construcción de la propuesta óptima de intervención que permita la adopción exitosa de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes, se ha hecho uso de la metodología del marco lógico. Para ello, se realizó la triangulación de tres fuentes de información estudiada y tres instrumentos de recolección de datos: referencias bibliográficas de revistas indexadas, entrevistas a expertos en BIM y entrevistas a funcionarios responsables de área, acompañado de encuestas a funcionarios de las áreas (ver Tabla 9). A partir de ello, se ha identificado las relaciones de causalidad y los diversos factores de intervención que se detalla en el árbol de problemas (Anexo 13) y el árbol de objetivos (ver Anexo 14).

Tabla 9. Categorías de barreras para la adopción de BIM en la industria identificadas en las fuentes recopiladas.

Categorías	Barrera	Bibliografía	Expertos	Responsables de área	Funcionarios
Organizacionales	Falta de compromiso de la dirección política	X	X	X	
	Falta de conocimiento BIM en la dirección administrativa		X	X	
	La cultura organizacional y de la industria	X	X		X
	Procesos ineficientes			X	X
	Documentación incompatible con requisitos BIM		X		
	Resistencia al cambio	X	X		X
	Cadena de suministro poco preparada		X		
Personas	Falta de formación en BIM y gestión de proyectos	X	X	X	X
	Falta de personal capacitado en BIM y gestión de proyectos	X	X	X	X
	Precariedad laboral			X	X
Costos	Incertidumbre del retorno de la inversión	X	X		X
	Costos de implementación inicial	X	X		X
Legales	Responsabilidad difusa sobre productos generados por BIM	X	X		
	Regulación insuficiente y requisitos contractuales incipientes	X	X		X
	Rigidez normativa		X		
Técnicos	Falta de espacios físicos adecuados			X	
	Infraestructura tecnológica incipiente	X	X	X	X
	Falta de software BIM	X	X	X	X
	Interoperabilidad limitada	X	X		
Políticos	Existencia incipiente de políticas y acciones públicas	X	X		
	Falta de interés por parte de los propietarios	X			

Fuente: elaboración propia.

A partir de las categorías identificadas y el análisis de causalidad en el proceso de maduración de capacidades para la adopción BIM, se definieron seis componentes de intervención. La matriz de marco lógico, detallada en el Anexo 17, plantea la intervención a través de 15 acciones que busca resolver las categorías causales que permitan mejorar las capacidades institucionales para la adopción de BIM, conforme se detalla en la Tabla 10.

5.6. Alcance de la propuesta: adopción en la organización y proyectos piloto

Desde esta perspectiva, el presente estudio recoge la experiencia peruana y plantea, como parte del desarrollo de capacidades BIM, la construcción de la infraestructura física y tecnológica destinada al desarrollo de sesiones ICE desde etapas tempranas del proyecto de adopción BIM en la Entidad, donde se buscará integrar, semanalmente, al personal involucrado en todo el proceso de adopción.

Tabla 10. Resumen narrativo de fin, propósito y componentes identificados para la adopción de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

Objetivo	Resumen narrativo	Acciones
Fin	F1. Gestión de proyectos de infraestructura mejorados. ---	
Propósito	P1. Nivel de madurez mejorado para adopción de BIM. ---	
Componentes	C1. Legitimación del cambio organizacional.	A1.1. Sensibilizar a la dirección política en materia BIM. A1.2. Capacitar a la dirección administrativa. A1.3. Rediseñar procesos. A1.4. Adecuar documentos institucionales a requisitos BIM. A1.5. Sensibilizar a funcionarios en adopción BIM. A1.6. Designar comité de adopción BIM.
	C2. Personal competente en BIM.	A2.1. Capacitar al personal BIM. A2.2. Contratar personal competente en BIM.
	C3. Conocimiento de los costos de implementación BIM.	A3.1. Definir costos de adopción BIM. A3.2. Establecer sistema de monitoreo de resultados de adopción BIM.
	C4. Marco regulatorio y contractual maduro.	A4.1. Definir roles y responsabilidades BIM. A4.2. Definir modelo de contratos con BIM.
	C5. Infraestructura física y tecnológica mejorada.	A5.1. Construir infraestructura para gestión de proyectos. A5.2. Adquirir infraestructura Tecnológica.
	C6. Cadena de suministro preparada.	A6.3. Desarrollar campañas de difusión de política regional BIM y plan de adopción regional

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI: Propuesta de contenido del plan de implementación BIM

La propuesta de contenido del plan de adopción de BIM en el gobierno regional de Tumbes busca desarrollar seis componentes destinados a alcanzar un nivel de madurez B1¹⁹ al tiempo que sienta las bases para la progresión y madurez de las capacidades BIM organizacionales. Por ello, y acorde a los alcances de la presente investigación, se ha realizado una planificación preliminar y una estimación de costos de clase 5²⁰. Asimismo, se ha desarrollado el análisis para cada uno de los proyectos detallados en el acápite 1.2 y resumidos en la Tabla 11:

Tabla 11. Proyectos de infraestructura seleccionados del PMI 2023-2025.

Código único	Nombre de la inversión	Función	Costo actualizado (S/.)	Periodo previsto	Nivel de ejecución	Plazo ET (meses)	Plazo Obra (meses)
2443356	Mejoramiento del servicio de educación básica regula de la Institución Educativa N° 093 Efraín Arcaya Zevallos.	Educación	22'560,060	2023-2024	Expediente técnico	- - -	16
2471263	Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud en el centro de salud La Cruz, nivel I de la micro-red Corrales.	Salud	37'300,158	2024	Preinversión	3	10
2542945	Mejoramiento de la ruta departamental TU-105, tramo Rica Playa – La Bocana.	Transporte	15'066,183	2023-2024	Preinversión	4	5
2490993	Creación de la planta de tratamiento de agua potable para 4 distritos de la provincia de Tumbes.	Saneamiento	78'335,457	2024-2025	Preinversión	9	21

Fuente: Cartera de inversiones del Programa Multianual de Inversiones 2023-2025²¹

Elaboración: propia

La selección de estos proyectos se basa en el interés por contar con plazos prudentes para la adaptación de la organización a los requisitos organizacionales que demanda BIM, su presencia en el PMI 2021-2023, el desarrollo culminado de la etapa de formulación y

¹⁹ Guía Nacional BIM (2021, p. 163)

²⁰ AACE Prácticas recomendadas N° 18R-97: Sistema de clasificación de la estimación de costes aplicado a la ingeniería, el aprovisionamiento y la construcción para las industrias de procesos (AACE, 1997).

²¹ Aprobada mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 000039-2022/GOB.REG. TUMBES-GR.

evaluación y el cumplimiento de las condiciones para proyectos piloto con BIM (Artículo 7 de la Directiva N° 0001-2022-EF/63.01), acorde a lo detallado en el Anexo 7.

6.1. El desarrollo del proyecto de adopción BIM

A partir de lo expuesto, se ha identificado un conjunto de actividades y componentes por desarrollar a fin de permitir una adopción integral y exitosa de la metodología BIM en el Gobierno Regional de Tumbes. Para ello, se ha definido dos fases de desarrollo:

6.1.1 El proceso de adopción en la organización

Esta fase propone un conjunto de actividades destinadas a obtener el compromiso de la dirección y el desarrollo detallado del proyecto de adopción. Para ello se propone las etapas ilustradas en el mapa de procesos del Anexo 15 (a) y definidas a continuación:

- Designación del comité BIM. Constituido por el personal designado por las áreas con 5 o más presencias requeridas para el desarrollo de actividades definidas en la matriz de marco lógico. Para este trabajo se identificaron a la OPMI, la Unidad Formuladora de Proyectos, la Gerencia de Infraestructura, la Oficina Regional de Asesoría Jurídica, la Oficina de Recursos Humanos, la Oficina de Tecnologías de la Información, la Gerencia Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento, conforme a lo detallado en el Anexo 16.
- Sensibilización de la dirección política. Etapa constituida por el desarrollo de actividades de capacitación e inducción a la dirección política de la Entidad: presidente, vicepresidente y consejeros regionales. Esta actividad está destinada a obtener el apoyo de la dirección mediante la exposición de la naturaleza, avances y beneficios de la adopción de BIM en el sector público. De la misma manera, se busca presentar los objetivos y avances de la política de adopción BIM del Estado Peruano. El objetivo de estos talleres es el desarrollo de una política regional de adopción BIM.
- Sensibilización de la dirección administrativa de la Entidad. Etapa constituida por el desarrollo de actividades de capacitación e inducción a la dirección administrativa y gerencial de la Entidad: gerentes regionales, gerentes, jefes, directores, subgerentes u otros cargos de jefatura de las áreas que requieren articulación para la adopción BIM (ver Anexo 16). A diferencia de la etapa anterior, esta deberá empezar a abarcar algunos aspectos técnicos (de gestión, de infraestructura o tecnológicos) y contractuales que requiere desarrollarse para la adopción BIM. El objetivo de estos talleres es el desarrollo de una hoja de ruta regional de adopción BIM.
- Elaboración del proyecto de adecuación BIM. Etapa destinada a elaborar el proyecto de adecuación BIM en la Entidad. A diferencia de la presente investigación, el objetivo de

esta actividad es el desarrollo de la ingeniería de detalle, el presupuesto de clase 1²² y el cronograma de ejecución del proyecto.

- Aprobación, programación en el PMI y asignación de presupuesto. Esta etapa abarca las actividades destinadas a la disposición de partida presupuestal que permita el inicio de ejecución del proyecto y el desarrollo de las actividades previstas en la ingeniería de detalle.
- Ejecución del proyecto. Etapa destinada al desarrollo de capacidades BIM para su adopción en la Entidad. Esta etapa abarca las actividades complementarias identificadas en la matriz de marco lógico y se detalla en el acápite siguiente.
- Seguimiento y medición de resultados e impacto del proyecto. Etapa que abarca el sistema de seguimiento y medición de indicadores de resultado e impacto de la adopción BIM en los proyectos específicos y en la estructura organizacional del Gobierno Regional de Tumbes.

6.1.2 Propuesta de ejecución en proyectos piloto

Esta fase propone un conjunto de actividades destinadas desarrollar durante la ejecución de proyectos piloto. Para ello se propone las etapas ilustradas en el mapa de procesos del Anexo 15 (b) y definidas a continuación:

- Sensibilización a funcionarios. Etapa destinada a la legitimación interna del proyecto de adopción BIM. Esta debe desarrollarse mediante talleres informativos y de discusión y está destinada a todos los funcionarios de las áreas vinculadas a las fases del ciclo inversiones en proyectos de infraestructura.
- Diseño de procesos de la Entidad con BIM. Etapa destinada a proponer una modificación en los procesos de gestión de la Entidad de los proyectos de infraestructura. Está dirigida por el Comité BIM y busca proponer un diseño de procesos institucional que articule las necesidades de BIM (NTP ISO 19650), las normativas asociadas a BIM (Guía Nacional BIM) y los sistemas administrativos del Estado, con especial énfasis en el SNPMGI, el sistema de contrataciones y control interno. El objetivo de esta etapa es la búsqueda de máxima eficiencia en la gestión de la información de proyectos de infraestructura a lo largo del ciclo de inversiones.
- Definición de roles y responsabilidades. Etapa destinada a definir con claridad, y en el marco jurídico y administrativo nacional, los roles y las responsabilidades administrativas y legales de los diversos agentes involucrados en el proceso de desarrollo de proyectos

²² Cuyos costos unitarios ha sido elaborados sobre la base de una ingeniería de detalle (expediente técnico) y está destinado al desarrollo de procesos de licitación (AACE, 1997).

con BIM. Esta actividad no busca establecer nuevos cargos en la Entidad sino integrarlos en las ya existentes.

- Adecuación de documentos institucionales. Actividad destinada a la modificación de los documentos institucionales que permitan la integración de BIM y el desarrollo de capacidades institucionales. Incluye la integración de los procesos BIM, la modificación del manual de Organización y funciones (MOF), el Plan de desarrollo de personas (PDP), el programa multianual de inversiones (PMI), el Plan Operativo Institucional (POI), las especificaciones técnicas de proyectos con BIM, entre otros documentos internos que permitan el desarrollo del proyecto piloto con BIM.
- Construcción de infraestructura física. Respecto a la infraestructura para el desarrollo de trabajos bajo la metodología BIM, ante la ausencia de espacios físicos adecuados, identificado por los gerentes y subgerentes del área de infraestructura de la Entidad, se prevé la construcción de espacios para el desarrollo de proyectos con BIM que implican la habilitación de 24 m² de oficinas, 30m² de sala de reuniones y mobiliario (escritorios, mesa de reuniones, sillas, libreros y archivo), por proyecto a desarrollarse con BIM.
- Implementación de infraestructura tecnológica. Respecto a los niveles de desarrollo, el nivel de progresión inicial B1 plantea el desarrollo de requisitos de intercambio de información (EIR), planes de ejecución BIM (BEP) y uso de entornos comunes de datos (CDE) básicos, esencialmente como repositorios. En el caso de proyectos iniciales, se prevé un nivel de detalle LOD 2 (representación genérica). En consecuencia, se ha definido la propuesta de implementación tecnológica, a nivel de *software*, de aplicaciones de modelado, visualización y entorno común de datos (CDE), con capacidad de generar información en protocolos IFC. Respecto a ello, se debe recomendar la adquisición de aplicaciones de modelado y CDE, existiendo un conjunto de herramientas de visualización gratuitas (ver Anexo 18).

Respecto al *Hardware*, se ha identificado los requisitos técnicos óptimos recomendados por los aplicativos ofertados, observándose que las mismas carecen de existencia en la Entidad. Las mismas incluyen computadoras de trabajo, computadoras de modelado, monitores, proyector y otros equipos de oficina de ingeniería.

- Capacitación al personal. En el marco del desarrollo de la presente investigación, se propone la conformación de una estructura organizacional que desarrolle capacidades BIM a través de un proceso mixto, de capacitación y reclutamiento, de gestores, coordinadores, supervisores y modeladores BIM. En el caso de los gestores y modeladores, se recomienda contemplar la capacitación de funcionarios de la Entidad. Los mismos integrarán los equipos de proyecto con coordinadores y supervisores BIM reclutados para cada proyecto específico. En general, el comité de Gestión BIM deberá

diseñar y articular los cargos que asumirán estos roles, en la medida que ellos no constituyen cargos sino un conjunto de actividades, poderes y responsabilidades en la cadena de gestión de la información en proyectos que incorporen BIM.

- Contratación de personal competente. se deberá buscar la incorporación de personal competente en las especialidades que demande el proyecto y, además, en las aplicaciones BIM que se emplearán durante su desarrollo. En general, se recomienda que las funciones BIM asignadas a los especialistas sea de supervisor y coordinador BIM, aunque esta puede modificarse en función de las necesidades del proyecto y las competencias del personal de la Entidad.
- Definición de modelos de contratos. Consiste en la incorporación explícita, de no desarrollarse a través de modificaciones en la Ley de contrataciones y su reglamento, de aspectos contractuales como la propiedad del modelo, la asignación de riesgos, la colaboración, la pérdida de información y las obligaciones contractuales de los profesionales.
- Desarrollo de campañas de difusión. Consiste en seguir lo señalado por Succar y recogido por los estudios de macro adopción de Murguía (2019, 2021) y Succar y Kassem (2015), en materia de acciones comunicativas. Esta actividad busca difundir los avances y los proyectos a desarrollarse con BIM a fin de permitir a la industria y a los proveedores prepararse para su adopción progresiva.
- Puesta en operación del equipo BIM. Una vez culminada las etapas de provisión de infraestructura física y tecnológica y la contratación y capacitación del personal que liderará los proyectos piloto con BIM, se debe poner en operación la integridad del componente tecnológico a través de pruebas de validación, verificación de seguridad y capacitaciones específicas, que permitan garantizar el funcionamiento integral de la infraestructura, los aplicativos y el entorno común de datos.
- Elaboración de términos de referencia del proceso de licitación. Conforme a lo señalado por la Guía Nacional BIM (2021), se procederá a la construcción detallada de los registros solicitados en los anexos. Esta actividad incluye, pero no se limita, al desarrollo de los registros de requisitos de información organizacional (OIR), información de activos (AIR), información de proyecto (PIR), intercambio de información (EIR), plan de ejecución BIM (BEP), evaluación de capacidades y competencias (CCA), matriz de responsabilidades, programa general de desarrollo de la información (MIDP), registro del programa de desarrollo de la información de una tarea (TIDP), entre otros vinculados y especificados en la Guía Nacional BIM (2021, p. 219-233).
- Inicio de licitación de proyectos. Etapa destinada a iniciar el proceso de ejecución de los proyectos piloto con BIM mediante la contratación de consultores y constructores

responsables de las etapas de elaboración de expedientes técnicos y de ejecución de obra. Esta etapa se desarrolla conforme a la Ley de Contrataciones del Estado y su reglamento.

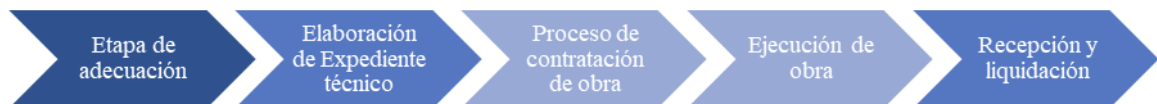
- Los cambios y modificaciones. El proceso propuesto es holístico y dinámico. Cada etapa puede requerir la modificación de sus actividades predecesoras. Por ello, cuando se identifique la necesidad, siempre deberá quedar abierta la posibilidad de volver a modificar actividades anteriores.

6.2. Los costos de implementación

Los costos del proyecto de adopción BIM en la Entidad será definida por el Comité de Gestión BIM. A nivel de la presente investigación, se ha realizado una estimación de clase 5, conforme al sistema de clasificación de estimación propuesta por la *Association for the Advancement of Cost Engineering* (AACE) en su práctica recomendada N° 18R-97. Así, esta clase se desarrolla sobre proyectos con niveles de definición del 0 a 2%, sobre información muy limitada, con amplios rangos de precisión (de -20% a -50% en el lado inferior, y de +30% a +100% en el lado superior) y desarrollados con propósitos estratégicos y de planificación empresarial, a nivel de factibilidad (AACE, 1997, p. 3).

La presente investigación se construyó sobre un conjunto de actividades que se desarrollan a lo largo del proyecto y que incluyen las etapas ilustradas en la Figura 16.

Figura 16. Etapas de desarrollo y ejecución de un proyecto de infraestructura con fase de preinversión culminada.



Fuente: elaboración propia

A partir de ello se ha obtenido la estimación e incidencia, respecto al presupuesto, de cada uno de los proyectos evaluados descritos en la Tabla 12.

Como se puede observar el elemento más relevante en los procesos de inversión en adopción de BIM es el plazo de duración del proyecto, en la medida que los componentes como licencias de *software*, y personal competente en BIM está directamente vinculado a este. Asimismo, el nivel de incidencia en el presupuesto, entre 2.7% y 7.7%, evidencia que, en proyectos de mayor envergadura (mayor presupuesto), su incidencia es menor, lo que la hace más rentable, en la medida que la relación entre sus beneficios (menores adicionales y ampliaciones de plazos) son mayores a sus costos de inversión.

Respecto a la viabilidad del proyecto, conforme a lo identificado en el acápite 1.2, los costos por adicionales en obras²³ alcanzan el valor de 11.7% y las ampliaciones de plazo extienden su entrega en 84.7% del plazo original, en promedio. Por tanto, las inversiones en adopción BIM, que pueden representar entre 2.7% y 7.7% del monto de ejecución, constituyen valores viables e inferiores a lo que hoy representa el gasto en adicionales, los costos, no explícitos, que acarrearán las ampliaciones de plazo y los costos por reajustes que genera una extensión del plazo del proyecto. Se entiende que la adopción de BIM no necesariamente reducirá estos elementos a cero, pero su idoneidad de aplicación (vinculado al monto de la inversión) deberá ser materia de estudio en futuras investigaciones y parte de la evaluación de resultados de proyecto de adopción BIM de la Entidad.

Tabla 12. Estimación e incidencia de las inversiones en BIM para los proyectos estudiados.

Ítem	Proyecto	Etapas actual	Presupuesto S/.	Plazo de ET (meses)	Plazo de ejecución de obra (meses)	Inversión BIM (S/.)	Incidencia (%)
1	Mejoramiento del servicio de educación básica regula de la Institución Educativa N° 093 Efraín Arcaya Zevallos.	Expediente técnico culminado	22,560,000.00	- - -	15	1,384,894.01	6.1
2	Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud en el centro de salud La Cruz, nivel I de la micro-red Corrales.	Preinversión culminada	37,300,158.00	3	10	1,311,894.01	3.5
3	Mejoramiento de la ruta departamental TU-105, tramo Rica Playa – La Bocana.	Preinversión culminada	15,066,183.00	4	5	1,165,894.01	7.7
4	Creación de la planta de tratamiento de agua potable para 4 distritos de la provincia de Tumbes.	Preinversión culminada	78,335,457.00	9	18	2,121,857.02	2.7

Fuente: Cartera de inversiones del Programa Multianual de Inversiones 2023-2025 y elaboración propia.

6.3. Cronograma de implementación

El cronograma de implementación BIM en la entidad contempla dos etapas: a nivel organizacional y a nivel de proyecto piloto. La primera etapa está constituida por las actividades descritas en el acápite 6.1.1 y busca alcanzar el compromiso de la dirección política y administrativa de la Entidad al tiempo que se desarrolla el proyecto de adopción BIM que incorpore al ingeniería de detalle del proceso, que debe permitir el desarrollo de un presupuesto clase 1 (AACE, 1997), y culmine con la asignación presupuestal del proyecto de adopción. La segunda etapa, denominada ejecución del proyecto de adopción BIM (acápite 6.1.2) busca

²³ Obras con presupuesto contractual superior a los 2 millones de soles, con adicionales atribuibles a deficiencias en el expediente técnico.

desarrollar las capacidades de infraestructura, tecnológicas y profesionales para el desarrollo específico de proyectos piloto.

Para la primera etapa se ha previsto un plazo de ejecución de 8 meses donde cada actividad debe permitir el desarrollo del compromiso de la dirección de la Entidad registrado mediante políticas regionales de adopción BIM, una hoja de ruta, el proyecto de adecuación BIM y la asignación presupuestal, conforme se detalla en mapa de procesos del Anexo 15 y la Tabla 13.

Tabla 13. Cronograma de adopción BIM a nivel organizacional.

Ítem	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Proyecto (variable)
1	Designación de comité BIM	X								
2	Sensibilización a la dirección política		X							
3	Sensibilización a la dirección administrativa			X						
4	Elaboración de proyecto de adecuación BIM				X	X				
5	Aprobar y asignar presupuesto						X	X	X	
6	Ejecutar proyecto									X
7	Seguimiento y medición de ejecución de proyecto									X

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, los plazos de preparación para el desarrollo de capacidades en materia de infraestructura, tecnología y competencias profesionales para la ejecución de proyectos piloto se han estimado en tres meses y se ha articulado la misma a los plazos de ejecución de los diversos proyectos piloto (ver Tabla 14).

6.4. Alcance de la propuesta

A partir de las condiciones expuestas, se puede señalar que la presente propuesta constituye un documento estratégico de adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes. Conforme a los objetivos de una estimación clase 5, el presente estudio desarrolla una propuesta con reducido nivel de definición del proyecto de ingeniería, cuya utilidad está destinada a evaluar la viabilidad o factibilidad de la implementación de la metodología y, por tanto, la precisión es variable, entre -20% a -50% en el rango bajo y +30% y +100% en el rango alto (ACE, 1997, p. 3). La metodología de estimación ha sido desarrollada sobre métodos estocásticos, como factores de coste de proyectos de infraestructura similar, precios de mercado para insumos tecnológicos y profesionales y juicio profesional.

Por tanto, el presente estudio no sustituye la necesidad de desarrollar una estimación de clase 1, basado en una ingeniería de detalle, que permita un mejor y más preciso acercamiento a los costos de implementación de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

Finalmente, es importante señalar el aporte del presente trabajo como un instrumento estratégico, de planificación a medio y largo plazo, permite identificar las actividades más relevantes y las barreras a superar en el proceso de adopción BIM y que, con los rangos propios de precisión del estimado, evidencia que los beneficios de la implementación BIM superan sus costos de inversión, en la medida que permite definir mejor el proyecto y reducir errores e incompatibilidades, que se traduce en adicionales y ampliaciones de plazo.

Tabla 14. Plazos previstos de adopción y ejecución de proyecto pilotos con BIM.

Ítem	Proyecto	Etapas actual	Etapas de adecuación (meses)	Elaboración de ET (meses)	Contratación de obra (meses)	Ejecución de obra (meses)	Recepción y liquidación de obra (meses)	Plazo total (meses)
1	Mejoramiento del servicio de educación básica regula de la Institución Educativa N° 093 Efraín Arcaya Zevallos.	Expediente técnico culminado	3	- - -	2	15	2	22
2	Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud en el centro de salud La Cruz, nivel I de la micro-red Corrales.	Preinversión culminada	3	3	2	10	2	20
3	Mejoramiento de la ruta departamental TU-105, tramo Rica Playa – La Bocana.	Preinversión culminada	3	4	2	5	2	16
4	Creación de la planta de tratamiento de agua potable para 4 distritos de la provincia de Tumbes.	Preinversión culminada	3	9	3	18	3	36

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

1. Se desarrolló la identificación de capacidades requeridas para la incorporación del *Building Information Modeling* (BIM) en cuatro proyectos de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes. Las mismas se categorizaron en seis componentes: la legitimación de cambio organizacional, la incorporación de personal profesional y competente en BIM, la definición de los costos de adopción, la construcción de un marco regulatorio o contractual, la mejora de la infraestructura física y tecnológica y la preparación de la cadena de suministro o proveedores. La identificación de estos componentes, mediante el uso de la matriz de marco lógico, permitió definir 15 acciones de intervención destinadas a mejorar el nivel de madurez para la adopción de BIM en la Entidad.
2. El diagnóstico situacional del Gobierno Regional de Tumbes, evidencia deficiencias en el desarrollo de proyectos de infraestructura que, mediante el estudio de 24 obras finalizadas (entre 2016 y 2020), ha permitido identificar la presencia recurrente de adicionales de obras atribuibles a deficiencias en el expediente técnico, que en promedio alcanza el 11.7%. Asimismo, las ampliaciones de plazo, en promedio, alcanzan el 84.7% del tiempo originalmente previsto. Este análisis, complementado mediante la estimación de los costos de adopción BIM en cuatro proyectos, entre 2.7% y 7.7% del costo de inversión, ha permitido evidenciar la viabilidad de su implementación en la gestión pública, en la medida que consiga reducir los incrementos de ambas dimensiones, costo y plazo.
3. En el marco de adopción BIM, se ha identificado dos campos de actuación en el proceso de implementación de BIM: a nivel organizacional y a nivel de proyectos piloto. La primera está destinada a alcanzar el compromiso de la dirección política y administrativa de la Entidad, al tiempo que se desarrolla el proyecto de adopción BIM que incorpore al ingeniería de detalle del proceso y el presupuesto clase 1 (AAE, 1997), y culmine con la asignación presupuestal del proyecto de adopción. La segunda, denominada ejecución del proyecto de adopción BIM, está destinada a desarrollar las capacidades de infraestructura, tecnología y profesionales para el desarrollo específico de proyectos piloto.
4. Los seis componentes del plan de adopción BIM están destinados a alcanzar un nivel de madurez B1²⁴ al tiempo que sienta las bases para la progresión y madurez de las capacidades BIM organizacionales. La primera etapa, prevé un periodo de ejecución de 8 meses, cuyo desarrollo debe culminar con la designación del comité y el progresivo desarrollo de la política regional de adopción BIM, la hoja de ruta de implementación, el proyecto de adecuación BIM y su presupuesto y la programación y asignación presupuestal. La segunda etapa estará directamente vinculada a la duración del proyecto

²⁴ Guía Nacional BIM (2021, p. 163)

- piloto. Así, se prevé una duración de entre 16 y 36 meses, con un costo de inversión que varía entre S/. 1'311,894.01 y S/. 2'121,857.02, dependiendo del proyecto que se priorice.
5. La presente propuesta constituye un documento estratégico de adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes. Conforme a los objetivos de una estimación clase 5, el presente estudio desarrolla una propuesta con reducido nivel de definición del proyecto de ingeniería, cuya utilidad está destinada a evaluar la viabilidad o factibilidad de la implementación de la metodología y, por tanto, la precisión es variable, entre -20% a -50% en el rango bajo y +30% y +100% en el rango alto (AACE, 1997). La metodología de estimación ha sido desarrollada sobre métodos estocásticos, como factores de coste de proyectos de infraestructura similar, precios de mercado para insumos tecnológicos y profesionales y juicio profesional.
 6. El presente trabajo de investigación constituye un instrumento estratégico, de planificación a medio y largo plazo, destinado a identificar las actividades más relevantes y las barreras a superar en el proceso de adopción BIM. Con las características propias de una estimación clase 5 (ASCE, 1997), el estudio evidencia los beneficios de la implementación BIM y como estos superan los costos de inversión, en la medida que la incidencia prevista (5.0% en promedio) se encuentra por debajo de los valores promedios de adicionales (11.7%) y ampliaciones de plazo (84.7%) de los proyectos que la Entidad viene ejecutando desde el año 2016.

Recomendaciones

1. La presente propuesta no sustituye la necesidad de desarrollar una estimación de clase 1, basado en una ingeniería de detalle, que permita un mejor y más preciso acercamiento a los costos de implementación de BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.
2. El estudio abarca el conjunto de medidas destinadas a la adopción de BIM para alcanzar un nivel de madurez B1. Sin embargo, el proceso de desarrollo de capacidades es una actividad progresiva y holística y requiere de acciones de medición de desempeño y de mejora continua. Por ello, todo proceso de implementación debe ir acompañado por un sistema de seguimiento y mejora.
3. BIM constituye una herramienta en proceso de construcción y con competencias profesionales que se irán modificando en un futuro. Por ello, es importante desarrollar capacidades de gobernanza y coordinación con Entidades académicas y profesionales que permitan extender el desarrollo de estas competencias.

Bibliografía

- Almeida Machado, F., Martín Delatorre, J. P., & Coeli Ruschel, R. (2021). BIM in Latin American Countries: An Analysis of Regulation Evolution. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 98, 425–451. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_30
- Arocena, R., & Sutz, J. (2020). Leyendo a Freeman cuando han desaparecido las escaleras para el desarrollo. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 605–630). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Association for the Advancement of Cost Engineering. (1997). AACE International Recommended Practice No. 18R-97: Cost estimate classification system as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries. *Cost Engineering (Morgantown, West Virginia)*, 39(4), 15–21.
- Barletta, F., Erbes, A., & Suárez, D. (2020a). Conclusiones: Desafíos para la teoría de la innovación. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 631–640). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Barletta, F., Erbes, A., & Suárez, D. (2020b). Enseñanza , aprendizaje y teoría de la innovación. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 11–22). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Barletta, F., Suárez, D., & Yoguel, G. (2020). El proceso innovativo en el nivel de la firma : teoría y empírea. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 235–264). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- BIS. (2011). *A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper* (Issue March). <https://www.cdbb.cam.ac.uk/Resources/ResoucePublications/BISBIMstrategyReport.pdf>
- Blanco, F., & Muñoz, S. (2018). Interoperabilidad en el uso de la metodología BIM. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 36–43.
- Bosch-Sijtsema, P. M., Gluch, P., & Sezer, A. A. (2019). Professional development of the BIM actor role. *Automation in Construction*, 97(May 2018), 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.024>

- Bouhroud, H., & Loudyi, D. (2020). Building information modeling (BIM) barriers in Africa versus global challenges. *Colloquium in Information Science and Technology, CIST, 2020-June*, 495–501. <https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357248>
- British Standards Institution. (2018a). *BS EN ISO 19650-1:2018 Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works , including Building Information Modelling (BIM) - Information Management using Building Information Modelling*.
- British Standards Institution. (2018b). *BS EN ISO 19650-2:2018 Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works , including Building Information Modelling (BIM) - Information Management using Building Information Modelling*. 1–46.
- Castañón, C., Suárez, B., Gonzáles, J. M., Martínez, J., & Del Olmo, J. R. (2018). La metodología BIM en la elaboración de proyectos de estructuras e infraestructuras en Idom. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 74–81.
- Contraloría General de la República. (2019). Reporte de Obras Paralizadas 2019. *El Peruano*.
- Contraloría General de la República. (2022). *Infobras*. <https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/>
- Dávila, J. C. (2013). Capacidades Organizacionales: Dinámicas por Naturaleza. *Cuadernos de Administración*, 26(47), 11–33.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). Estrategia Nacional BIM. *Colaboración DNP*, 1–6. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- Dirección General de Programación Multianual de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Guía Nacional BIM. *Gestión de La Información Para Inversiones Desarrolladas Con BIM*, 1, 252. http://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf
- Eubim Taskgroup. (2017). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. Actuación estratégica en favor de la productividad del sector de la construcción: impulsar la creación de valor, la innovación y el crecimiento. In *Unión Europea*. http://www.esbim.es/wp-content/uploads/2018/02/manual_esp.pdf
- Gómez Hermoso, J. (2018). El proyecto y la construcción: antes y después de BIM. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 28–33.
- Gómez Hermoso, J., Torrico, J., & López, J. (2018). La Comisión es.BIM: el catalizador en la

- introducción de la metodología BIM. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 14–19.
- González, J. M. (2018). 100% BIM en 2018. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 54–59.
- Helfat, C. E., & Peteraf, M. A. (2009). Understanding dynamic capabilities: progress along a developmental path. *Strategic Organization*, 7(1), 91–102. <https://doi.org/10.1177/1476127008100133>
- Heras, M. A., & Mazarico, R. (2018). Implantación BIM en el Tren Ligero de Sídney. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 82–89.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edic). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- NTP-ISO 55001:2015. Gestión de activos. Sistemas de gestión. Requisitos., (2015).
- NTP-ISO 19650-1:2021. Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). Gestión de la información mediante el modelado de la información de la co, (2021).
- Instituto Peruano de Economía. (2021). *Índice de Competitividad Regional (INCORE)*.
- Jarzabkowski, P., Kaplan, S., Seidl, D., & Whittington, R. (2016). On the risk of studying practices in isolation: Linking what, who, and how in strategy research. *Strategic Organization*, 14(3), 248–259. <https://doi.org/10.1177/1476127015604125>
- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. *The Pennsylvania State University*, September, 0–22. http://bim.psu.edu/Uses/the_uses_of_BIM.pdf
- Lastres, H., Cassiolato, J., Matos, M., & Szapiro, M. (2020). Innovación, territorio y desarrollo: implicaciones analíticas y normativas del concepto de arranjos y sistemas productivos e innovativos locales. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 477–508). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Li, H., Thomas Ng, S. T., Skitmore, M., Zhang, X., & Jin, Z. (2017). Barriers to building information modelling in the Chinese construction industry. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 170(2), 105–115. <https://doi.org/10.1680/jmuen.16.00059>
- María Rodrigo-Ortega, J., & Luis Fuentes-Bargues, J. (2021). *Classification of Software in the BIM Process According to the PMBoK Knowledge Areas and Levels of Development*

- (LOD) (pp. 75–91). https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2_6
- Mathews, A. (2018). Hacia un enfoque unificado de la digitalización en Europa. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 20–27.
- Mazzucato, M. (2017). El Estado Emprendedor. In RBA Libros S.A. (Ed.), *RBA Libros S.A.* (Tercera ed).
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Ministerio de Transportes; movilidad y agenda urbana. (2021). *BIM en el Mundo | Comisión Interministerial BIM*. <https://cbim.mitma.es/bim-en-el-mundo>
- Ministerio del Interior, O. P. y V. (2022). (27) *SIBIM: Resumen | LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/company/sibimarg/?originalSubdomain=ar>
- Moraczewska, A. (2010). The Changing Interpretation of Border Functions in International Relations. *Revista Română de Geografie Politică*, 10(2), 329–340. http://rrgp.uoradea.ro/art/2010-2/11_RRGP-202-Moraczewska.pdf
- Motta, J., & Morero, H. (2020). y sus antecedentes en el pensamiento económico. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 23–70). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Murguía, D. (2019). Estudio de Macro adopción BIM en el Perú. 2019, 22.
- Murguía, D. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao. In *Pontificia Universidad Católica del Perú* (Vol. 1). <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/176216>
- Natera, J. M. (2020). Capacidades nacionales en los procesos de innovación. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 103–132). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Navarro, R. (2018). El papel del Gobierno en la implementación de BIM en España. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 10–13.
- Nelson, R. (2020). ¿ Por qué las empresas difieren y cómo eso importa ?* 10. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 71–102). Ediciones complutense; Ediciones

UNGS.

- OCDE. (2016). *Hacia Infraestructuras Exitosas reto de gobernanza*.
<https://www.oecd.org/gov/budgeting/hacia-infraestructuras-exitosas.pdf>
- Pérez, C. (2020). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos. In *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (Primera, pp. 133–160). Ediciones complutense; Ediciones UNGS.
- Piening, E. P. (2013). Dynamic Capabilities in Public. *Public Management Review*, 15(2), 209–245.
- Plan BIM. (2021). *Institucionalidad - Planbim*. Institucionalidad.
<https://planbim.cl/institucionalidad/>
- Plan BIM Chile. (2019). *Plan BIM: Matriz de roles BIM*. <https://planbim.cl/download/matriz-roles-bim-jun-2019/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Transformar nuestro mundo. La agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v0i6.106>
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (Project Management Institute (ed.); 7th ed.).
- Ragab, M. A., & Marzouk, M. (2021). BIM Adoption in Construction Contracts: Content Analysis Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(8), 04021094. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002123](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002123)
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers. In *Wiley and Sons* (Tercera ed). John Wiley & Sons, Inc.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- 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., 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., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency

- assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>
- Tejada, F. (2018). La ampliación del metro de Estocolmo. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 90–97.
- Torrico, J., & López, J. (2018). La Comisión es.BIM. El Catalizador en la introducción de la metodología BIM. *Revista de Obras Públicas*, 165(3597), 14–19.
- Watkins, G., Mueller, S. U., Meller, H., Ramírez, M. C., Serebrisky, T., & Georgoulas, A. (2017). *Lecciones de cuatro décadas de conflicto en torno a los proyectos de infraestructura en América Latina y el Caribe*.
- Winter, S. G. (2000). The Satisficing Principle in Capability Learning. *Strategic Management Journal*, 21(10–11), 981–996. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<981::AID-SMJ125>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<981::AID-SMJ125>3.0.CO;2-4)
- Winter, S. G. (2008). Dynamic Capability as a Source of Change. In *The Institutions of the Market* (pp. 40–65). Oxford University PressOxford. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199231423.003.0003>
- Zomer, T., Neely, A., Sacks, R., & Parlikad, A. (2021). A Practice-Based Conceptual Model on Building Information Modelling (BIM) Benefits Realisation. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 98, 409–424. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_29

Anexo 1. Abreviaturas.

AACE	Asociación para el Avance de la Ingeniería de Costos (Association for the Advancement of Cost Engineering).
AEC	Arquitectura, ingeniería y construcción (Architecture, Engineering & Construction).
AEI	Acción estratégica institucional.
AIR	Requisitos de información de activos.
BEP	Plan de ejecución BIM (BIM Execution Plan).
BIM	Modelado de información de construcción (Building Information Modeling).
CDE	Entorno Común de Datos (Common Data Environment).
COBIE	Operaciones de construcción Intercambio de información sobre edificios (Construction Operations Building Information Exchange).
DGPMI	Dirección General de Programación Multianual y Dirección de Inversiones.
EIR	Requisitos de intercambio de información (Exchange Information Requirements).
ICE	Ingeniería Concurrente Integrada.
IFC	Industry Foundation Classes.
INACAL	Instituto Nacional de la Calidad.
SNPMGI	Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones – Invierte.pe.
ISO	Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization).
LOD	Nivel de desarrollo (Level of development).
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas.
MIDP	Matriz de responsabilidades, programa general de desarrollo de la información.
MOF	Manual de Organización y Funciones.
NTP	Norma técnica peruana.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
OEI	Objetivo estratégico institucional
OIR	Requisitos de información organizacional.
OPMI	Oficina de Programación Multianual de Inversiones.
PIR	Requisitos de información de proyecto.
PMBOK	Conjunto de conocimientos de gestión de proyectos (Project Management body of knowledge).
PMI	Plan Multianual de Inversiones.
PNMGP	Política Nacional de Modernización de la Gestión Pública.
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
SIBIM	Sistema de Implementación BIM.
TIC	Tecnologías de la información y comunicación.
TIDP	Registro del programa de desarrollo de la información de una tarea.
UEI	Unidad Ejecutora de Inversiones.
UF	Unidad Formuladora.
VDC	Diseño y Construcción Virtual (Virtual Design and Construction).

Anexo 2. Aportes de la adopción de BIM a la gestión de proyectos de infraestructura.

Ítem	Etapa	Estado identificado
1	Formulación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la concepción del proyecto, la performance y calidad de la infraestructura. Colaboración temprana de los diversos agentes (<i>stakeholders</i>) en el desarrollo de proyectos integrales.
2	Ejecución (diseño)	<ul style="list-style-type: none"> Mejora en la productividad del sector a través de la definición clara y precisa de los proyectos de infraestructura. Reducción de los errores por incompatibilidades y conflictos en el diseño. Colaboración y optimización temprana de equipos especialistas multidisciplinarios. Incorporación de los diversos agentes y la evaluación temprana de riesgos. Evaluación de la eficiencia y sostenibilidad energética. En conjunto con tecnologías de información geográfica (GIS), la articulación con los componentes territoriales del proyecto como su ubicación, compatibilidad de zonificación, entre otros.
3	Ejecución (construcción)	<ul style="list-style-type: none"> Coherencia entre el diseño y los componentes a fabricar. Respuesta rápida a los cambios en el diseño surgidos durante la construcción. Sincronización del planteamiento de la etapa de diseño con los procesos de procura y construcción. Procesos más eficientes, costos más precisos y plazos de cumplimiento más efectivos. Mejoras sustanciales en la cultura organizacional y el desarrollo de proyectos, producto de la integración con los procesos y roles tradicionales.
4	Funcionamiento (operación y mantenimiento)	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la puesta en servicio y traspaso del activo a través de la integración con los sistemas de gestión y operación de instalaciones. Acumulación de gran cantidad de datos e información de cada etapa del proyecto integrada en la etapa de mantenimiento potencia su utilidad a través de una gestión centralizada de activos, actualizada y fiable. Desde el sector público, la acumulación de información permite mejorar la toma de decisiones basadas en evidencias y, al articularse con los sistemas de información geográfica (GIS), mejora de la información de los activos de las entidades territoriales.

Fuente: Eastman et al (2018), Castañón et al. (2018), Gonzáles (2018), Mathews (2018), Miettinen y Paavola (2014), Navarro (2018), Heras y Mazarico (2018) y Gómez Hermoso (2018).

Anexo 3. Nivel de desarrollo (LOD) de un proyecto de infraestructura.

LOD	Contenido general
100	Diseño conceptual (volumen, orientación y área)
200	Magnitudes aproximadas (tamaño, forma, localización y orientación).
300/350	Información y geometría precisa (nivel de detalle externo suficiente, mediciones precisas)
400	Detalles para fabricación y construcción (medición exacta).
500	<i>As built</i> (funciones de mantenimiento y funcionamiento de instalaciones)

Fuente: Gómez Hermoso (2018); y Tejada (2018).

Anexo 4. Dimensiones BIM aplicados a un proyecto de infraestructura.

Dimensión	Denominación	Función
3D	Modelo tridimensional	Presentación gráfica
4D	Programación (tiempo)	Planificación técnica.
5D	Control de costes	Planificación económica.
6D	Sostenibilidad	Análisis energético
7D	Mantenimiento	As built e infraestructura de servicio.

Fuente: Gonzáles (2018); Gómez Hermoso (2018) y Tejada (2018).

Anexo 5. Estrategias de implementación BIM en diversos países.

País	Finlandia	Reino Unido	Alemania	Suecia	España	Francia
Iniciativa nacional de adopción BIM.	Si	Si	Si	No	Si	Si
Mandato obligatorio.	Si	Si	Si	No	No	Si
Nombre.	---	---	Planen Bauen 4.0	---	---	Le Plan BIM 2022
Liderazgo.	Senate Properties Agencia Finlandesa de Transportes	Centre for Digital Built Britain (CDBB)	Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital	---	Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	Le Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB)
Fecha de obligatoriedad.	2007	2020	2020	---	---	2017
Tipo de Estrategia	Pública-privada	Pública	Pública-privada	Privada	Pública	Pública

País	Emiratos Árabes Unidos	Singapur	EE.UU.	Canadá	Australia
Iniciativa nacional de adopción BIM	No	Si	Por estados	A nivel Municipal	Si
Mandato obligatorio	Solo en Dubai	Si	No	No	No
Nombre	---	---	---	---	---
Liderazgo	---	Building and Construction Authority (BCA)	---	---	---
Fecha de obligatoriedad	---	2015	---	---	---
Tipo de Estrategia	Pública	Pública	Por administración	Por administración	Pública-privada

País	Perú	Chile	Argentina	Colombia	Brasil
Iniciativa nacional de adopción BIM.	Si	Si	Si	Si	Si
Mandato obligatorio.	No	Si	No	Si	Si
Nombre	Plan BIM Perú	Plan BIM	SIBIM ²⁵	CN-BIM ²⁶	BIM-BR
Liderazgo	Ministerio de Economía y Finanzas	Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda.	Comité Nacional de Implementación del BIM	Comité Estratégico para la implementación del BIM
Fecha de obligatoriedad.	2025	2020	---	2022 - 2026	2021
Tipo de Estrategia.	Pública	Pública	Pública	Pública	Pública

Fuente: Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana (2021), Departamento Nacional de Planeación (2020) y Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. (2022)

Elaboración: propia.

²⁵ Sistema de Implementación BIM.

²⁶ Integrado por el Departamento Nacional de Planeación, la Financiera de Desarrollo Nacional y los ministerios de transporte y vivienda con el apoyo de otras entidades públicas y privadas

Anexo 6. Comparativa de usos BIM propuesto por Kreider y Messner (2013), adoptado por Chile, y la Guía Nacional BIM (2021).

Ítem	Uso BIM (Kreider y Messner, 2013)	Programación de inversiones y formulación y evaluación	Ejecución (diseño)	Ejecución (Construcción)	Funcionamiento (operación)	Uso BIM (Guía Nacional BIM, 2021)	Ítem
1	Levantamiento de las condiciones existentes	X	X	X		Levantamiento de condiciones existentes	1
2	Estimación de las cantidades y los costos		X	X	X	Estimación de cantidades y costos	8
3	Planificación de las fases	X	X	X			
4	Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)	X	X				
5	Análisis de ubicación	X	X	X	X	Análisis de entornos físicos	2
6	Coordinación en 3D	X	X	X	X	Visualización 3D	5
7	Diseño de especialidades	X	X	X	X	Diseño de especialidades	3
8	Revisión de diseño	X	X			Revisión de diseño	9
9	Análisis estructural	X	X			Análisis estructural	10
10	Análisis lumínico	X	X			Análisis lumínico	11
11	Análisis energético	X	X			Análisis energético de las instalaciones	12
12	Análisis mecánico			X		Control de equipos para montajes	22
13	Otros análisis de ingeniería	X	X	X	X	Análisis de otras ingenierías	14
14	Evaluación de sostenibilidad	X	X			Evaluación de sostenibilidad	15
15	Verificación normativa		X				
16	Planificación de la obra	X	X	X		Planificación de la fase de ejecución	18
17	Diseño de los sistemas constructivos		X	X		Diseño de sistemas constructivos para ejecución	19
18	Fabricación de modelos digitales		X	X		Fabricación digital	20
19	Control de obra	X	X	X	X	Supervisión del modelo de información	16
20	Modelación As-built			X		Modelo de información As-built	23
21	Gestión de activos				X	Gestión de activos	24
22	Análisis de sistemas				X	Análisis de los sistemas del activo	26
23	Mantenimiento preventivo				X	Programación de operaciones y mantenimiento	25
24	Gestión y seguimiento de espacios				X	Gestión y seguimiento del espacio del activo	27
25	Planificación y gestión de emergencias				X	Planificación y prevención de desastres	28
		X	X	X	X	Elaboración de documentación	4
		X	X	X	X	Coordinación de la información	6
		X	X	X		Análisis de programa arquitectónico	7
		X	X	X	X	Detección de interferencias e incompatibilidades	17
		X	X	X	X	Análisis de constructabilidad	13
				X		Planificación de obras preliminares y provisionales	21

Fuente: Kreider y Messner (2013) y Guía Nacional BIM (2021).

Elaboración: Propia.

Anexo 7. Check list de verificación de condiciones para proyectos piloto con BIM.

- **Proyecto 1:**
Código único: 2443356
Proyecto: Mejoramiento del servicio de educación básica regula de la Institución Educativa N° 093 Efraín Arcaya Zevallos del Distrito de Zarumilla, Provincia de Zarumilla, Departamento de Tumbes.
Presupuesto: S/. 22'560,060.00
Plazo de ejecución: 15 meses (ejecución de obra).
Periodo previsto: 2023-2024
- **Proyecto 2:**
Código único: 2471263
Proyecto: Mejoramiento y ampliación de los servicios de salud en el centro de salud La Cruz, nivel I de la micro-red Corrales – Distrito de La Cruz – Provincia de Tumbes – Departamento de Tumbes.
Presupuesto: S/. 37'300,158.00
Plazo de ejecución: 3 meses (expediente técnico) y 10 meses (ejecución de obra).
Periodo previsto: 2024
- **Proyecto 3:**
Código único: 2542945
Proyecto: Mejoramiento de la ruta departamental TU-105, tramo Rica Playa – La Bocana en los distritos de San Jacinto y Casitas en las provincias de Contralmirante Villar y Tumbes del departamento de Tumbes.
Presupuesto: S/. 15'068,183.00
Plazo de ejecución: 4 meses (expediente técnico) y 5 meses (ejecución de obra).
Periodo previsto: 2023-2024
- **Proyecto 4:**
Código único: 2490993
Proyecto: Creación de la planta de tratamiento de agua potable para 4 distritos de la provincia de Tumbes – departamento de Tumbes.
Presupuesto: S/. 78'335,457.00
Plazo de ejecución: 9 meses (expediente técnico) y 18 meses (ejecución de obra).
Periodo previsto: 2024-2025.

Ítem	Descripción	Requisito	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4
1	Nivel de madurez.	R.D. N° 0005-2021-EF/63.01	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
2	Equipo de trabajo.	Tabla N° 01 del Anexo N° 02	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
3	Equipos de cómputo.	Tabla N° 02 del Anexo N° 02	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
4	Licencias de software.		No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
6	Informe de la UF o UEI.		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6.a	Registro actualizado en el banco de inversiones.		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6.b	Encontrarse registrado en el PMI.		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6.c	Contar con presupuesto o previsión presupuestaria.		Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
6.d	Baja complejidad del proyecto de inversión.		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6.e	No tener contratos vigentes relacionados con servicios y obras en la fase del ciclo de inversión en la que utilizará BIM.		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6.f	No tener controversias o arbitrajes vigentes vinculados		Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7.3	Para el caso de las propuestas de proyectos piloto que se encuentren en la fase de Ejecución del Ciclo de Inversión, la información sobre el seguimiento de su ejecución debe encontrarse actualizada en el Banco de Inversiones		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: Resolución Directoral N° 0001-2022-EF/63.01. Elaboración propia.

Anexo 8. Resultados de encuesta a funcionarios de la Entidad vinculados al ciclo de inversión.

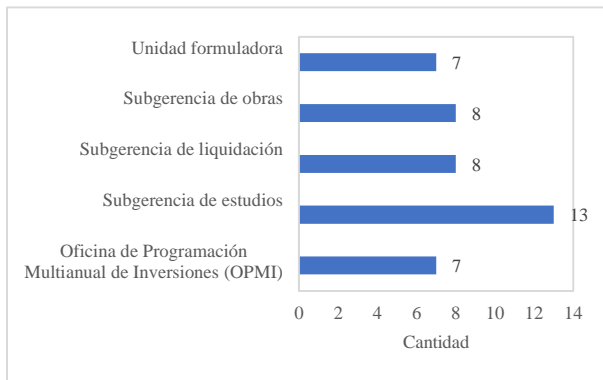
ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CAPACIDADES BIM

Encuesta desarrollada como parte del trabajo de investigación: «PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN GOBIERNOS SUBNACIONALES: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN EN EL GOBIERNO REGIONAL DE TUMBES». La misma que se desarrolla como parte de la Tesis de Maestría en Gestión Pública en la Universidad del Pacífico.

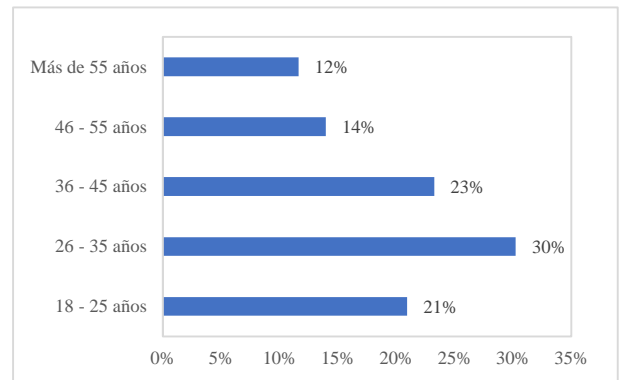
Marque con una 'X' la respuesta que mejor describa su opinión.

PARTE 1: INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

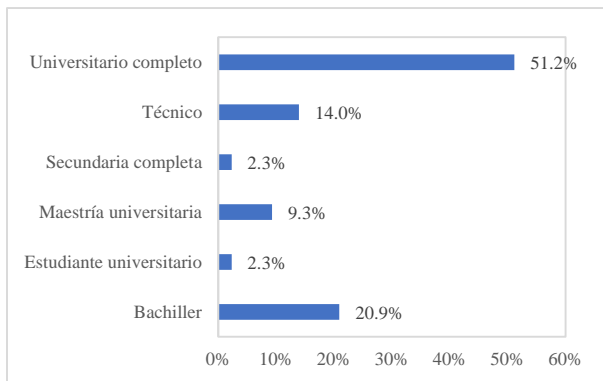
1. Área de la organización



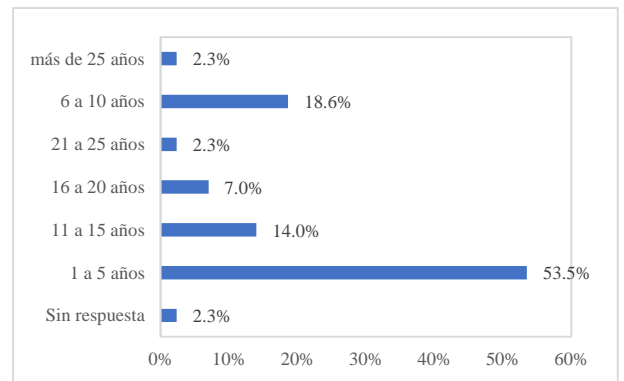
2. ¿Cuál es su grupo de edad?



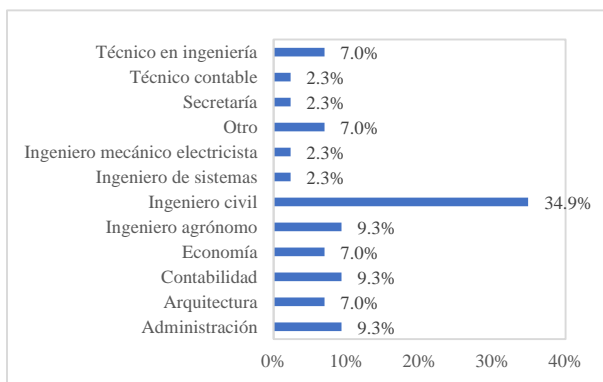
3. ¿Cuál es su grado académico?



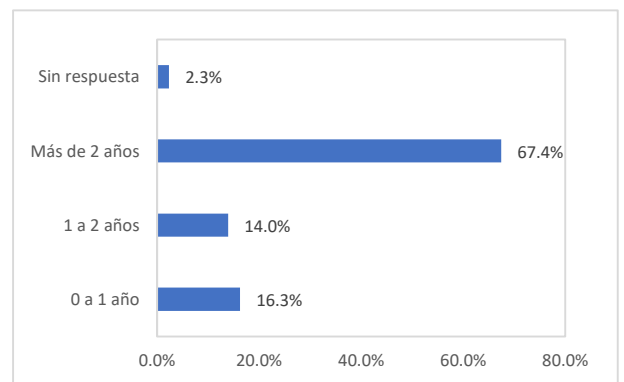
4. ¿Cuántos años de experiencia laboral tiene en proyectos de construcción?



5. ¿Cuál es su carrera profesional?

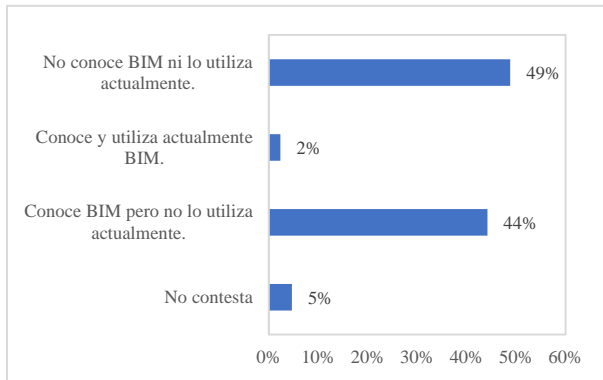


6. ¿Cuántos años de experiencia tiene en el sector público?

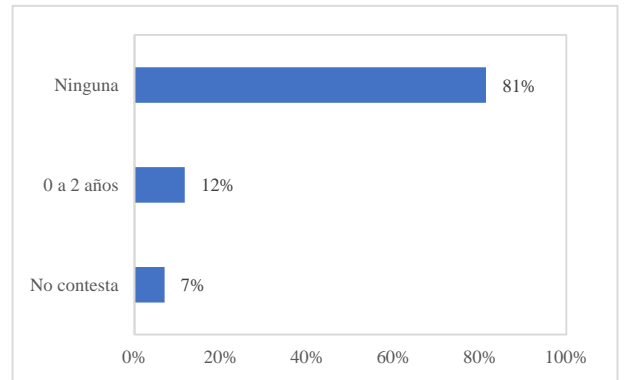


PARTE 2: EXPERIENCIA PERSONAL Y PROFESIONAL DE BIM

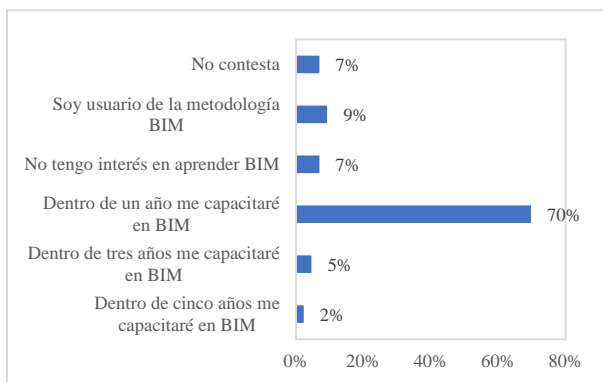
7. ¿Conoce o ha utilizado BIM?



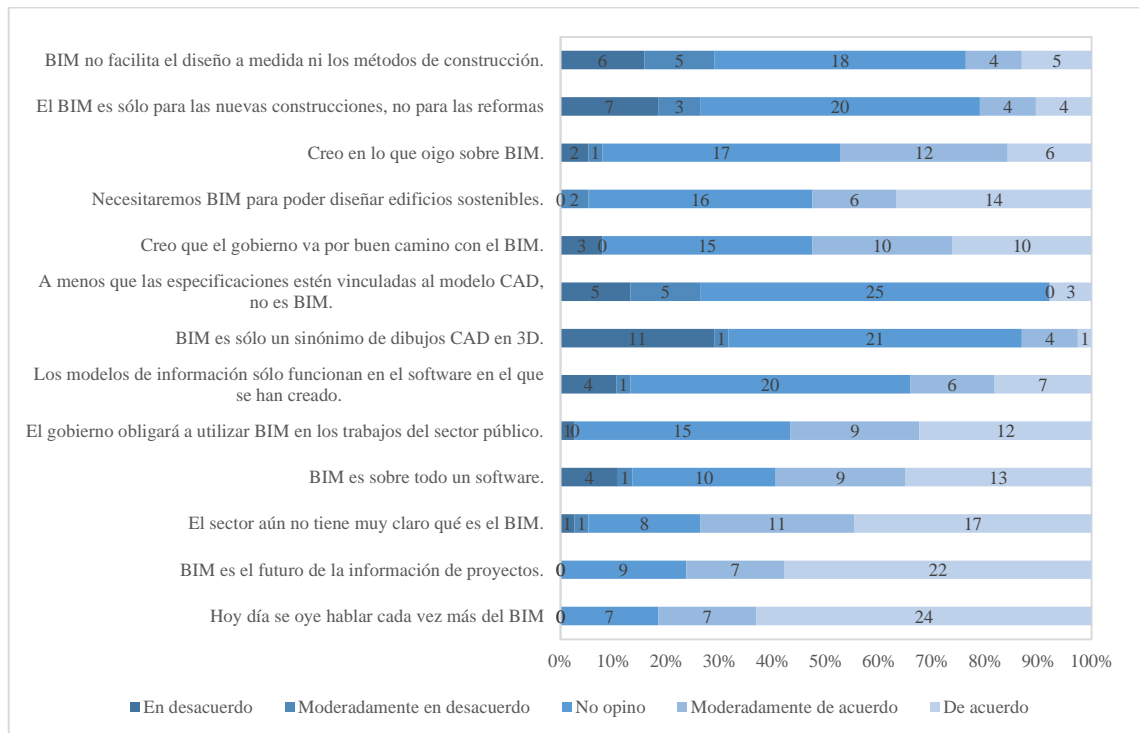
8. ¿Cuántos años tiene de experiencia con BIM?



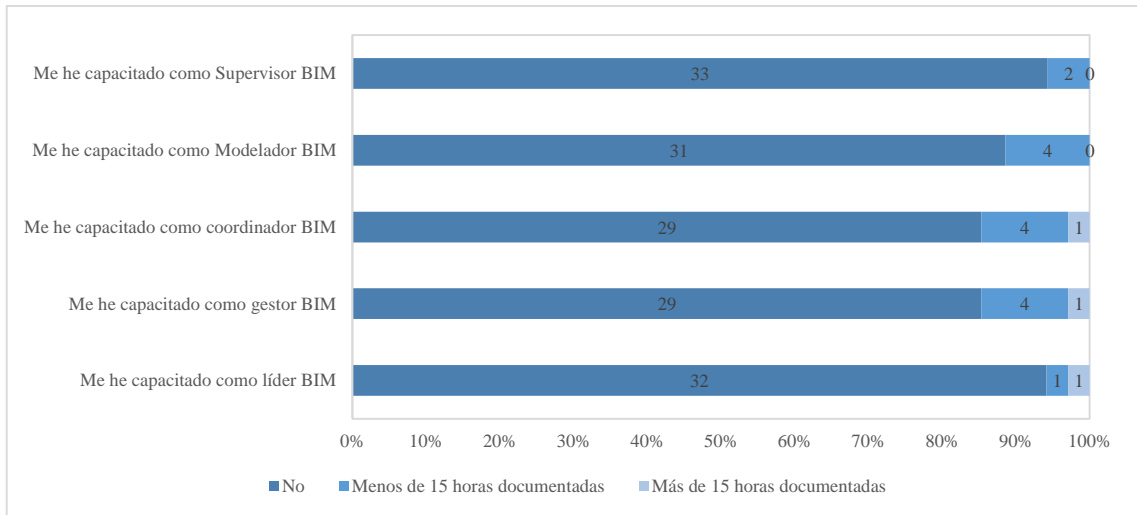
9. A nivel personal, ¿Se ha propuesto aprender la metodología BIM?



10. ¿En qué medida está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones sobre BIM?

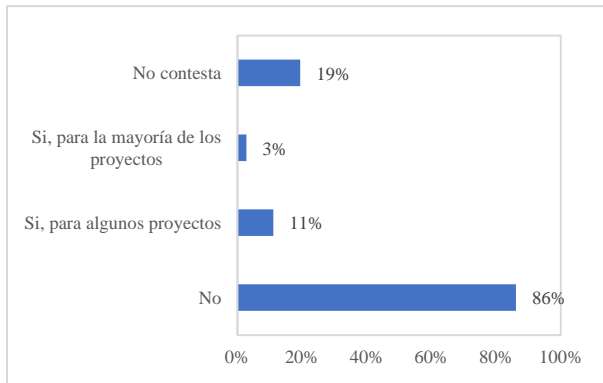


11. En caso de contar con capacitaciones en BIM ¿En qué medida está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones sobre BIM?

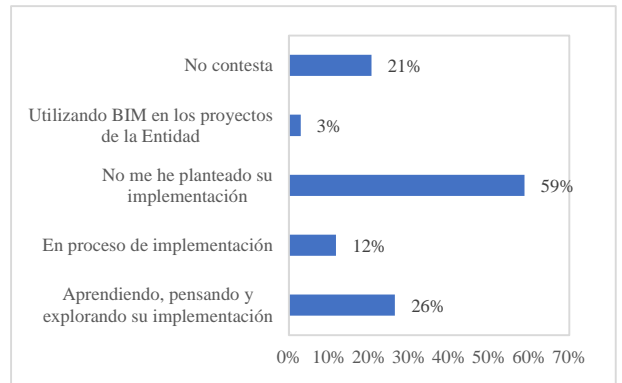


PARTE 3: USO BIM EN LA ORGANIZACIÓN

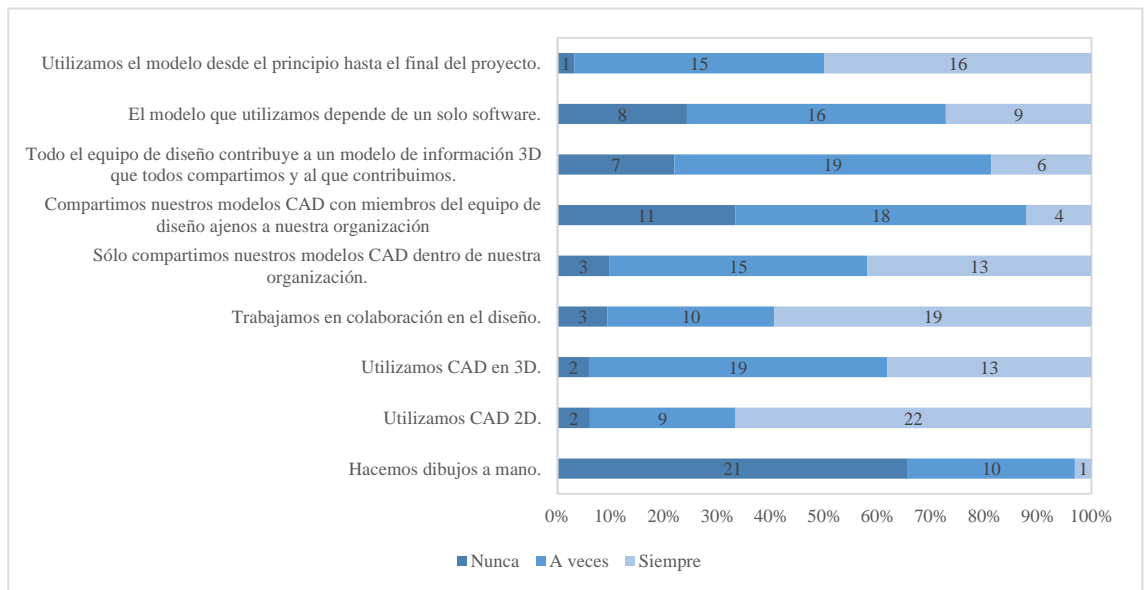
12. En su organización, ¿han adoptado el BIM para sus proyectos?



13. ¿En qué punto del recorrido de BIM se encuentra?

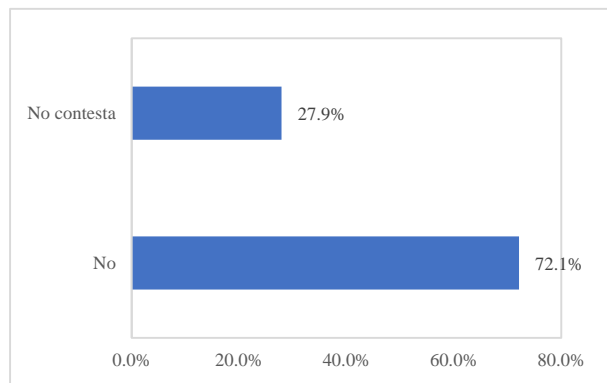
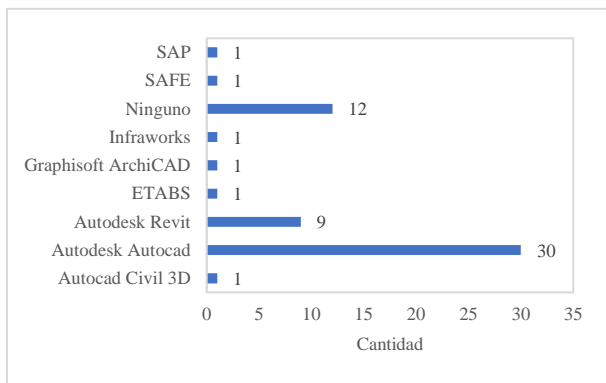


14. ¿Para sus proyectos, ¿con qué frecuencia se aplican las siguientes afirmaciones?

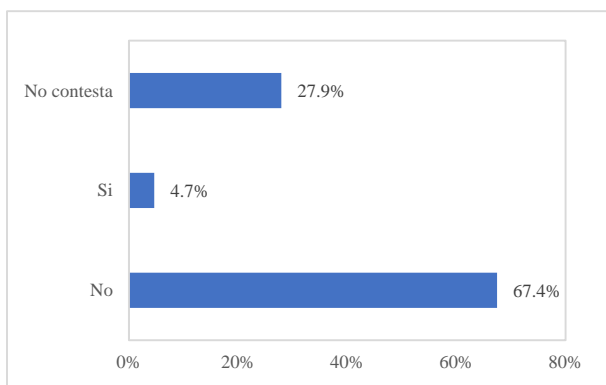


PARTE 4: ASPECTOS TÉCNICOS

15. Cuando produce dibujos, ¿cuál de las siguientes herramientas utiliza principalmente? 16. ¿Utiliza IFC (Industry Foundation Classes) en sus proyectos?

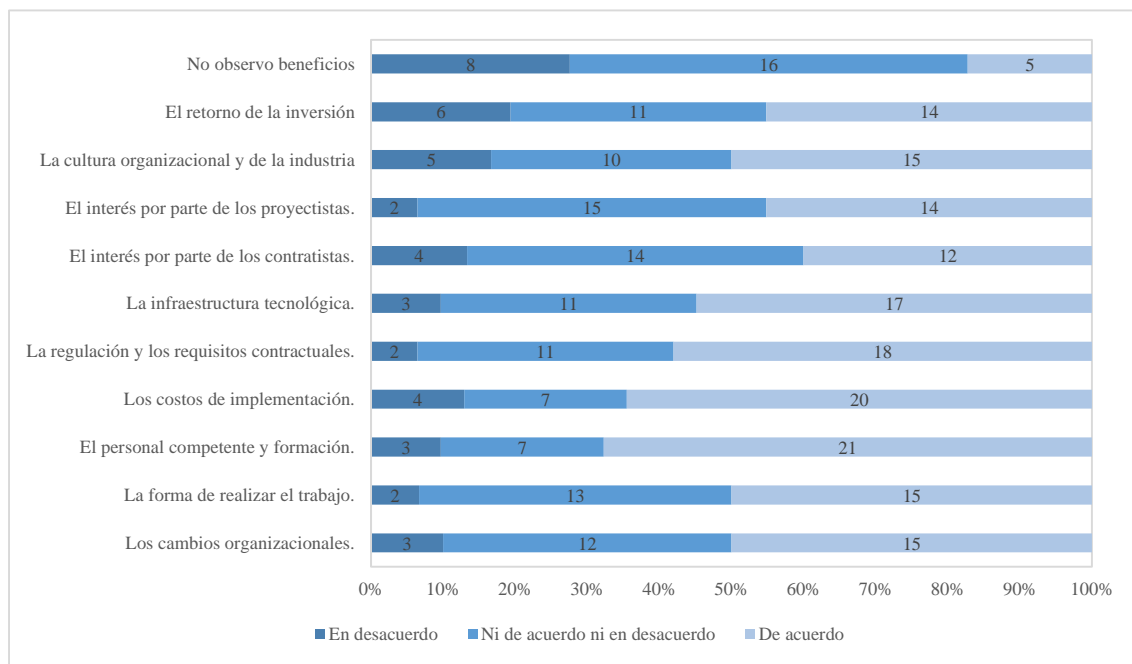


17. ¿Generas COBie en tus proyectos?

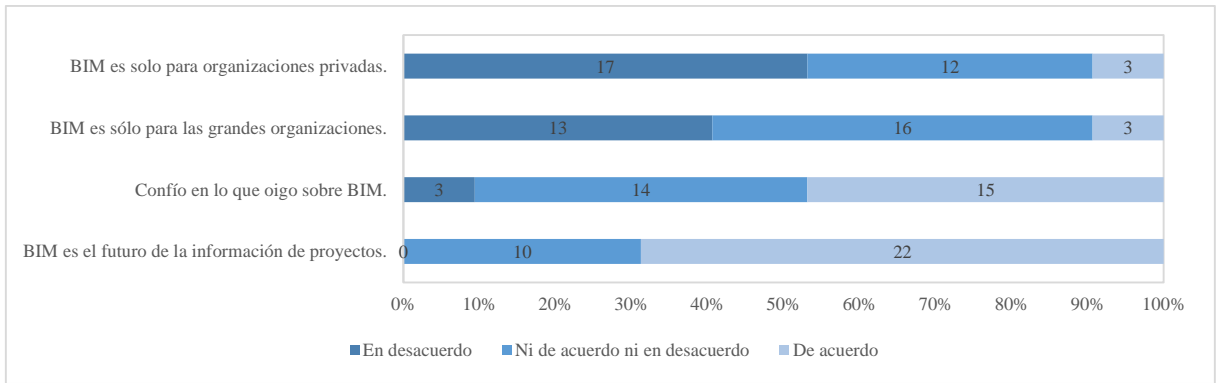


PARTE 5: PERCEPCIÓN DE BIM

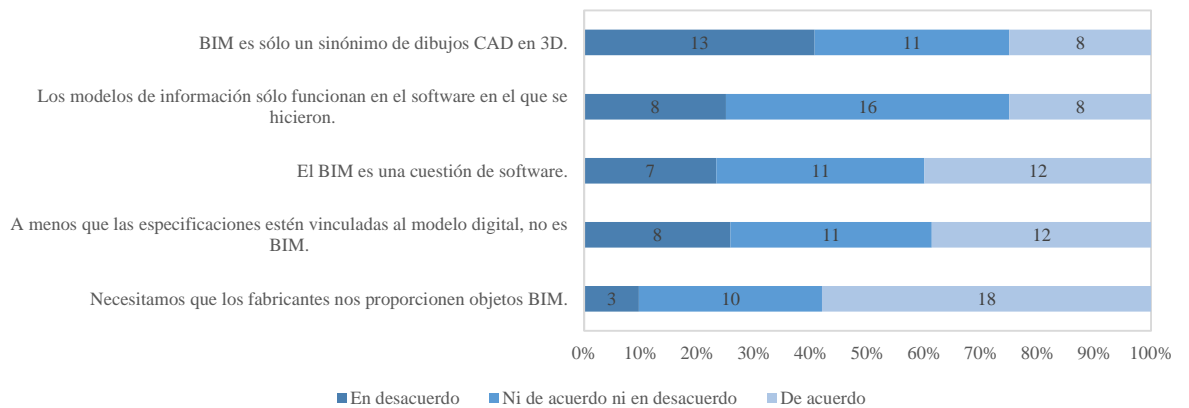
18. ¿Cuáles son las principales barreras para el uso de BIM?



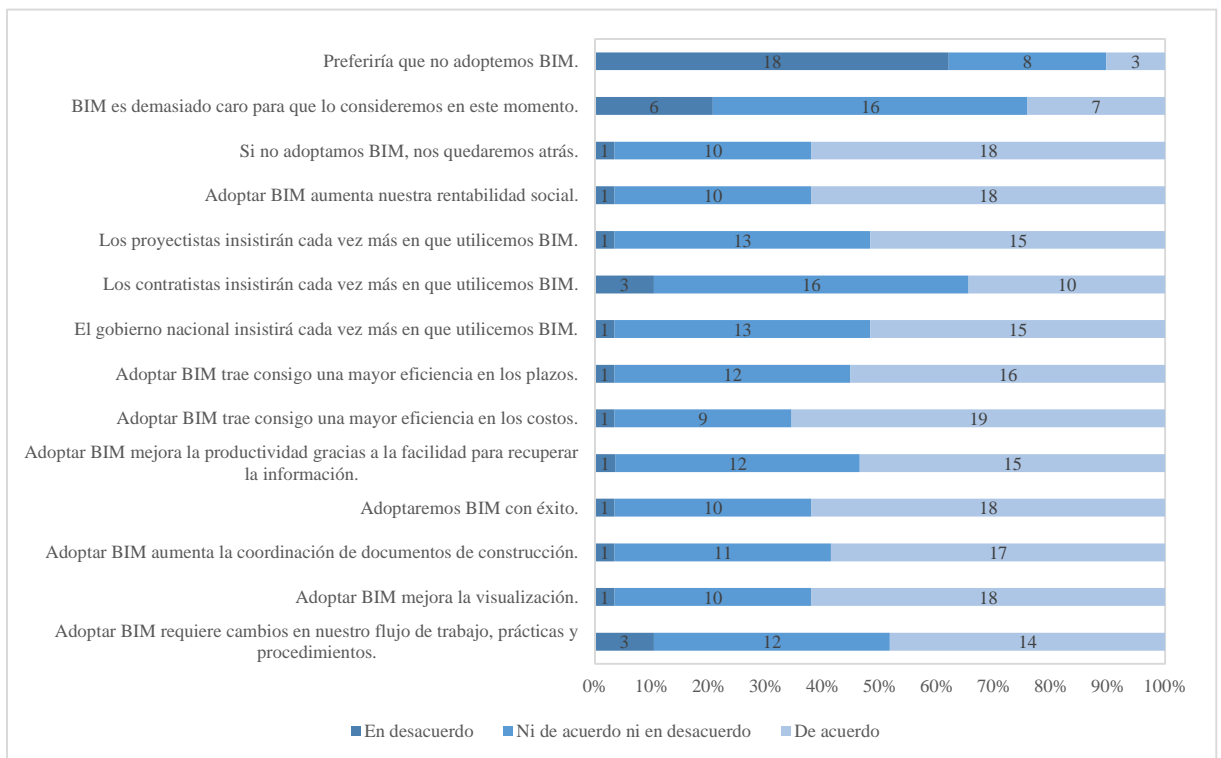
19. ¿Está usted de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones?



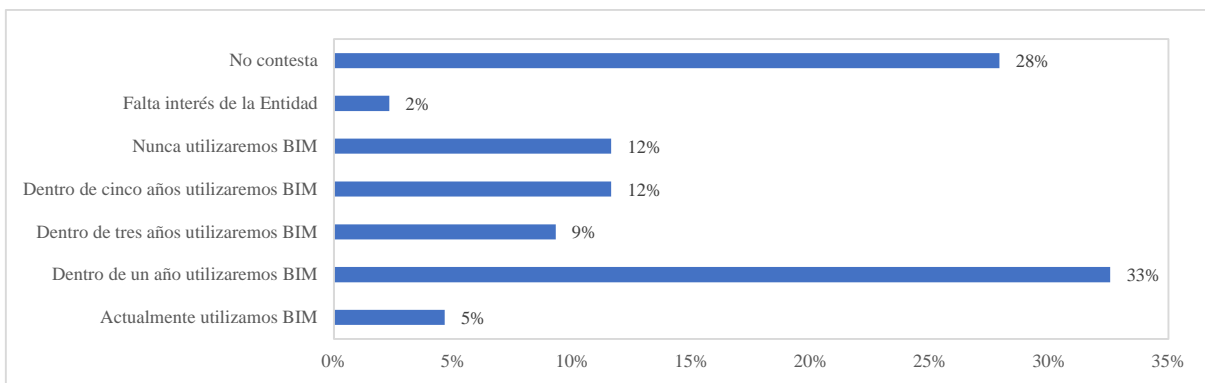
20. ¿Está usted de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones?



21. Según su experiencia en el uso de BIM, ¿en qué medida está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones?

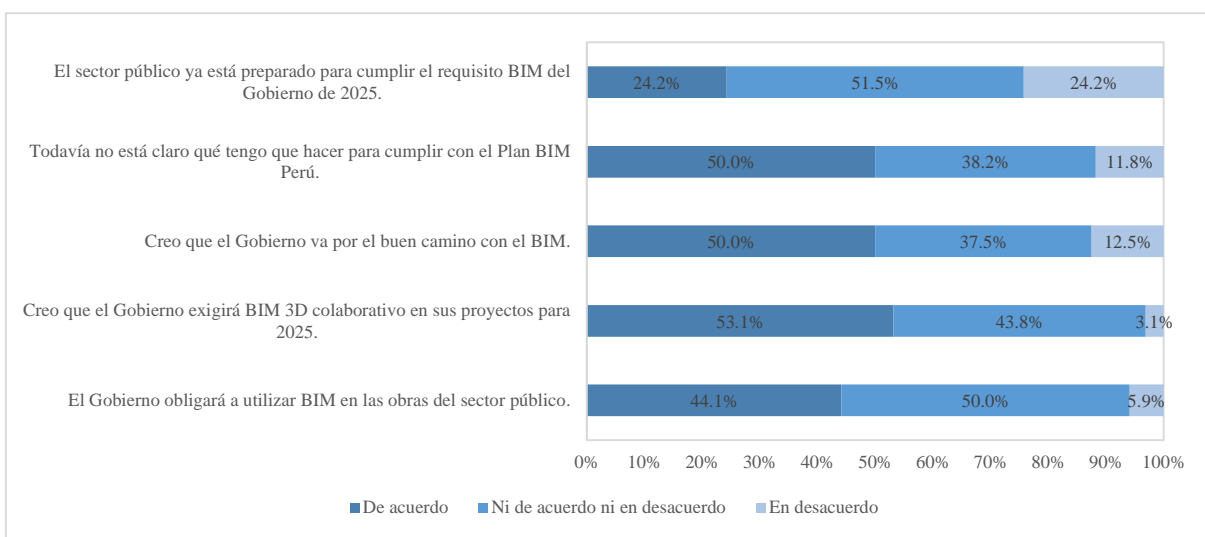


22. El futuro de BIM en su organización:

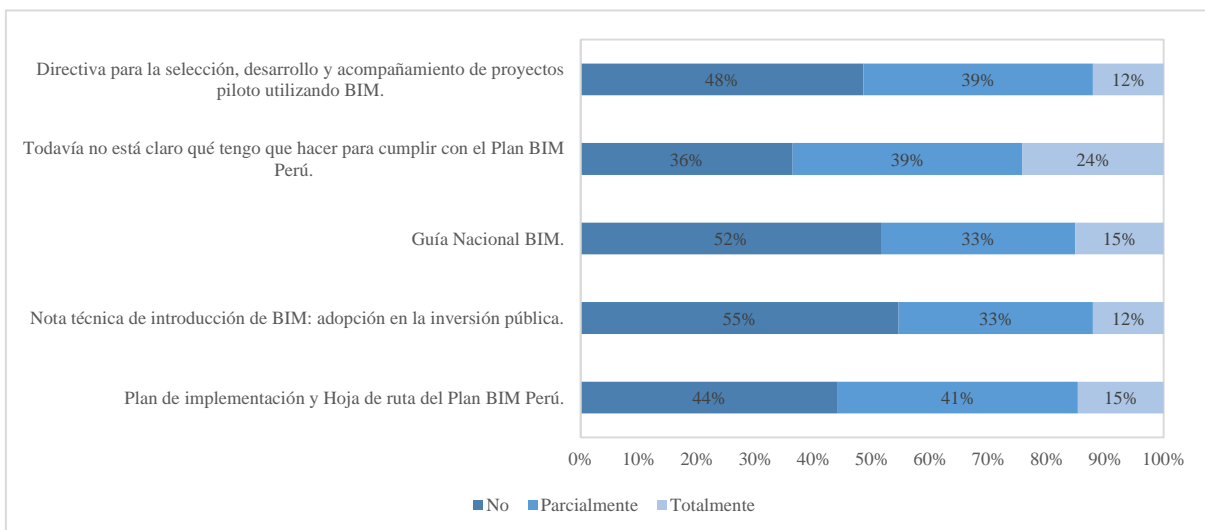


PARTE 6: BIM Y LA POLÍTICA PÚBLICA

23. ¿Está usted de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones?



24. ¿Está usted familiarizado con el siguiente marco normativo o reglamentario?



Anexo 9. Perfil de expertos entrevistados.

- José Roberto Salinas Saavedra

Ingeniero Civil y maestro en Dirección de la Construcción en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) con 20 años de experiencia en la construcción de proyectos inmobiliarios y actual docente en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Lima. Su experiencia con BIM se inició en el año 2011, a través de la aplicación de la metodología en los proyectos inmobiliarios que dirigió en los últimos 10 años.
- Danny Eduardo Murguía Sánchez

Ingeniero civil y doctor en 'Civil and Building Engineering (Built Environment)' de la Universidad de Loughborough en Reino Unido. Cuenta con más de 15 años de experiencia en la industria de la construcción a través del desarrollo de diseño y construcción de diversos proyectos en el País. En la actualidad se desempeña como investigador en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y asociado a investigación en la Universidad de Cambridge, donde viene desarrollando diversos estudios en materia de digitalización, desempeño y performance en la construcción.
- Elisa Figueroa Zárate

Abogada y maestro en Dirección de la Construcción en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Cuenta con 15 años de experiencia profesional en administración y gestión de contratos en el sector construcción. En la actualidad es socia y abogada del estudio NPG Abogados, donde se desempeña como especialista en gestión contractual y prevención de disputas en el ámbito de desarrollo de proyectos de infraestructura pública y privada.
- Guido Rodríguez Zamalloa

Ingeniero civil y maestro en ciencias con mención en ingeniería de sistemas. Actualmente, se desempeña como gerente de Hábitat Perú y consultor del Ministerio de Economía y Finanzas en materia de implementación BIM en la gestión pública a nivel nacional. Su experiencia en materia BIM se ha dado a través de su participación en la implementación de BIM en el desarrollo de la escuela técnico superior PNP de Puente Piedra y San Bartolo y el Hospital Central de la Policía Nacional Luis N. Sáenz. Su labor abarca, también, la colaboración en el desarrollo de diversas normativas y la política de implementación BIM liderado por el MEF.

Anexo 10. Perfil de funcionarios entrevistados

- Félix Miguel Barrueta Napurí

Economista y coordinador de la Unidad Formuladora de Proyectos del Gobierno Regional de Tumbes. Cuenta con más de 10 años de experiencia en formulación y evaluación de proyectos, tanto en formulación como en la Oficina de Programación Multianual de Inversiones, y su predecesora OPI.
- Ramón Lima Carhuapoma

Ingeniero civil y subgerente de obras de la oficina de Infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes. Cuenta con más de 20 años de experiencia como proyectista, inspector y supervisor de proyectos de infraestructura en el sector público.
- Lenin Harold Avila Silva

Ingeniero civil y gerente de infraestructura del Gobierno Regional de Tumbes.
- Roger Florencio Moran Rivera

Ingeniero civil y Sub-Gerente de las áreas de Supervisión, Liquidación y Transferencias de Obras y Estudios y Proyectos.

Anexo 11. Análisis de respuestas de entrevistas especialistas

1. ¿Cuáles cree usted que son las ventajas que BIM le ofrece a la industria nacional?

Para José Salinas, los beneficios inmediatos de BIM es la reducción de las incompatibilidades, que permiten mejorar la confiabilidad en materia de costos y plazos de ejecución.

Para Danny Murguía, los principales beneficios de la digitalización del sector construcción pasan por el desarrollo de capacidades para realizar proyectos de alto desempeño, que integren entornos colaborativos y que permitan ejecutar proyectos en forma más rápida, eficiente y cumpliendo las necesidades de la población.

Para Elisa Figueroa, BIM, bien utilizado, permite optimizar la ejecución de la obra mediante la identificación de incompatibilidades tempranas y la integración de información del proyecto. Sin embargo, su uso inadecuado trae el riesgo de desperdiciar recursos en un instrumento costoso.

Para Guido Rodríguez, las principales ventajas del BIM radican en la mejora de previsibilidad de costos y plazos en la ejecución de proyectos de infraestructura. Asimismo, su adopción permitirá generar confianza entre las partes en la medida que está vinculada a la transparencia en la ejecución del proyecto.

2. ¿Cuáles cree que sean las limitaciones o barreras a las que se enfrenta BIM en la industria nacional?

Para José Salinas la principal limitación es la carencia de profesionales plenamente competentes en la metodología BIM en industria nacional. En ese sentido, es necesario integrar a la academia en el desarrollo de competencias. Otro aspecto identificado es la resistencia al cambio por parte de los especialistas que desarrollan proyectos de infraestructura.

Para Danny Murguía la principal limitación es la falta de profesionales completamente involucrados en la digitalización y que tengan un nivel relevante en la toma de decisiones. Otro aspecto importante, señala, es la baja madurez de BIM entre los desarrolladores de proyectos y los especialistas en esta etapa (proyectista).

Para Elisa Figueroa, la principal barrera a la que se puede enfrentar la industria nacional es la cultura, en la medida que en la industria nacional predomina posiciones de parte y contraparte, donde la colaboración y el intercambio de información es residual. Asimismo, otro de los riesgos en la implementación, detalla, es que no trabaje sobre los aspectos complementarios que construyen el ambiente para BIM funcione adecuadamente, tales como: el nivel de acceso a la información, la colaboración, las responsabilidades profesionales, entre otros.

Para Guido Rodríguez, la principal barrera es el desconocimiento de la metodología BIM, muchas veces entendida como 'modelamiento' o uso de un *software*.

3. ¿Cuáles cree que sean las limitaciones o barreras a las que se enfrenta BIM en la adopción por parte del sector público?

Para José Salinas, la mayor limitación puede darse en el desconocimiento de las nuevas normativas que están publicadas por el MEF.

Para Danny Murguía, el principal reto del sector público es el tema de capacidades, de personal (en cantidad y calidad), e infraestructura tecnológica.

Para Elisa Figueroa, la mayor barrera para la implementación en el sector público es normativo. Al ser estas muy rígidas, no terminan de responder a la diversidad de circunstancias en las que un funcionario se puede encontrar al desarrollar un proyecto de infraestructura, que también ocurrirá con BIM. Entonces, existe un temor permanente en el funcionario a los instrumentos de control que genera inmovilización y resistencia a realizar acciones que no son explícitas en la normativa.

Para Guido Rodríguez la incertidumbre respecto al costo de implementar BIM puede constituir una dificultad para convencer a la dirección de la Entidad.

4. ¿Está usted familiarizado con el siguiente marco normativo o reglamentario?

José Salinas se encuentra totalmente familiarizado con el Plan de implementación y Hoja de ruta del Plan BIM Perú, la Nota técnica de introducción de BIM: adopción en la inversión pública, la Guía Nacional BIM y parcialmente con la Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM.

Danny Murguía se encuentra familiarizado con los cuatro documentos emitidos por el MEF.

Elisa Figueroa se encuentra familiarizada con los cuatro documentos, desde su perspectiva de abogada y especialista en administración contractual.

Guido Rodríguez ha participado en la construcción del marco normativo BIM y se encuentra familiarizado con los cuatro documentos publicados por el MEF.

5. ¿Cuál crees que sean las virtudes y limitaciones de la forma como el MEF viene desarrollando la adopción progresiva BIM en el sector público?

Para José Salinas, la propuesta del MEF tiene la virtud de ser progresiva y prever acciones de corto, media y largo plazo que permitan adaptar a las demandas y exigencias que requiere la adopción de BIM.

Para Elisa Figueroa, la propuesta del MEF era necesaria, en la medida que construye el marco normativo que otorga funciones a los gestores públicos en materia de implementación BIM, aunque aún existen otros elementos pendientes de resolver como su articulación con el sistema de contratación, con el sistema de inversión pública o el sistema de control. Asimismo, las guías no terminan por definir aspectos como la colaboración, las responsabilidades, la distribución de riesgos o la propiedad de la información.

Respecto a las limitaciones en la propuesta de adopción BIM, para Danny Murguía, el desarrollo que viene realizando el MEF a omitido la experiencia peruana de 10 años, optando por el modelo de estándares inglés en un país con baja madurez en materia de estandarización. Por el contrario, se pierde la experiencia peruana, que se basa en la construcción de modelos tridimensionales construidos colaborativamente y destinados a tomar decisiones del proyecto. Esto en el marco de una fuerte influencia de VDC sobre la industria más madura en materia BIM.

Para Guido Rodríguez, la principal virtud es la articulación con los estándares internacionales, lo que permitirá que el desarrollo de BIM en el sector público sea más fácil de integrar en la medida que se vaya adoptando en las diversas entidades. Por el contrario, identifica como mayor debilidad la aún insuficiente difusión que viene teniendo, tanto entre las entidades del sector público como privado.

6. ¿Cuál cree usted que serán las principales dificultades a las que se enfrentaría un gobierno regional en el proceso de adopción BIM?

Para José Salinas las principales barreras son las siguientes: el conocimiento de la tecnología, la resistencia al cambio de los profesionales y, principalmente, obtener el compromiso de la alta dirección.

Para Danny Murguía las barreras tienen diverso origen: las competencias internas de la Entidad, la ausencia de capacidades BIM en la cadena de suministro, la existencia de un marco regulatorio muy rígido y el temor de los funcionarios a tomar decisiones basados en miedos al accionar del sistema de control.

Para Elisa Figueroa, existen diversas dificultades, la primera sigue siendo de personas, garantizar las capacidades para la adopción BIM y el marco regulatorio necesario para que los funcionarios puedan actuar en forma colaborativa y transversal, entre las diversas áreas que involucra un proyecto. Lo segundo, en el marco nacional, debe revisarse las normas de inversión y el marco regulatorio BIM, para avanzar en aspectos como el Entorno Común de Datos (CDE) u objetos BIM cuya administración y estandarización deberá tener un enfoque nacional u organizacional.

Para Guido Rodríguez, el principal reto de las Entidades es realizar la adecuación administrativa a fin de garantizar un marco regulatorio que favorezca la adopción de BIM. Otra dificultad identificada es la implementación del Entorno Común de Datos (CDE), en la medida que requiere de una participación colaborativa de áreas que hoy trabajan en forma separada. Otra dificultad es el desconocimiento de la metodología, que lleva a realizar adquisición de programas que no terminan de emplearse, por no contar con las capacidades BIM, aún. Un cuarto elemento está constituido por la alta rotación laboral del sector público, donde al personal que la Entidad capacita, termina migrando a otras instituciones o empresas. Un quinto elemento relevante, es la implementación de cláusulas colaborativas, que no significa un contrato colaborativo, pero que sí permite distribuir mejor los riesgos en el desarrollo de proyectos con BIM.

7. Desde su perspectiva ¿Qué elementos debe garantizar un gestor público a fin de permitir la adopción de BIM en las entidades regionales?

Para Elisa, el primer elemento que debe garantizar un gestor es la ausencia de miedo, que sea flexible, que agrupe a profesionales multidisciplinarios, con profesionales que conozcan a profundidad el detalle técnico. Asimismo, entender que el proceso no es lineal y en el camino existirán muchos fracasos antes de que la adopción sea exitosa. Es decir, que se trace objetivos realistas, que prevea y garantice los recursos que requerirá. Finalmente, también es importante que el personal del Sistema Nacional de Control se capacite a fin de garantizar la construcción de un lenguaje común entre la ejecución y el Control.

8. Riesgos en la adopción BIM

Para José Salinas, un riesgo del proceso de adopción BIM es la ausencia de incentivos centrales para la adopción de BIM por parte de Entidades Territoriales, en la medida que no crea comportamientos favorables a la adopción BIM.

Para Danny Murguía, el principal riesgo de la adopción BIM es el fracaso y el retorno al trabajo en CAD. Sin embargo, considera que este es un retroceso pasajero, en la medida que la digitalización del sector es una tendencia global.

Para Elisa, el principal riesgo es el desconocimiento de la metodología, que puede llevar a grandes inversiones en *software* que luego no sean adecuadamente usados y, por tanto, desemboquen en grandes pérdidas de inversión.

Guido Rodríguez identifica como un riesgo el intento de implementación prematura de las Entidades que, sumado a un desconocimiento de la metodología, llevan a adquirir una gran cantidad de licencias de *software* que luego no terminan de ser empleadas, acarreando elevados costos de instrumentos que no terminan de ser usados.

Anexo 12. Análisis de respuestas de entrevistas a funcionarios.

1. ¿Cuál es su nombre y su experiencia laboral? (¿Cuantos años de experiencia tiene en el sector?)

El economista Félix Miguel Barrueta es Coordinador de la Unidad Formuladora de Proyectos y cuenta con más de 10 años de experiencia en el área de formulación y evaluación de proyectos, tanto en UF como en OPI, hoy OPMI.

Por su parte, el ingeniero civil Roger Florencio Morán Rivera es Subgerente de Estudios y Proyectos y actual encargado de la subgerencia de Liquidación y Transferencia de Obras. Cuenta con más de 20 años de experiencia laboral como ingeniero civil, 10 de ellos desarrollados en el sector público.

El ingeniero civil Ramón Lima Carhuapoma es Subgerente de Obras y Supervisión y cuenta con más de 20 años de experiencia laboral como proyectista, inspector y supervisor de proyectos de infraestructura, en diversas entidades públicas.

Además, el ingeniero civil Lenin Harol Ávila Silva es el actual Gerente de Infraestructura del Gobierno Regional y cuenta con 18 años de experiencia profesional, desarrolladas en diversas entidades Públicas y Privadas.

2. ¿Cuáles son las principales dificultades a las que se enfrenta en el área en materia de planificación, ejecución o gestión de infraestructura?

Para Félix Barrueta, el mayor problema presente en el desarrollo de proyectos de infraestructura es la escasa información disponible, la ausencia de sistematización y almacenamiento de la información.

Por su parte, Roger Morán señala que la principal dificultad que identifica es presupuestal, con carencia de recursos para pagar los insumos y recursos del trabajo diario y, como señala, pagar al personal que trabaja en el área.

Para Ramón Lima, la principal dificultad en la ejecución de los proyectos está dada por las deficiencias en los expedientes técnicos.

Para Lenin Ávila, la principal dificultad en la ejecución de proyectos de infraestructura es la elaboración de expedientes técnicos, que nunca terminan de satisfacer las necesidades y objetivos del proyecto.

3. ¿Conoce, en mayor o menor grado, la metodología BIM?

Respecto al conocimiento de la metodología BIM, Félix Barrueta manifiesta tener conocimiento del mismo y haber recibido cursos de capacitación el presente año, habiendo participado en congresos internacionales desarrollados en año 2019. Asimismo, señala venir que viene trabajando con BIM a través de un personal que maneja el software. Por su parte, Roger Morán manifiesta no conocer la metodología BIM. Asimismo, Ramón Lima señala conocer, en forma parcial, la metodología. De igual forma, Lenin Ávila expresa tener un conocimiento parcial desarrollado durante su experiencia en proyectos públicos desarrolladas por empresas por privadas en la ciudad de Iquitos.

4. ¿Conoce las acciones que viene desarrollando el MEF en material de implementación del BIM en el sector público?

Félix Barrueta señala estar familiarizado con las acciones que viene implementando el MEF gracias a capacitaciones recibidas. Por su parte, Ramón Lima manifiesta estar parcialmente familiarizado gracias a las coordinaciones que realiza con el equipo técnico del MEF que ace seguimiento continuo a las inversiones y la ejecución presupuestaria. De similar forma, Lenin Ávila también señala tener un conocimiento parcial de estas acciones. En ninguno de los casos se ha identificado un conocimiento profundo y detallado de los documentos desarrollados por el MEF.

En caso de tener una idea de la metodología BIM

5. ¿Cuál es su experiencia con BIM? (¿Cuántos años de experiencia tiene con BIM?)

El economista Félix Barrueta señala tener cuatro años de experiencia con el BIM, a través de un personal con conocimientos de la herramienta y el software. Como señala Ramón Lima y Lenin Ávila, la subgerencia de obras y supervisión carece de experiencia en el empleo de esta metodología.

6. ¿Cuáles cree usted que son las ventajas que BIM le ofrece al sector público regional?

Para Félix Barrueta, la implementación de BIM trae la modernidad al desarrollo de proyectos y su adopción permite la agilización de las inversiones en infraestructura. Por su parte, para Ramón Lima la metodología mejora la coordinación del proyecto, permite gestionar el proyecto en forma dinámica y reducir los atrasos en su ejecución. De forma similar, señala Lenin Ávila, la metodología permite ordenar, planificar, definir con claridad y lograr los objetivos para los que se desarrolla un proyecto de infraestructura.

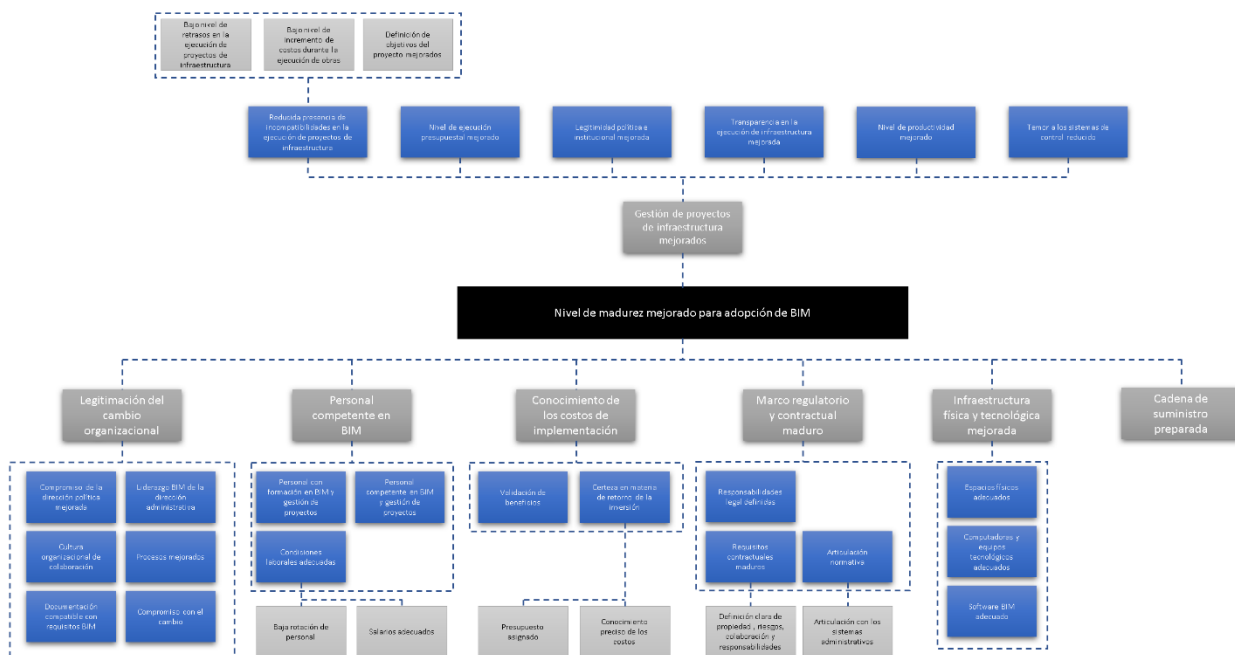
7. Desde su perspectiva, ¿Cuáles cree que sean las limitaciones o barreras a las que se enfrenta BIM en la adopción por parte del sector público?

Para Félix Barrueta las principales barreras a las que se enfrentará la adopción de BIM en la inversión pública están dadas por la resistencia al cambio de los profesionales de ingeniería y la demanda de equipos y sistemas informáticos que demanda el componente tecnológico de BIM. De forma similar, Ramón Lima añade el componente de capacitaciones y, por tanto, de disposición de personal capacitado en BIM, como también la necesidad de equipos de cómputo y *software* licenciado de los que hoy carece el área a su cargo. En forma complementaria, señala Lenin Ávila a la alta rotación del personal como una barrera y la disposición presupuestal para contratarlos, la falta de infraestructura física que permita un trabajo ordenado; la capacitación del personal y su permanencia en la institución; y la fortaleza y continuidad de la política pública de adopción BIM.

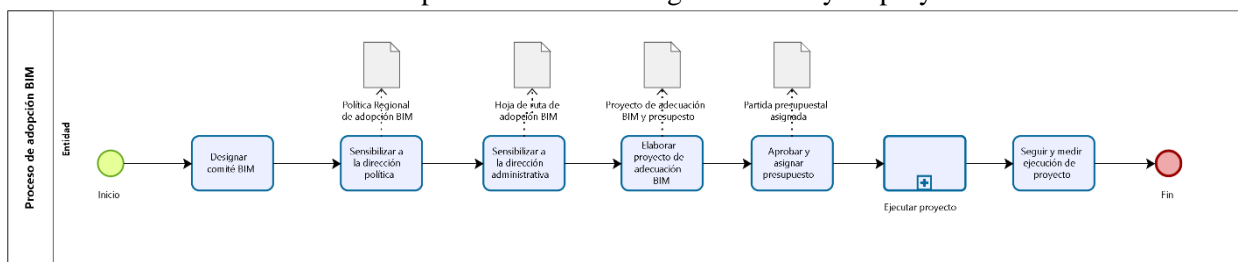
8. Desde su perspectiva ¿Qué elementos debe garantizar un gestor público a fin de permitir la adopción de BIM en las entidades regionales?

Para Félix Barrueta, un elemento importante a garantizar el vínculo contractual de los funcionarios, garantizar su permanencia en el tiempo para que tenga efecto las capacitaciones. Por su parte, Ramón Lima considera que obtener el compromiso de la alta dirección es fundamental, en la medida que garantiza la planificación y la disposición de recursos en material de personal, infraestructura y tecnología. En forma similar,

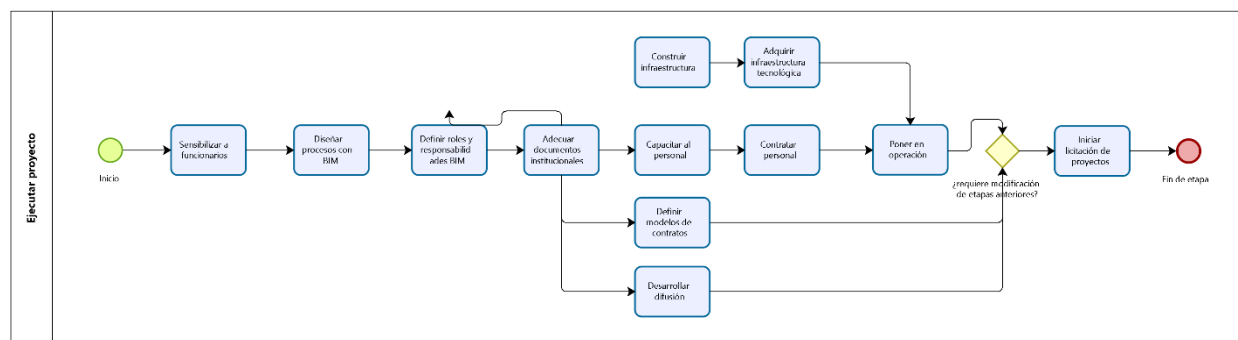
Anexo 14. Árbol de objetivos para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.



Anexo 15. Proceso de adopción BIM a nivel organizacional y de proyecto.



(a) Etapa 1: Proceso de adopción BIM a nivel organizacional, destinado a la obtención del compromiso de la dirección, la ingeniería de detalle del proyecto y la asignación presupuestal.



(b) Etapa 2: Proceso ejecución de proyecto de adopción BIM a nivel de proyecto piloto, destinado al desarrollo de capacidades en materia de infraestructura, tecnología y competencias profesionales.

Anexo 16. Acciones propuestas y áreas vinculadas a su desarrollo.

Componentes	Acciones	Dirección política (gobernador, vicegobernador,	Gerencia general regional	OPMI	Unidad formuladora	Gerencia de infraestructura	Subgerencia de estudios	Subgerencia de obras	Subgerencia de liquidación	Oficina regional de asesoría jurídica	Oficina de recursos humanos	Oficina de Tecnologías de la Información	Gerencia Regional de Planeamiento Presupuesto y	Subgerencia de planeamiento estratégico	Subgerencia de presupuesto	Oficina de control institucional	Oficina de comunicaciones
C1. Legitimación del cambio organizacional.	A1.1. Sensibilizar a la dirección política en materia BIM.	X									X						
	A1.2. Capacitar a la dirección administrativa.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A1.3. Rediseñar procesos.			X	X	X	X	X	X					X			
	A1.4. Adecuar documentos institucionales a requisitos BIM.					X	X	X	X	X				X			
	A1.5. Sensibilizar a funcionarios en adopción BIM.					X	X	X	X			X		X			
	A1.6. Designar comité de adopción BIM.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
C2. Personal competente en BIM.	A2.1. Capacitar al personal BIM.			X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	A2.2. Contratar personal competente en BIM (CAS).					X					X				X		
C3. Conocimiento de los costos de implementación BIM.	A3.1. Definir costos de adopción BIM.			X	X	X						X	X		X		
	A3.2. Establecer sistema de monitoreo de resultados de adopción BIM.			X	X	X						X	X				
C4. Marco regulatorio y contractual maduro.	A4.1. Definir roles y responsabilidades BIM.				X	X				X		X					
	A4.2. Definir modelo de contratos con BIM.					X				X		X					
C5. Infraestructura física y tecnológica mejorada.	A5.1. Construir infraestructura para gestión de proyectos.					X	X	X				X	X		X		
	A5.2. Adquirir infraestructura Tecnológica.					X	X	X				X	X		X		
C6. Cadena de suministro preparada.	A6.3. Desarrollar campañas de difusión de política regional BIM y plan de adopción regional					X						X					X

Anexo 17. Matriz de marco lógico para la adopción BIM en el Gobierno Regional de Tumbes.

Objetivo	Resumen narrativo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	F1. Gestión de proyectos de infraestructura mejorados.	Días de ampliación de plazo Días de paralización por deficiencias ET Porcentaje de adicional de obra	Liquidación de obra	La DGPMI aprueba del desarrollo de un proyecto piloto con BIM y se recibe asesoría técnica y seguimiento de ejecución.
Propósito	P1. Nivel de madurez mejorado para adopción de BIM.	Nivel de madurez BIM	Guía nacional BIM	Se preserva el diseño de grados de progresión y madurez BIM establecidos en la Guía Nacional BIM.
Componentes	C1. Legitimación del cambio organizacional.	Número de horas de sensibilización organizacional	Plan anual de capacitaciones (PAC)	
	C2. Personal competente en BIM.	Cantidad de personal con más de 15 horas documentadas de capacitación en BIM	Informe de la oficina de Recursos Humanos	El MEF aprueba las plazas CAS del personal con competencias BIM para el proyecto.
	C3. Conocimiento de los costos de implementación BIM.	Presupuesto clase 1 (AACE ²⁷) elaborado	PMI del Gobierno Regional.	---
	C4. Marco regulatorio y contractual maduro.	Número de modelos de contratos de ejecución BIM aprobados por la Entidad	Informe de asesoría jurídica	---
	C5. Infraestructura física y tecnológica mejorada.	Número de equipos con software BIM	Informe de la oficina de tecnologías de la información	---
	C6. Cadena de suministro preparada.	Número de campañas informativas desarrolladas.	Informe de la Oficina de Comunicaciones	El mercado está preparado y se presentan diversas ofertas a los procesos de desarrollo de proyectos piloto con BIM.
Actividades	A1.1. Sensibilizar a la dirección política en materia BIM.	Número de horas de talleres de sensibilización a dirección política.	Informe de la oficina de Recursos Humanos	---
	A1.2. Capacitar a la dirección administrativa.	Número de horas de capacitación en gestión de proyectos con BIM.	Informe de la oficina de Recursos Humanos	---
	A1.3. Rediseñar procesos.	Número de procesos rediseñados	Informe de subgerencia de planeamiento estratégico	---
	A1.4. Adecuar documentos institucionales a requisitos BIM.	Número de documentos institucionales adecuados a requisitos BIM	Informe de subgerencia de planeamiento estratégico	---
	A1.5. Sensibilizar a funcionarios en adopción BIM	Número de horas de talleres de sensibilización a funcionarios.	Informe de la oficina de Recursos Humanos	---
	A1.6. Designar comité de adopción BIM.	---	Resolución Gerencial Regional	---
	A2.1. Capacitar al personal BIM	Número de horas de capacitación en gestión de proyectos con BIM.	Informe de la oficina de Recursos Humanos	---
	A2.2. Contratar personal competente en BIM (CAS)	Número de funcionarios con competencia BIM contratados.	Informe de la oficina de Recursos Humanos	---
	A3.1. Definir costos de adopción BIM.	Presupuesto clase 1 (AACE ²⁸) elaborado	PMI del Gobierno Regional.	---
	A3.2. Establecer sistema de monitoreo de resultados de adopción BIM.	Número de indicadores de seguimiento de ejecución BIM	Informe de comité de adopción BIM	---
	A4.1. Definir roles y responsabilidades BIM.	---	Informe de asesoría jurídica	---
	A4.2. Definir modelo de contratos con BIM.	Número de modelos de contratos de ejecución BIM aprobados por la Entidad	Informe de asesoría jurídica	---
	A5.1. Construir infraestructura para gestión de proyectos.	Avance de ejecución de infraestructura	Informe de gerencia de infraestructura	---
	A5.2. Adquirir infraestructura tecnológica.	Número de equipos de cómputo adquiridos	Informe de la oficina de tecnologías de la información	---
	A5.3. Adquirir y capacitar en uso de software BIM.	Número de horas de capacitación en uso de software BIM	Informe de la oficina de tecnologías de la información	---
	A6.1. Establecer política de adopción BIM	Número de resoluciones de adopción BIM en proyectos piloto.	Resoluciones archivadas por Secretaría General Regional	---
	A6.2. Difundir política y proyectos piloto con BIM.	---	Informe de la Oficina de Comunicaciones	---

²⁷ AACE, Association for the Advancement of Cost Engineering.

²⁸ AACE, Association for the Advancement of Cost Engineering.

Anexo 18. Software BIM.

Aplicativo	Proveedor	Modelado	Visualizador	Planificador (4D)	Metrado y presupuesto (5D)	Gestión ambiental y eficiencia energética (6D)	Facility Management (7D)	Diseño de instalaciones (MEP)	Diseño de estructuras	Entorno Común de datos (CDE)
Archicad	Graphisoft	X								
Revit	Autodesk	X						X	X	
Allplan	Nemetschek	X								
Aecosim	Bentley systems	X								
Vectorworks	Nemetschek	X								
Edificius	ACCA Software	X								
BIM Collab Zoom	BIM Collab		X							
BIMx	Graphisoft		X							
Solibri Model Viewer	Nemetschek		X							
A360	Autodesk		X							
Dalux BIM Viewer	Dalux		X							
BIMsync	VREX		X							
BIM Vision	BIM Vision		X							
BIMkeeper	BIMkeeper		X							
usBIM Viewer	ACCA Software		X							
Revizto	Vizerra		X							X
Naviswork	Autodesk			X						
Synchro	Bentley			X						
TCQi	ITeC			X						
Project	Microsoft			X						
Asta Powerproject	Projects Analytics			X						
Arquímedes	Cype				X					
Presto – Itwo - Cost It	RIB Spain				X					
Gest.MidePlan	Arktec				X					
Vico Office	Construsoft				X					
EcoDesigner	Graphisoft					X				
Green Building Studio	Autodesk					X				
Cypetherm HE	Cype					X				
IBM Máximo	BPD Zenith						X			
Archibus	iOffice + SpaceIQ						X			
YouBIM	GMAO						X			
Cypecad MEP	Cype							X		
DDSCad	Graphisoft							X		
Tricalc	Arktec								X	
Tekla Structures	Trimble								X	
BIM 360	Autodesk									X
BCDE	Bentley									X
BIM Cloud	Graphisoft									X
BIM Server Center	Cype									X
BIM Plus	Allplan									X
EcoDomus	Siemens									X
Trimble Connect	Trimble									X
Aconex	Oracle									X

Fuente: María Rodrigo-Ortega y Luis Fuentes-Bargues (2021), Propia.

Elaboración: propia.

Los programas o aplicaciones BIM en la actualidad se dividen en cuatro grandes grupos: modeladores, visualizadores, simuladores y entorno común de datos (CDE). Así, en cada grupo podemos identificar alguno de los proveedores de mayor presencia en el mercado peruano:

- **Modelado**
Herramientas destinadas a la creación de modelos paramétricos. En su desarrollo integran modelos tridimensionales e información de las diversas especialidades.
- **Visualización**
Programas destinados a visualizar e integrar los modelos tridimensionales en un modelo único.
- **Planificador (4D)**
Aplicativo destinado a la planificación del proyecto mediante la elaboración de cronogramas de ejecución.
- **Metrado y presupuesto (5D)**
Programas cuyo fin es la medición de cantidades de partidas (metrados) y la definición del presupuesto.
- **Facility Management (7D)**
Aplicativo destinado a la gestión de la operación y mantenimiento de los activos vinculados al proyecto de infraestructura.
- **Diseño de instalaciones (MEP)**
Programas destinados al diseño y elaboración de especialidades del proyecto como sanitarias, eléctricas o electromecánicas.
- **Diseño de estructuras**
Programas especializados en el diseño estructural de proyectos.
- **Entorno Común de datos (CDE)**
Aplicaciones en la nube destinadas a gestionar la información del proyecto basados en el estándar ISO 19650.

Nota Biográfica

Andrei Gilberto Domínguez Alvarado

Nacido en la ciudad de Sofía - Bulgaria, el 5 de enero de 1981, de padre panameño y madre peruana. Ciudadano de Huánuco por motivos afectivos. Ingeniero civil egresado de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Cuenta con estudios en ingeniería geotécnica en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Su experiencia profesional abarca un periodo de 12 años realizados principalmente en el sector privado, entre la consultoría especializada y la docencia. En el sector público su experiencia profesional ha sido breve, año y medio, pero la más grata de todas. Desde la experiencia del Gobierno Regional de Huánuco, entendió la relevancia de gestión pública para el desarrollo de su región y la importancia del conocimiento para su ejercicio decente.