

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PROPUESTA DE INTEGRACIÓN BIM CON CONTRATOS NEC

**PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE
SANEAMIENTO EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Deynna Poma Rivas

ASESOR:

Frank Roberto Chuquin Montoya

Lima, 2026

Informe de Similitud

Yo, Frank Roberto Chuquín Montoya, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado "Propuesta de Integración BIM con Contratos NEC para mejorar la gestión de proyectos de saneamiento en la etapa de ejecución", de la autora Deynna Poma Rivas, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 22/03/2026.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 22 de marzo de 2026

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Chuquín Montoya, Frank Roberto</u>	
DNI: 41817447	Firma 
ORCID: 0000-0001-8342-6602	

Dedicatoria

A mi familia, principalmente a mis padres, quienes siempre me apoyaron y acompañaron en el camino de mi vida universitaria.



Resumen

La presente investigación aborda la integración de la metodología Building Information Modeling (BIM) con los contratos New Engineering Contract (NEC) en proyectos de saneamiento y se tomó como caso de estudio un proyecto de reubicación de redes de agua potable en Lima. El estudio comprende la revisión del estado del arte en el Perú donde se identifica la coyuntura actual del desarrollo de BIM en Perú y su aplicación en proyectos de saneamiento, el cual aún carece de lineamientos normativos consolidados. Asimismo, la adopción de contratos NEC en el país se encuentra en una etapa inicial y su aplicación en proyectos de construcción complementada con BIM aún es limitada.

A partir del diagnóstico obtenido, se analiza las dificultades contractuales, organizacionales que se presentan en el proceso de integrar ambos conceptos en proyectos de saneamiento como la limitada definición contractual de entregables BIM, la falta de capacitación de los actores involucrados y la falta de cultura colaborativa. Se planteó como propuesta un Plan de Implementación BIM-NEC aplicable en la fase de ejecución de un proyecto el cual comprende un Plan de Ejecución BIM, la definición de usos BIM, la estructuración de una matriz RACI y la incorporación de cláusulas NEC que regulen los entregables, valorizaciones y control colaborativo.

Finalmente, la propuesta es validada mediante el juicio de expertos mediante el método Delphi, el cual permite medir la aplicabilidad y beneficios de la propuesta planteada. Los resultados obtenidos hacia la incorporación de BIM dentro de un marco contractual NEC, destaca su potencial para mejorar el intercambio de información, la gestión colaborativa y la calidad de los entregables en proyectos de saneamiento. En conclusión, el estudio evidencia que la integración BIM-NEC constituye una alternativa viable y estratégica para modernizar la gestión contractual en proyectos en el Perú, aportando lineamientos aplicables para futuras implementaciones en obras de reubicación de redes y saneamiento urbano.

Índice

RESUMEN	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE	III
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Preguntas De Investigación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.	3
1.3.2. Objetivos específicos.	3
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	5
1.6. Metodología	5
FIGURA 1 DIAGRAMA DE FLUJO DE METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.	6
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	6
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	7
2.1. Revisión Literaria	7
2.1.1. BIM en la gestión de proyectos de ingeniería y saneamiento.	8

2.1.2.	Desarrollo y aplicación de contratos NEC en proyectos de ingeniería.....	11
2.1.3.	Estudios sobre la integración de BIM y NEC.....	12
2.2.	Marco Teórico	14
2.2.1.	Building Information Modeling (BIM).....	14
2.2.1.1.	Usos BIM.....	15
2.2.1.2.	Niveles de Desarrollo.....	18
2.2.1.3.	Plan BIM Perú.....	20
2.2.1.4.	ISO 19650-2.....	21
2.2.1.5.	Sesiones ICE (Intgrated Concurrent Engineering).....	25
2.2.1.6.	Plan de Ejecución BIM	26
2.2.2.	Contratos NEC.....	27
2.2.3.	Entrevistas Semi-Estructuradas.....	31
2.2.4.	Método Delphi	31
CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO		33
3.1.	Introducción Al Caso De Estudio	33
3.2.	Alcance y Objetivos	33
3.2.1.	Alcance general.....	33
3.2.2.	Alcance reubicación de redes de agua potable.....	34
3.2.3.	Alcance reubicación de redes de alcantarillado.....	34
3.2.4.	Objetivos del proyecto.....	35
3.3.	Condiciones Contractuales	35
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN BIM Y CONTRATOS NEC EN EL PERÚ		38

4.1. Interpretación De Los Resultados Obtenidos	38
4.1.1. Tecnología.....	38
4.1.2. Procesos.....	40
4.1.3. Política.....	41
4.1.4. Contractual.....	43
4.2. Conclusiones	44
CAPÍTULO V: PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN BIM-NEC	46
5.1. Plan Implementación BIM-NEC	46
5.1.1. Acciones Estratégicas.....	46
5.1.2. Propuesta de implementación BIM-NEC aplicada al caso de estudio.....	50
5.1.2.1. Usos BIM.....	50
5.1.2.2. Matriz RACI.....	52
5.1.2.3. Plan de Ejecución BIM	54
CAPÍTULO VI: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	58
6.1. Estructura de la Encuesta:	58
6.2. Análisis De Resultados: Primera Ronda	59
6.3. Análisis De Resultados: Segunda Ronda.....	63
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
7.1. Conclusiones	67
7.2. Recomendaciones.....	68

BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXO A: ENCUESTADOS DIAGNÓSTICO IMPLEMENTACIÓN BIM	75
ANEXO B: PLAN DE EJECUCIÓN BIM.....	77
ANEXO C: LISTA DE EXPERTOS PROFESIONALES.....	84
ANEXO D: PRIMERA RONDA MÉTODO DELPHI.....	85
ANEXO E: SEGUNDA RONDA MÉTODO DELPHI.....	86
ANEXO F: PLANO PLANTA RED DE AGUA.....	87



Índice De Tablas

Tabla 1 Cuadro comparativo entre contratos NEC y contratos tradicionales con relación a BIM.	14
Tabla 2 Usos BIM nacionales relacionados con las fases del ciclo de inversión.....	15
Tabla 3 Tabla de mapeo de uso BIM etapa constructiva.	17
Tabla 4 Progresividad del nivel de información según las fases del ciclo de inversión.	20
Tabla 5 Cuadro resumen 8 etapas para la gestión de información.....	21
Tabla 6 Ejemplo matriz RACI según Anexo A de la norma ISO 19650-2.....	23
Tabla 7 Tabla comparativa de los usos ICE y BIM y el beneficio de su sinergia.....	25
Tabla 8 Cuadro comparativo Plan de Ejecución BIM pre-contrato y post-contrato.....	26
Tabla 9 Estructura de contratos NEC3.....	30
Tabla 10 Acciones estratégicas BIM-NEC.....	47
Tabla 11 Actividades BIM – NEC. Evaluación Inicial.....	48
Tabla 12 Actividades BIM – NEC. Contratación.....	49
Tabla 13 Actividades BIM – NEC. Construcción.....	49
Tabla 14 Actividades BIM – NEC. Cierre.....	50
Tabla 15 Propuesta Matriz RACI.....	53

Índice De Gráficos

Gráfico 1 Resultado de la encuesta. Sector tecnología. Fuente: Elaboración propia.	39
Gráfico 2 Resultado de la encuesta. Sector procesos. Elaboración propia.	40
Gráfico 3 Resultado de la encuesta. Sector político. Fuente: Elaboración propia.	42
Gráfico 4 Resultado de la encuesta. Sector contractual. Fuente: Elaboración propia.	43
Gráfico 5 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque1 Fuente: Elaboración Propia.	59
Gráfico 6 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque 2 Fuente: Elaboración Propia.	60
Gráfico 7 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque 3 Fuente: Elaboración Propia.	61
Gráfico 8 Resultados preguntas 2da Ronda Fuente: Elaboración Propia.	65

Índice De Figuras

Figura 1 Diagrama de flujo de metodología de investigación.	6
Figura 2 Diagrama de flujo de usos BIM. Fuente: Elaboración propia.	51

Capítulo I: Introducción

1.1. Introducción

En la coyuntura actual, los proyectos de construcción en el Perú, específicamente en el sector de saneamiento, aún enfrentan desafíos en cuanto a su gestión y eficiencia las cuales perjudican directamente a las comunidades, debido a que estos abastecen las necesidades primarias de la población. Existe una brecha de desarrollo urbano entre las regiones naturales del Perú y este se ve evidenciado en el acceso de servicios de agua potable. Según el censo realizado por el Centro Educativo (CE) y el Sistema Integrado de Gestión Administrativa (SIGA) solo el 38% de locales educativos públicos tienen acceso a una red pública de agua potable y el 49% a un sistema de desagüe los cuales afectan principalmente a las regiones sierra y selva del Perú (Ministerio de Educación, 2022).

Por otro lado, las dificultades en los procesos técnicos de construcción, los conflictos legales y la falta de financiamiento ha causado que los proyectos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado no tengan el éxito esperado afectando a 2.6 millones de peruanos quienes no cuentan con la eficiencia de estos servicios básicos. A raíz de esta problemática el estado ha impulsado el destrabe de estos proyectos los cuales están valorizados en S/ 5,569 millones de soles distribuidos en proyectos de Lima, Callao, Piura y Puno (Ministerio de Vivienda, 2024).

A partir de lo mencionado, en los últimos años la implementación de la metodología BIM ha sido fundamental para mejorar dichas problemáticas debido a que su aporte permite una mejor integración, visión digital, y optimización de recursos desde la planificación de obra hasta la operación y mantenimiento (Gobierno del Perú. Ministerio de Vivienda, 2023). Sin embargo, a

pesar de los beneficios que ofrece esta metodología, no es suficiente para cubrir los requisitos de una gestión colaborativa ya que esta depende de otros factores como el marco contractual en el que se ejecuta un proyecto. Es por ello por lo que los contratos NEC (New Engineering Contract) son una alternativa mediante el cual se puede optimizar la eficiencia de los proyectos debido a su filosofía de flexibilidad y gestión colaborativa entre las partes involucradas (TYTL Abogados, 2020).

De manera individual ambos recursos aportan beneficios a la gestión de proyectos; sin embargo, su uso de manera conjunta en obras de saneamiento o ingeniería hidráulica no ha sido estudiada de manera profunda en el Perú. A partir de ello se plantea cómo la implementación de ambas herramientas en conjunto pudo mejorar la gestión de la información, toma de decisiones y gestión de riesgos.

El objetivo de esta investigación es poder identificar cuáles son las ventajas al implementar ambos enfoques de manera conjunta y presentar una propuesta que puede ser aplicada para futuros proyectos de saneamiento en el Perú. La integración de BIM y NEC podría mejorar el nivel de gestión de proyectos de saneamiento mediante el uso de herramientas tecnológicas, contractuales y el trabajo colaborativo.

1.2. Preguntas De Investigación

- ¿Cuáles son los desafíos que enfrentan los proyectos de saneamiento en el Perú?
- ¿Cuáles son las dificultades que se presentan en la implementación de la metodología BIM y los contratos NEC en proyectos de saneamiento?

- ¿Cuáles son las interrelaciones de trabajar de manera colaborativa la metodología BIM y los contratos NEC en proyectos de saneamiento?
- ¿Cuál es la opinión de los expertos respecto a viabilidad de la propuesta de implementación BIM-NEC?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Establecer una propuesta de implementación conjunta de BIM y contratos NEC para proyectos de saneamiento en su etapa de ejecución.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Revisar el estado del arte de la gestión contractual e implementación BIM en proyectos de saneamiento en el Perú analizando sus avances, metodologías y desafíos.
- Evaluar las dificultades de implementación BIM y contratos NEC en un proyecto de red de abastecimiento de agua potable
- Elaborar una propuesta de integración BIM-NEC para proyectos de la rama de saneamiento.
- Validar la propuesta de integración BIM-NEC mediante un juicio expertos.

1.4. Justificación

Según lo indicado en la ISO 19650, el uso de la metodología BIM aporta a la mejora de la integración y coordinación de todas las partes involucradas en un proyecto de construcción. Sin embargo, su gestión en el sector saneamiento aún enfrenta dificultades con respecto a la comunicación y eficiencia en los proyectos lo que impide alcanzar una gestión verdaderamente colaborativa. Su aplicación aún se encuentra en desarrollo y requiere una adaptación progresiva, así como el alineamiento de los líderes en obra, quienes aún se encuentran en proceso de adaptación(Sorigué, 2020).

Por otro lado, los contratos NEC (New Engineering Contract) ofrecen procedimientos y herramientas para mejorar la eficacia y promueve una gestión proactiva de las partes involucradas. Su filosofía de trabajo ofrece flexibilidad, sencillez y claridad para facilitar la comunicación, resolución temprana de conflictos lo cual aporta positivamente al desempeño de los proyectos(TYTL Abogados, 2020).

En este contexto, este proyecto de investigación tiene como finalidad sustentar un modelo de gestión integrada de los contratos NEC y la metodología BIM para proyectos de redes de abastecimiento de agua potable. Para ello, se plantea la implementación BIM como herramienta de gestión, el uso de los principios NEC y la gestión colaborativa en proyectos de infraestructura híbrida. Según McKinsey Global Institute (2017), la aplicación de estas buenas prácticas satisface la necesidad de mejorar la brecha de productividad que tiene la industria de la construcción a diferencia de otras industrias. Esto debido a la tecnología que aporta BIM y la colaboración en la contratación NEC la cual puede incrementar la productividad hasta un 10% lo cual tiene un fuerte impacto en la gestión de proyectos.

1.5. Hipótesis

Se plantea que la integración de la metodología BIM (Building Information Modeling) bajo un marco contractual NEC (New Engineering Contract) en proyectos de saneamiento, redes de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, se favorecen entre sí. Esto debido a que, trabajando en complemento, estos no solo aportarían a la operatividad y mejora económica, sino que mejoraría la gestión de riesgos, colaboración y sostenibilidad de estos a lo largo de los años ofreciendo así un mejor servicio de recursos a las comunidades.

1.6. Metodología

La metodología de investigación tiene un enfoque cualitativo en el cual, el segundo capítulo conforma una revisión literaria en proyectos de saneamiento nacionales e internacionales para identificar cuáles han sido sus principales desafíos y avances en los últimos años. A continuación, en el tercer capítulo, se entrevista a profesionales con experiencia mayor 3 años en ejecución de obras de saneamiento para poder evaluar cuales han sido las principales dificultades que experimentaron en la gestión de proyectos de infraestructura en cuanto a la implementación de la metodología BIM y contratos NEC.

A partir de los datos obtenidos previamente, en el cuarto capítulo, se plantea una propuesta de integración de BIM-NEC en la cual se propone una gestión integrada entre ambas herramientas. Finalmente, se realiza un análisis de la propuesta mediante un juicio de expertos, quienes brindan una retroalimentación para ajustar la propuesta con la finalidad que brinde un aporte de manera viable a los futuros proyectos de saneamiento en el Perú.

Los pasos de la metodología se muestran en la figura a continuación

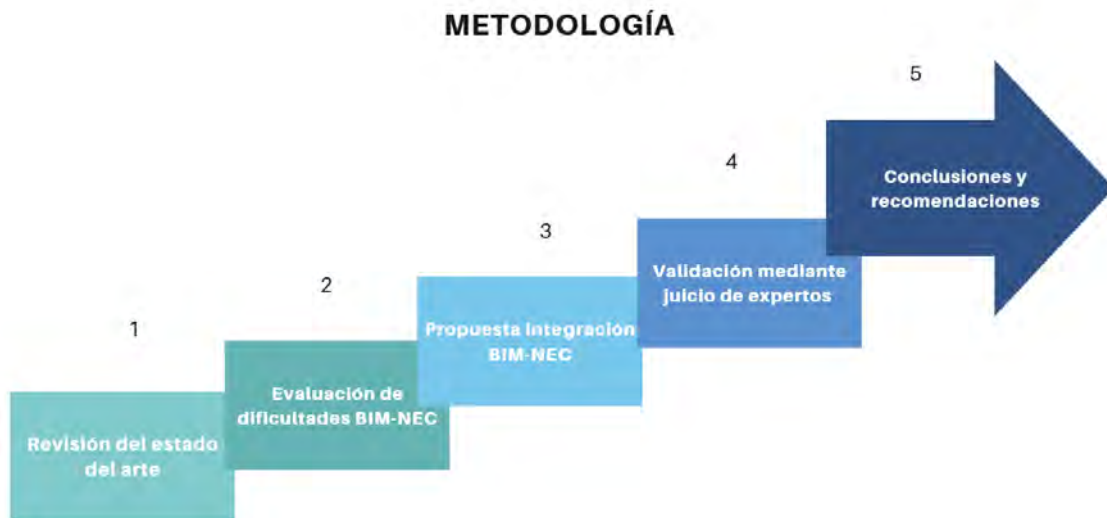


Figura 1 Diagrama de flujo de metodología de investigación.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo II: Estado Del Arte

Para el propósito de esta investigación es importante hacer un análisis de la literatura para identificar cuáles son las brechas y avances encontrados entre BIM y NEC. En esta revisión se presenta los antecedentes y referencias de artículos y estudios realizados previamente considerando el contexto conceptual de esta investigación.

2.1. Revisión Literaria

El aporte de los proyectos de saneamiento es fundamental para el desarrollo socioeconómico del Perú debido a que estos mejoran la salud pública de las personas mediante el acceso a infraestructuras de agua y desagüe las cuales son fundamentales para la prevención de enfermedades, desarrollo de la agricultura y reduce las brechas sociales entre las comunidades.

En el 2023 el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento financió 189 proyectos de abastecimiento de agua y desagüe para cubrir las necesidades de 129,400 habitantes de las zonas rurales del Perú. El estado peruano ha acelerado su ejecución para lograr el 79.67% de cobertura de abastecimiento de agua y 41.04% de manejo sanitario de excretas. Sin embargo, esto evidencia que el 50% de la población rural hasta la fecha no cuenta con ambos servicios básicos y la falta de eficiencia en la ejecución y gestión contractual de los mismos (El Pais, 2023).

En este contexto la implementación de tecnologías digitales y la colaboración contractual han sido herramientas fundamentales para mejorar la situación de esta problemática. Los beneficios de la implementación de BIM (Building Information Modeling) y la aplicación de los nuevos modelos de contratación en proyectos de ingeniería como los contratos NEC (New Engineering Contract) han sido estudiados en diversos proyectos, los cuales se detalla a

continuación; sin embargo, los estudios de su implementación de manera conjunta en proyectos de infraestructura hidráulica o saneamiento aún se encuentran en una fase inicial de investigación.

2.1.1. BIM en la gestión de proyectos de ingeniería y saneamiento.

El avance de la implementación de BIM en proyectos de ingeniería creció de manera potencial junto al auge de la transformación digital en los 2000, los avances tecnológicos de los softwares en ingeniería y la versatilidad de esta metodología permitió que pueda ser utilizada en diversas fases de vida de un proyecto desde la planificación hasta su operatividad. A partir de la revisión literaria de proyectos de ingeniería, ejecutados entre el 2013 y 2023, realizada por Alsofiani (2024) se identificó que, en los proyectos en los que se implementó BIM, hubo ventajas con respecto a la toma de decisiones de stakeholders, mejora en la calidad de entregables, reducción de tiempo de ejecución de actividades y que se puede reducir costos en infraestructura entre un 5-9%. De igual manera, también se identificaron cuáles fueron las barreras de BIM en su adopción entre las cuales se destaca que no existe una constante capacitación y apoyo técnico, la falta de políticas y estándares para su implementación y la ausencia de mandatos o regulaciones gubernamentales que exijan su implementación (Alsofiani, 2024).

En la rama de ingeniería hidráulica existen diversos tipos de proyectos como plantas de tratamiento de aguas residuales, presas hidráulicas, canales de riego, redes de agua potable y alcantarillado en los cuales BIM ha tenido participación transformando la gestión y el acceso del agua. En China, tres estudiantes de las universidades Fujian *Chuanzheng Communications College* y *Changji Vocational and Technical College* realizaron un estudio del diseño de sistema de agua y desagüe en edificaciones usando BIM en el cual se demostró el impacto positivo de su implementación . En este se realizó una evaluación de expertos cuyo resultado evidenció que

después de BIM el 91% de ellos paso de considerar el proyecto como “pobre o medianamente bueno” a considerarlo “bueno o excelente” lo cual demostró su efectividad respecto a la precisión de diseño, detección de interferencias y eficiencia en la coordinación interdisciplinaria (Wei et al., 2017).

En el Perú la investigación de BIM en proyectos de saneamiento no ha sido exhaustiva debido a que esta aún se encuentra en una fase progresiva. Sin embargo, se han realizado investigaciones de casos de estudio en los cuales se han encontrado convergencias con respecto a los beneficios y barreras encontradas a raíz de su implementación. Por un lado, según las investigaciones realizadas por Dávila Anchiraico & Polo Fernandez (2022) y Loarte Pérez & Fernández Huaccani (2022) , quienes analizaron casos de estudio en proyectos de saneamiento en el Perú detectaron, con afinidad en sus resultados, los beneficios de BIM en la comunicación entre los involucrados del proyecto, optimización de costos y mantenimiento similares a los encontrados en otros proyectos. Y, por otro lado, ambos convergieron que su implementación aún enfrenta barreras técnicas, económicas y culturales las cuales pueden superarse con intervención del estado en el financiamiento de obras, establecimiento de normas y estándares de trabajo y la integración con los contratos públicos.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha venido impulsando la implementación de BIM según las normativas del Plan BIM Perú y la Resolución Ministerial N° 489-2023-VIVIENDA la cual aprobó los lineamientos para el uso general de BIM en el sector construcción(Gobierno del Perú. Ministerio de Vivienda, 2023). El plan de implementación BIM publicado por el MVCS señala los avances de parte de diversas entidades a nivel nacional con el objetivo de modernizar la gestión de proyectos del estado peruano.

En el 2024 el Programa Nacional de Saneamiento (PNSU) inició el *Plan de Adecuación Internacional BIM*; SEDAPAL inició con la implementación de formatos, modelos de Entorno de Información para los proyectos y conformó un equipo de trabajo BIM para gestionar su implementación dentro de su organización. Adicionalmente, el Programa Agua Segura para Lima y Callao (PASLC) contrató un servicio especializado para desarrollar la adopción de BIM a nivel organizacional. Esto demuestra la iniciativa de las entidades por colaborar con el avance en la gestión de proyectos en el Perú y, a pesar de los retos de adaptación tecnológica, capacitación a profesionales y desafíos organizacionales que enfrenta cada una de ellas, se espera que para el 2030 el uso de BIM sea de uso obligatorio para todos los proyectos del sector público.

Sin embargo, se ha demostrado que, a pesar de la variedad de los beneficios teóricos, en la práctica los resultados obtenidos no se materializan como se espera. En la actualidad el uso de BIM, en la mayoría de los casos, solo se emplea desde el diseño hasta la construcción mas no la operación y mantenimiento. Esto depende principalmente de la demanda de los clientes, quienes solicitan implementar BIM solo a niveles básicos. Para lograr un mayor potencial se sugiere un cambio en la adopción de su uso, es necesario un cambio estructural en las empresas constructoras. Esto se puede lograr a partir de la colaboración entre los involucrados para tener un flujo integrado de información y un replanteamiento de modelos contractuales que incentiven la colaboración y transparencia en la gestión de proyectos (Lidelöw et al., 2023) .

Por lo tanto, se evidencia que BIM aporta a la eficiencia de los proyectos y se está implementando de manera progresiva; sin embargo, debido a la gestión pública su implementación no es suficiente para solucionar la problemática de abastecimiento de servicios básicos de agua y alcantarillado. (García Valdez, 2020) investiga su comportamiento en el contexto contractual que se maneja en Perú e indica que existe una deficiencia en la asignación de riesgos, ya que no está

establecido de quien es la responsabilidad del modelado y por lo tanto no hay una regulación de cómo se solucionarían las disputas del alcance de BIM en un proyecto. Asimismo, el sistema de contratación suma alzada es el más común en proyectos de ingeniería lo cual genera una brecha de gestión entre el cliente y contratista, ya que ambos no participan del diseño ni planificación de manera conjunta lo cual evidencia que existe una falta de contratación colaborativa que aún no se ha implementado en la normativa peruana.

2.1.2. Desarrollo y aplicación de contratos NEC en proyectos de ingeniería.

En el marco internacional, los contratos NEC (New Engineering Contract) son los más utilizados en proyectos de ingeniería en el Reino Unido. Su aplicación ha sido desarrollada por el Instituto de Ingenieros Civiles con la finalidad de optimizar la gestión de proyectos y evitar las disputas legales. Asimismo, en países como Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda y Hong Kong su uso se ha ido expandiendo en proyectos públicos y privados mediante regulaciones de estado (Medina Flores, 2019).

La filosofía de contratos NEC promueve un entorno de trabajo proactivo y su diseño promueve la gestión colaborativa entre los involucrados de un proyecto. Se caracteriza principalmente por su flexibilidad, claridad, simplicidad y buena gestión. Existen diversos tipos de contratos NEC como NEC 3 y NEC 4, su última versión publicada en 2017 la cual incorpora mejoras en colaboración digital y gestión de riesgos, y dentro de ellas diversos tipos de opciones contractuales. Esta versatilidad permite que pueda ser utilizada en diversos tipos de proyectos en ingeniería (Ames, s. f.). En el Perú NEC ha sido implementado en los Juegos Panamericanos 2019, las Escuelas del Bicentenario y la Autoridad Nacional de Infraestructura lo cual representa un nuevo capítulo en los sistemas de contratación en proyectos de infraestructura. Sin embargo, a

pesar del aporte de NEC aún se encontraron con otras problemáticas dentro de la ejecución del proyecto como la poca capacitación de profesionales, el manejo de la gestión del riesgo y la regulación contractual según los lineamientos contractuales existentes (Carmelino & Porcel, 2023).

Los Juegos Panamericanos de Lima 2019 demostraron que el uso de contratos NEC mejoró significativamente la gestión de proyectos de infraestructura pública en Perú. Entre los principales logros se destacaron la reducción de los plazos de ejecución y una mayor transparencia en los procesos contractuales. Además, la estructura de los contratos NEC facilitó la resolución de conflictos al fomentar la comunicación temprana y la colaboración entre las partes. Gracias a estos resultados positivos, el gobierno peruano ha promovido la adopción de este modelo contractual en otros proyectos de inversión pública, especialmente en iniciativas de reconstrucción y prevención de desastres naturales vinculados al Fenómeno del Niño Costero (Medina Flore, 2020).

NEC resulta ser una opción favorable para proyectos de construcción ya que este tiene un enfoque especializado según las necesidades de cada tipo de proyecto. Si bien el camino hacia su implementación puede ser riguroso, más allá de los conceptos técnicos necesita el compromiso y cooperación de las partes involucradas para poder mejorar la gestión de proyectos y asegurar su transparencia a lo largo de todo el ciclo de vida.

2.1.3. Estudios sobre la integración de BIM y NEC.

En la actualidad los estudios sobre la implementación de BIM y NEC de manera colaborativa es escasa debido a que su uso es relativamente reciente. En el año 2020 se adaptó la última versión de contratos NEC4 en la industria de la construcción. Sin embargo, se puede decir que la

metodología BIM ha sido mayormente estudiada y se han hallado particularidades en cuanto a los marcos contractuales en los que se desarrolla.

En el Perú la implementación de la metodología BIM varía según el tipo de contrato. García Valdez (2020) señala los cuatro sistemas de contratación en obras públicas más comunes en el Perú:

- El sistema Design-Bid-Build: Es un sistema tradicional de contratación en el que solo se ejecuta en base a la ingeniería propuesta por la entidad.
- El sistema Design-Build: Es un sistema de diseño y construcción en el cual el contratista desarrolla el expediente técnico y ejecuta la obra
- El sistema Project Management: Es un sistema de gerencia en el cual se contrata una empresa para gerenciar el proyecto
- El sistema Integrated Project Delivery – IPD: Es un sistema integrado donde el contratista, proyectista y entidad comparten riesgos y beneficios

Para cada caso la implementación de BIM se ejecuta según el tipo de contrato que se establezca y según los requerimientos de la entidad. Por otro lado, los contratos NEC aún son considerado un nuevo sistema de contratación en el Perú; sin embargo, sus lineamientos son muy compatibles con los de BIM debido a que ambos promueven la colaboración de los participantes de un proyecto, fomentan el uso de herramientas digitales, usan mecanismos de resolución de interferencias y permiten ajustes contractuales a medida del desarrollo del proyecto (García Valdez, 2020).

A continuación se muestra un cuadro comparativo entre el enfoque contractual NEC con el tradicional que se emplea en el Perú

Tabla 1

Cuadro comparativo entre contratos NEC y contratos tradicionales con relación a BIM.

Característica	Contrato NEC	Contratos tradicionales
Uso de BIM	Recomendado para gestión eficiente	Limitado, no obligatorio
Distribución de riesgos	Equitativa y flexible	Centralizada en una parte
Gestión de cambios	Permite ajustes con base en BIM	Rígida y burocrática
Resolución de disputas	Rápida y basada en evidencia digital (BIM)	Lenta y con litigios extensos
Enfoque	Colaborativo	Jerárquico y fragmentado

Fuente: Adaptado de García Valdez, L. (s.f.). *Tendiendo puentes entre la ingeniería y el derecho: El Building Information Modeling (BIM) y su impacto en la obra pública*

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Building Information Modeling (BIM).

BIM es una metodología que permite la creación y gestión de modelos digitales, el cual facilita la colaboración, optimiza los procesos de diseño, construcción y operación mejorando la eficiencia, reduciendo los costos y tiempo de ejecución de procesos. Las herramientas tecnológicas de BIM permiten predecir el comportamiento de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, así como identificar y prevenir conflictos mejorando la toma de decisiones entre los participantes del proyecto. Su uso se ha expandido a nivel internacional y, en países del continente europeo como Reino Unido, los gobiernos han promovido su uso como estrategia para mejorar la productividad en obras públicas de construcción (Smith, 2014).

Según AL-Dhaimesh & Taib (2023) el avance tecnológico ha permitido que BIM evolucione al integrarse con herramientas tecnológicas como la Realidad Aumentada (AR) lo cual mejora la visualización del comportamiento de un proyecto en sus diferentes etapas de vida y se pueden detectar interferencias antes de la ejecución de este. Sin embargo, BIM no solo es un software tecnológico, sino que también es una metodología que propone un enfoque integral el cual ofrece ventajas entre ellas la optimización de recursos, mejora en coordinación y reducción de desperdicios.

2.2.1.1. Usos BIM

Los usos BIM son las aplicaciones de la metodología BIM para alcanzar objetivos específicos y se definen mediante procesos que se pueden vincular según cada ciclo de inversión. Cada uno de ellos tiene objetivos, beneficios y requisitos específicos y es importante que exista un Entorno de Datos Comunes (CDE) mediante el cual se establece un intercambio de información fluida, disponible y precisa que favorezca la comprensión de los participantes. La Guía Nacional BIM menciona que los usos deben alinearse a los requisitos de información de cada proyecto y al nivel de madurez BIM que tenga cada organización (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). Asimismo, se presenta un ejemplo de usos BIM, según las fases del ciclo de inversión, en el siguiente gráfico a continuación.

Tabla 2
Usos BIM nacionales relacionados con las fases del ciclo de inversión.

Fase del Ciclo de Inversión	Uso BIM
Formulación y Evaluación	Levantamiento de condiciones existentes

Formulación y Evaluación	Análisis del entorno
Elaboración de Expediente	Elaboración de documentación
Elaboración de Expediente	Estimación de cantidades y costos
Elaboración de Expediente	Revisión del diseño
Ejecución Física de Inversiones	Dirección de interferencias e incompatibilidades
Funcionamiento	Modelado de información As-built

Fuente: Adaptado de Guía Nacional BIM, Ministerio de Economía y Finanzas

La Guía del Penn State (2011), desarrollada por la Universidad Nacional de Pensilvania, es un conjunto de documentos desarrollados como guía para las empresas y profesionales que quieran implementar BIM en sus proyectos de manera eficiente. En este se plantea un esquema de usos BIM según cada etapa del ciclo de vida de un proyecto el cual se muestra a continuación

Dentro de la guía se plantea un mapeo de usos BIM el cual se divide en 5 fases:

1. Planificación
2. Diseño Esquemático
3. Desarrollo de diseño
4. Documentos de construcción
5. Operación y mantenimiento

En cada fase se detalla cual es el uso BIM, quien es el responsable y las tareas específicas.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo según la etapa de construcción de un proyecto.

Tabla 3
Tabla de mapeo de uso BIM etapa constructiva.

Fase del Proyecto	Uso BIM	Responsable	Función
Desarrollo del Diseño	Autoría del Desarrollo del Diseño	Arquitecto	Desarrollo del diseño detallado en BIM.
	Estimación de Costos	Contratista	Actualización de la estimación de costos en base al diseño.
	Coordinación 3D	Arquitecto	Revisión de interferencias.
	Desarrollo de Prototipos Virtuales	Arquitecto	Pruebas y simulaciones virtuales del diseño.
	Creación de Modelo 4D	Contratista	Mejora en la planificación 4D con más detalles.
	Análisis de Ingeniería	Ingeniero	Análisis estructural.
Documentos de Construcción	Autoría de Documentos de Construcción	Ingeniero	Generación de documentos para la construcción.
	Estimación de Costos	Contratista	Estimación de costos basada en documentos finales.
	Coordinación 3D	Arquitecto	Coordinación final de modelos para ejecución.
	Desarrollo de Prototipos Virtuales	Arquitecto	Últimos ajustes de prototipos virtuales.
	Creación de Modelo 4D	Contratista	Modelo 4D definitivo para control de obra.
	Análisis de Ingeniería	Ingeniero	Validaciones finales de análisis estructurales.

Fuente: Adaptado de "BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1" Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Por otro lado, BIME Initiative es otro enfoque que plantea herramientas para optimizar la implementación de BIM en los proyectos de manera que estos sean mas eficientes y se desarrollen de manera colaborativa. Una de las herramientas que plantea es la matriz de madurez BIM el cual

mide el nivel de desarrollo de BIM y en qué áreas se utiliza (Succar - Translated by Victor Roig Segura, s. f.). Esta matriz comprende dos ejes principales:

1. Eje de capacidades BIM

- Tecnología
- Proceso
- Política

2. Eje de índices de madurez BIM

- Inicial
- Definido
- Gestionado
- Integrado
- Optimizado

Por otro lado, BIMe Initiative o Activity Flow Diagram (AFDs) propone un diagrama de flujo en el cual se detalla de manera estructurada y secuencial el paso a paso para el desarrollo de usos BIM dentro de un proyecto. Esta herramienta permite mejorar de manera visual e identificar los procesos necesarios para implementar cada uso BIM. En este caso el diagrama de flujo de usos BIM detalla el “cómo se realiza” mientras la matriz de madurez BIM define el “qué tan bien se realiza” y su uso en conjunto forma una base sólida para la implementación BIM en un proyecto.

2.2.1.2. Niveles de Desarrollo

La Guía Nacional BIM indica dos niveles de información necesaria (LOIN): Nivel de detalle (LOD), el cual representa la cantidad de información visual o gráfica del modelo BIM, y el nivel

de información (LOI), el cual representa la información alfanumérica asociada a los niveles de BIM. A medida que el proyecto avance ambos aumentan y se va requiriendo información más específica; sin embargo, a medida que va avanzando la información previa se vuelve innecesaria y se debe evaluar su valor para determinar si debe ser eliminada (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

La guía menciona 5 niveles de información gráfica las cuales se clasifican en:

- LOD 1: Modelo básico y conceptual con formas generales.
- LOD 2: Modelos con dimensiones aproximadas y categorización de elementos.
- LOD 3: Modelos con información geométrica precisa y detalles sobre materiales y propiedades básicas.
- LOD 4: Modelos con información detallada para la ejecución del proyecto.
- LOD 5: Modelo final con la documentación de lo realmente construido (As-Built)

Asimismo, define 5 niveles de información alfanumérica

- LOI 1: Información para identificación y prefactibilidad.
- LOI 2: Datos para evaluación de factibilidad.
- LOI 3: Información técnica para diseño y documentación de especificaciones.
- LOI 4: Datos detallados para la fase de construcción y gestión de obra.
- LOI 5: Información completa para la gestión en la fase de operación y mantenimiento

La siguiente gráfica muestra la gestión progresiva de la información de un proyecto LOIN (LOI + LOD) desde su formulación hasta su operación.

Tabla 4
Progresividad del nivel de información según las fases del ciclo de inversión.

Fase del Ciclo de Inversión	Modelo de Información	Niveles de Información Asociados
Formulación y Evaluations	PIM - Modelo de Información del Proyecto	LOIN (Nivel de Información Necesaria), LOI (Nivel de Información), LOD (Nivel de Detalle)
Ejecución	PIM - Modelo de Información del Proyecto	Crecimiento del LOD y LOI
Funcionamiento	AIM - Modelo de Información de los Activos	Información residual de la inversión

Fuente: Adaptado de Guía Nacional BIM, Ministerio de Economía y Finanzas

2.2.1.3. Plan BIM Perú

El Plan BIM Perú es una propuesta impulsada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) que se originó como una respuesta a los diversos desafíos y la necesidad de la modernización en el sector de la construcción del país. La adopción de Building Information Modeling (BIM) en Perú fue impulsada por factores clave, tales como la transformación digital global, la mejora de la competitividad y la sostenibilidad. Este plan establece una hoja de ruta para su implementación y se encuentra alineado según las normas que establece la ISO 19650 para unificar la gestión en proyectos del estado peruano.

Según el Decreto Supremo N° 011-2020-VIVIENDA, a partir del 2030 la implementación de BIM será obligatoria para todas las obras públicas financiadas con fondos del estado peruano. Su objetivo principal es mejorar la toma de decisiones, reducir costos, optimizar la eficiencia en la gestión de obras públicas y adoptar estándares como la ISO 19650. El funcionamiento en conjunto de estas tres directrices, Decreto Supremo N° 011-2020-VIVIENDA, Plan BIM Perú y

la ISO 19650 impulsaran a transformar la industria de la construcción en Perú incentivando una gestión de proyectos colaborativa y transparente.

2.2.1.4. ISO 19650-2

La ISO 19650 es una norma internacional que proporciona una serie de requisitos para la gestión de proyectos de construcción. La ISO 19650-2 forma parte de esta normativa y específicamente aborda una serie de requisitos para mejorar la eficiencia de la gestión de la información dentro de un entorno BIM (Building Information Modeling) y con el objetivo que esta información sea útil, específica y accesible para los involucrados del proyecto.

La ISO 19650-2 plantea 8 etapas para la gestión de información y especifica que cada una tenga una estructura de gestión definida desde la evaluación hasta el cierre del proyecto las cuales se muestran en la siguiente tabla resumen.

Tabla 5
Cuadro resumen 8 etapas para la gestión de información.

Etapa	Descripción	Actividades Principales
1. Evaluación de necesidades	Definir los requisitos del proyecto.	Establecer normas y procedimientos.
		Organizar el Entorno Común de Datos (CDE).
2. Invitación de Licitación	Elaborar y comunicar los requisitos de licitación a los posibles contratistas.	Definir criterios de evaluación.
		Recopilar información para la licitación.
3. Respuesta a la Licitación	Los candidatos contratistas presentan sus propuestas de gestión.	Designar responsables de información.

		Desarrollar el Plan de Ejecución BIM (BEP).
		Evaluar riesgos del proyecto.
4. Contratación	Formalizar la adjudicación del contrato	Definir el PEB definitivo.
		Establecer una matriz de responsabilidades.
		Crear un plan de desarrollo de información.
5. Movilización	Preparar recursos e información para la gestión del proyecto.	Implementar tecnología y herramientas BIM.
6. Producción colaborativa de la información	Generar y gestionar la información según los estándares establecidos.	Crear modelos de información.
		Controlar calidad y verificar datos.
7. Entrega del modelo de información	Entrega de información actualizada y aprobada para su uso posterior.	Verificar que cumple con los criterios de aceptación.
		Entregar documentación final.
8. Cierre del proyecto	Cierre del proceso de entrega de información para su posterior operación y mantenimiento.	Archivar y documentar datos.
		Transferir el modelo a la fase de operación.

Fuente: Adaptada de la ISO 19650-2

La estructura de estas 8 etapas en un entorno colaborativo NEC aporta en establecer expectativas claras acerca de la entrega y gestión de la información mediante la colaboración

efectiva. Asimismo, ambos garantizan que las entregas se cumplan según los estándares establecidos y facilitando la toma de decisiones y aportando a la transparencia de su ejecución dentro de un marco contractual.

Asimismo, en el Anexo A de la ISO 19650-2 se proporciona una matriz de asignación de responsabilidades conocida como matriz RACI la cual es una herramienta de la gestión de información de proyectos. En esta se definen los roles de cada involucrado del equipo para definir las responsabilidades según los requisitos y actividades del proyecto. Según las iniciales RACI los responsables son los siguientes:

- R(responsable): Es quien se encarga de realizar la tarea.
- A(aprobador): Es quien asume la responsabilidad de la tarea.
- C(consultado): Son quienes aportan una retroalimentación a la tarea antes de la ejecución.
- I(informado): Son quienes son notificados por los avances de la tarea.

Según lo definido anteriormente en la siguiente tabla se presenta un ejemplo de matriz RACI según la ISO 19650-2

*Tabla 6
Ejemplo matriz RACI según Anexo A de la norma ISO 19650-2.*

ID	Tarea	Parte contratante	Tercera parte	Parte principal designada	Parte designada
5.1.1	Nombrar a los individuos para desempeñar la función de gestión de la información	A	C	R	I

5.1.2	Establecer los requisitos de información del proyecto	A	C	R	I
5.1.3	Establecer los hitos de entrega de información del proyecto	A	C	R	I
5.1.4	Definir el estándar de información del proyecto	A	C	R	I
5.1.5	Establecer los métodos y procedimientos de producción de información	A	C	R	I
5.1.7	Establecer el entorno común de datos del proyecto	A	C	R	I
5.2.1	Establecer los requisitos de intercambio de información de la parte contratante	A	C	R	I
5.2.3	Definir los requisitos de respuesta a licitaciones y criterios de evaluación	A	C	R	I
5.3.1	Nombrar a los individuos para desempeñar la función de gestión de la información	A	C	R	I
5.3.2	Definir el plan de ejecución BIM del equipo de entrega (antes del nombramiento)	A	C	R	I
5.3.4	Establecer la capacidad y competencia del equipo de entrega	A	C	R	I

Fuente: *Elaboración propia*

2.2.1.5. Sesiones ICE (*Intgrated Concurrent Engineering*)

Las sesiones ICE son una metodología que se usa en la industria de la ingeniería civil la cual consiste en reuniones colaborativas entre los involucrados de un proyecto. Estas sesiones son organizadas, estructuradas y su objetivo es mejorar la eficiencia mediante el modelo BIM y herramientas digitales a tiempo real y con ello facilitar la toma de decisiones y agilizar la resolución de problemas. Su adopción dentro de los proyectos de la industria de la construcción es compatible con el enfoque de las estrategias del VDC (Virtual Construction Design) cuyas bases teóricas incluyen el uso de la tecnología BIM, la reducción de latencia, y la colaboración interdisciplinaria (Chachere et al., s. f.).

Por lo tanto, los aportes del uso en conjunto de ICE y BIM aplicados a un proyecto se pueden apreciar a lo largo de todo su ciclo de vida. Desde la operación y planificación hasta su mantenimiento y a continuación de muestra un cuadro resumen de los beneficios que se pueden obtener de la sinergia de ambos.

*Tabla 7
Tabla comparativa de los usos ICE y BIM y el beneficio de su sinergia.*

Fase del Proyecto	BIM	Sesiones ICE	Beneficios Combinados
Planificación y Diseño	Creación de modelos digitales detallados de las especialidades del proyecto	Sesiones multidisciplinarias para revisar diseño utilizando el modelo BIM como referencia.	Mejora en la calidad del diseño y reducción de errores antes de la construcción.
Ejecución y Construcción	Seguimiento del progreso de la obra mediante el modelo BIM.	Realizar reuniones para revisar el avance y tomar decisiones basadas en la información proporcionada por BIM.	Aumenta la eficiencia en cuanto al cumplimiento de plazos de entrega.

Operación y Mantenimiento	Modelo BIM actualizado para la gestión y mantenimiento del proyecto.	Verificar que el modelo BIM tenga la información adecuada para operaciones futuras.	Evita costos adicionales por mantenimiento y mejora su gestión post entrega.
---------------------------	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.6. Plan de Ejecución BIM

Dentro de un proyecto en el que se usa Building Information Modeling el Plan de ejecución BIM es un documento en el cual se detalla cómo se ejecuta BIM durante todo su ciclo de vida. Dado que un proyecto es dinámico y hasta cierto nivel impredecible, este plan se puede ir actualizando a lo largo de la ejecución del proyecto. Un PEB define la metodología, herramientas, procesos y técnicas de cómo se controlarán como se harán los trabajos BIM. La normativa británica PAS 1192-2:2013, es una normativa pública del Reino Unido para la gestión de información de proyectos, la cual fue una base de desarrollo para la ISO 19650 y la cual establece dos formas de PEB como precontrato y post contrato (Pérez et al., 2018).

En el siguiente cuadro comparativo se muestran las características de ambas formas del PEB. El precontrato, tal como su nombre lo indica es un plan antes de la ejecución BIM en el cual se define al contratista según la evaluación BIM y el Postcontrato establece los lineamientos para su correcta implementación durante la ejecución del proyecto.

Tabla 8
Cuadro comparativo Plan de Ejecución BIM pre-contrato y post-contrato.

PEB Precontrato	PEB Postcontrato
Se elabora antes de la adjudicación del contrato.	Se desarrolla después de la adjudicación del contrato.
Evalúa cómo cada empresa propone implementar BIM en el proyecto	Se detalla responsabilidades, flujos de trabajo y procedimientos BIM

Criterio de selección para determinar qué equipo está mejor preparado para la implementar BIM	Asegura el cumplimiento de los requisitos del proyecto
Define estrategias previas, herramientas y procesos a utilizar	Establece plazos, entregables y metodologías concretas

Fuente: Adaptado de: PLAN DE EJECUCIÓN BIM (PEB): UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA DESDE UN ENTORNO ACADÉMICO (2018)

2.2.2. Contratos NEC.

Los contratos NEC (New Engineering Contract) representan un modelo de contratos estándar para satisfacer las necesidades en la industria de la construcción. La primera versión de los contratos NEC fue enfocado en mejorar la gestión de riesgos mediante un lenguaje claro y practico. A partir de ello nace el contrato NEC2 el cual se utilizó en proyectos de grande envergadura como el túnel bajo el canal de la mancha y el terminal 5 del aeropuerto de Londres y finalmente se lanzó NEC3 en 2005 y en 2017 en NEC4 con su última actualización en el 2020 (Ames, 2022).

Según Ames (2022), NEC posee características y una filosofía que lo diferencia de los contratos tradicionales aplicados en la industria de la construcción las cuales son las siguientes:

- **Flexibilidad:** Son aplicables a diferentes tipos de proyectos y pueden adaptarse a distintas estructuras contractuales, incluyendo contratos de suma alzada, de costos reembolsables y contratos-objetivo
- **Claridad y Simplicidad:** Se emplea un lenguaje claro y estructurado, para facilitar su comprensión y aplicación sin necesidad de emplear altos conocimientos legales
- **Gestión Proactiva del Riesgo:** La alerta temprana y el registro de riesgos son herramientas empleadas en los contratos NEC, los cuales permiten identificar y prevenir problemas antes de que se conviertan en disputas significativas

- **Compensación de Eventos:** Dentro de los contratos NEC, los eventos compensables son aquellos que afectan la ejecución de un proyecto y son evaluados para llegar a un ajuste en cuanto al costo y plazo.

Asimismo, dentro de los contratos NEC3 el tipo de contratos ECC (The Engineering and Construction) es el contrato más utilizado y se clasifica en las siguientes:

- Opción A: Contrato con precio fijo y cronograma de actividades
- Opción B: Contrato con precio y lista de cantidades
- Opción C: Contrato-objetivo y cronograma de actividades
- Opción D: Contrato-objetivo y lista de cantidades
- Opción E: Contrato de costo reembolsable
- Opción F: Contrato de gestión

Dentro de la estructura de los contratos NEC se presentan herramientas de Gestión de Riesgos entre las cuales se pueden destacar las siguientes tres:

- **Registro de Alertas Tempranas:** Esta herramienta tiene como objetivo ayudar a las partes involucradas en el contrato a identificar posibles problemas antes de que se conviertan en disputas. Este registro obliga a documentar riesgos potenciales y discutir estrategias para su mitigación en reuniones de advertencia temprana. El contratista debe notificar con anticipación los posibles riesgos para no afectar al costo ni plazo del proyecto. Según un estudio de implementación de NEC, el uso del Registro de Advertencias Tempranas ha reducido en un 30 % la incidencia de

disputas contractuales en comparación con otros modelos de contrato tradicionales (Patterson, 2020).

- **Eventos Compensables:** Los contratos NEC incluyen una lista de eventos específicos que permiten a los contratistas solicitar ajustes en el tiempo de ejecución o en los costos cuando ocurren circunstancias extremas o inesperadas las cuales escapan de su control. En un proyecto de infraestructura en el Reino Unido, la implementación de eventos compensables permitió reducir un 25 % los sobrecostos asociados a condiciones imprevistas del suelo (Patterson, 2020).
- **Opciones de Pago y Distribución del Riesgo:** La selección de la opción de contrato determina quién asume los riesgos. En el caso de elegir la opción A, se transfiere la mayor parte del riesgo al contratista, mientras que las opciones E y F lo asigna al cliente. Las opciones C y D, contratos objetivo, distribuyen los riesgos de manera equitativa entre cliente y contratista mediante incentivos compartidos. En un estudio realizado en Hong Kong, el uso de la opción C permitió que un 40 % de los proyectos se completaran dentro del presupuesto estimado, en comparación con un 25 % de los proyectos que usaron modelos contractuales tradicionales (Patterson, 2020).

Los contratos NEC son un tipo de contrato eficiente y que se puede adaptar según las necesidades de cada proyecto y, debido a su filosofía proactiva, flexible y sencilla, facilita la gestión del costo y tiempo de ejecución en los proyectos de construcción.

Asimismo, su estructura está dividida en 4 partes: datos del contrato, detalles del sitio y requerimientos específicos los cuales se detallan en el siguiente cuadro resumen.

Tabla 9
Estructura de contratos NEC3.

Estructura del contrato			
Términos del contrato	Ficha de Datos	Información de sitio	Información de trabajo
Generalidades y responsabilidades	Datos proporcionados por el contratante Parte 1	Ubicación del sitio	Requerimientos específicos
Condiciones de Pago		Condiciones del terreno	Descripción de los trabajos
Eventos Compensables		Condiciones del área adyacente al terreno	Alcances de la obra
Solución de Controversias	Datos proporcionados por el licitador Parte 2		Procedimientos y restricciones de avance
Cláusulas de opción secundaria, Z.		Condiciones de área circundante	

Fuente: Adaptado de Temas de Ingeniería Civil A (Frank Chuquin, 2024)

Según el Ing. Frank Chuquín Montoya (2024) dentro de los términos del contrato se presentan cláusulas Z las cuales son modificaciones dentro del contrato según las necesidades del proyecto.

Dentro de la estructura de la ficha de datos parte 2 se presentan los siguientes tipos

- Ficha de datos 2A: Este incluye el nombre, dirección, representante del contratista, obligaciones contractuales y recursos asignados.
- Ficha de datos 2B: Este incluye las fechas hito del proyecto, estructura de pagos, requisitos del programa y condiciones de pago.

2.2.3. Entrevistas Semi-Estructuradas.

Las entrevistas semiestructuradas son una técnica utilizada para recolectar información profunda según las experiencias de los entrevistados. Según Díaz-Bravo et al. (2013) estas entrevistas son herramienta dinámica que se caracteriza por su flexibilidad en las preguntas, fomentar la libre expresión de los entrevistados y facilitar comparar información entre los entrevistados. Estas se dividen en 4 fases las cuales son:

- Preparación: Es la primera fase en la cual se recopila la información y se planifica la entrevista según los objetivos de la investigación.
- Apertura: Es la segunda fase en la cual se explica el propósito de la entrevista y se establecen las condiciones y confidencialidad de la entrevista.
- Desarrollo: Es la tercera fase en la que se desarrolla la entrevista según la guía de preguntas; sin embargo, debido a la flexibilidad se puede profundizar en temas específicos.
- Cierre: Es la última fase en la que se anticipa el término de la entrevista y se permite que el entrevistado pueda expresar ideas o añadir información adicional que no ha mencionado durante la entrevista.

2.2.4. Método Delphi .

El método Delphi es una técnica de obtención de información cualitativa para obtener una opinión de un grupo de expertos mediante una serie de entrevistas. Su origen se remonta a la década de 1950, cuando fue desarrollado por la Rand Corporation para analizar problemas político-militares y se caracteriza por la iteración de entrevistas hacia expertos, cuya identidad se mantiene en anonimato, hasta llegar a un consenso, se presentan los resultados parciales entre cada ronda de

entrevista para que los participantes ajusten sus respuestas (Reguant Álvarez & Torrado Fonseca, 2016).

Según Reguant Álvarez & Torrado Fonseca (2016), existen 6 fases del método Delphi los cuales son:

1. Definición del problema y objetivos: Se formula el problema de investigación, los objetivos del estudio y las fuentes de información
2. Selección del Grupo de Expertos: Se contacta de 6 a 30 expertos con experiencia relevante en el tema de estudio
3. Diseño del Cuestionario: Se elabora un cuestionario abierto para recopilar la mayor cantidad de información posible y se envía a los expertos estableciendo un plazo de entrega
4. Análisis de las Respuestas: Se analizan las respuestas de la primera ronda y a partir del análisis se elabora una segunda ronda basado en las respuestas anteriores. Se presentan los primeros resultados a los participantes y se les pide que reconsideren sus respuestas según la información adicional brindada
5. Rondas de Consulta Adicionales: Se repite el proceso de rondas de preguntas y se busca que la discrepancia en las respuestas sea cada vez menor para lograr un consenso
6. Análisis Final: Se analiza la última ronda de respuestas para identificar el grado de consenso alcanzado y se comparte con los expertos entrevistados la conclusión.

Capítulo III: Caso De Estudio

3.1. Introducción Al Caso De Estudio

El presente caso de estudio analiza el proyecto “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la estación Juan Pablo II – E3 de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del metro de Lima y Callao”. En el área del proyecto se encontró que la estructura proyectada presentaba interferencias con una tubería de agua potable HD de diámetro DN 1200mm. DN 500mm y una tubería de asbesto cemento de DN160mm. Asimismo se identificaron interferencias con redes de desagüe, tuberías CSN de diámetro DN 250mm y 200mm. Este proyecto tuvo como objetivo resolver estas interferencias encontradas para la construcción de la Línea 2 del metro de Lima y Callao y asegurar la continuidad de servicios de la obra principal. El plano de planta de proyecto se puede visualizar en el ANEXO F del presente documento.

3.2. Alcance y Objetivos

3.2.1. Alcance general.

El alcance del proyecto comprendió:

- Identificar, evaluar y diseñar las interferencias encontradas en el área de influencia del proyecto.
- Ejecutar las obras civiles y sanitarias para la reubicación física de las redes, considerando tanto redes primarias como secundarias.
- Desarrollar soluciones técnicas para garantizar el funcionamiento continuo de los servicios, sin afectar a los usuarios durante el proceso constructivo.
- Instalación de empalmes hidráulicos temporales y permanentes a la red existente.

- Construcción de estructuras complementarias como cámaras de válvulas, buzones de desagüe, y reposición de conexiones domiciliarias.

3.2.2. Alcance reubicación de redes de agua potable.

El proyecto desarrolló la reubicación y ampliación de redes de agua potable cuyo alcance comprendió:

- Instalación de 365.54 metros de tubería HD DN 1200 mm y 214.46 metros de tubería HD DN 1000 mm.
- Se realizó la inserción de una tee de acero de 1000x500 mm, con su correspondiente derivación de tubería HD DN 500 mm.
- Instalación dos cámaras de válvulas de concreto armado para el control de los flujos.
- Ejecución de empalmes a la red existente sin interrupción del servicio, mediante una planificación de cierres programados.

3.2.3. Alcance reubicación de redes de alcantarillado.

El proyecto desarrolló la reubicar el sentido del flujo en ciertos tramos y mejorar su funcionalidad:

- Instalación de 733.6 metros de tuberías HDPE de DN 200 mm y DN 315 mm, con accesorios y estructuras complementarias.
- Construcción de buzones de concreto armado de hasta 3.0 metros de profundidad.
- Reparación de 101 conexiones domiciliarias al nuevo sistema rediseñado.

3.2.4. Objetivos del proyecto.

El proyecto “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la estación Juan Pablo II – E3 de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del metro de Lima y Callao” tuvo los principales objetivos:

- Eliminar las interferencias de las redes existentes con la infraestructura del proyecto existente Estación Juan Pablo II (E-3) de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos de agua potable y alcantarillado durante la ejecución del proyecto, evitando interrupciones que pudieran afectar a la población usuaria.
- Reubicar y rediseñar las redes de agua potable y alcantarillado, incluyendo la instalación de nuevas tuberías, cámaras de válvulas, empalmes y buzones, adaptándose a las nuevas condiciones urbanas.
- Coordinar eficazmente con múltiples entidades y contratistas involucrados en el proyecto del Metro de Lima para garantizar una ejecución integrada, segura y en plazo.

3.3. Condiciones Contractuales

La obra fue ejecutada bajo el Régimen Especial N° 03-2020-MTC/33.10 entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la empresa contratista. La finalidad del contrato es permitir la liberación de interferencias necesarias para la construcción del proyecto de transporte. Asimismo, el contrato se desarrolló bajo el régimen de suma alzada y contempló las siguientes condiciones:

- **Objeto del contrato:** Realizar la reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la Estación Juan Pablo II - E3, conforme a los términos de referencia y el expediente técnico.
- **Monto contractual:** El monto total del contrato asciende a S/. 9'633,206.45, que incluye todos los impuestos, costos de obra, tributos, seguros, transporte, y otros conceptos relevantes.
- **Plazo de ejecución:** La obra debe ser ejecutada en un plazo de ciento veinte (120) días calendarios, computándose desde el día siguiente a la comunicación del inicio de la obra por parte de la entidad.
- **Forma de pago:** Los pagos se efectúan en períodos de valorización mensual de 30 días, y el saldo de la liquidación se pagará dentro de 20 días calendario tras la aceptación de la liquidación.
- **Garantías:** El contratista debe entregar una garantía de fiel cumplimiento por el 10% del monto total del contrato (S/. 963,320.65) que debe mantenerse vigente hasta la conformidad de la recepción de la obra.
- **Responsabilidad por vicios ocultos:** El contratista es responsable por defectos o vicios ocultos en la obra, con un plazo de responsabilidad de siete años a partir de la conformidad de la recepción total.
- **Modificaciones:** Las partes pueden acordar modificaciones al contrato, lo que requiere informes técnicos y presupuestarios que justifiquen la necesidad de cambios.
- **Resolución del contrato:** Se detallan las causas que pueden llevar a la resolución del contrato, tales como incumplimiento en la ejecución de la obra o la acumulación de penalidades.

- **Anticorrupción:** El contratista se compromete a actuar con honestidad, no cometiendo actos de corrupción y reportando cualquier conducta ilícita que pueda conocer durante la ejecución del contrato.



Capítulo IV: Diagnóstico De Estado De Implementación BIM y

Contratos NEC en el Perú

En este capítulo se presenta el diagnóstico recopilado a través de una encuesta a profesionales, el cual tiene como objetivo realizar un diagnóstico para determinar qué elementos de la metodología BIM y los contratos NEC pueden integrarse para mejorar la eficiencia de proyectos de construcción en el Perú. El perfil profesional de los encuestados corresponde a profesionales ingenieros civiles y de preferencia con experiencia en proyectos de saneamiento o en proyectos ejecutados bajo el sistema de contratos NEC. Se recopiló la respuesta de 12 profesionales y se realizó un análisis de sus respuestas. El detalle de las características de profesionales encuestados se encuentra en el ANEXO A del presente documento.

4.1. Interpretación De Los Resultados Obtenidos

Se realizó una encuesta de 20 preguntas las cuales se dividieron según la matriz de madurez de BIM Excellence: tecnología, procesos, política y adicionalmente un bloque de preguntas de manera general.

4.1.1. Tecnología.

En el bloque de tecnología se realizaron preguntas relacionadas a las herramientas BIM en proyectos de saneamiento. Las preguntas abordaron aspectos como el uso de un Entorno Común de Datos (CDE), herramientas colaborativas (Revit, Navisworks), el modelado 3D para detección de interferencias, la adopción de estándares de modelado hasta LOD 500, y la interoperabilidad

entre plataformas. Estas tecnologías son clave para facilitar la integración digital y la toma de decisiones colaborativas durante el ciclo de vida del proyecto.

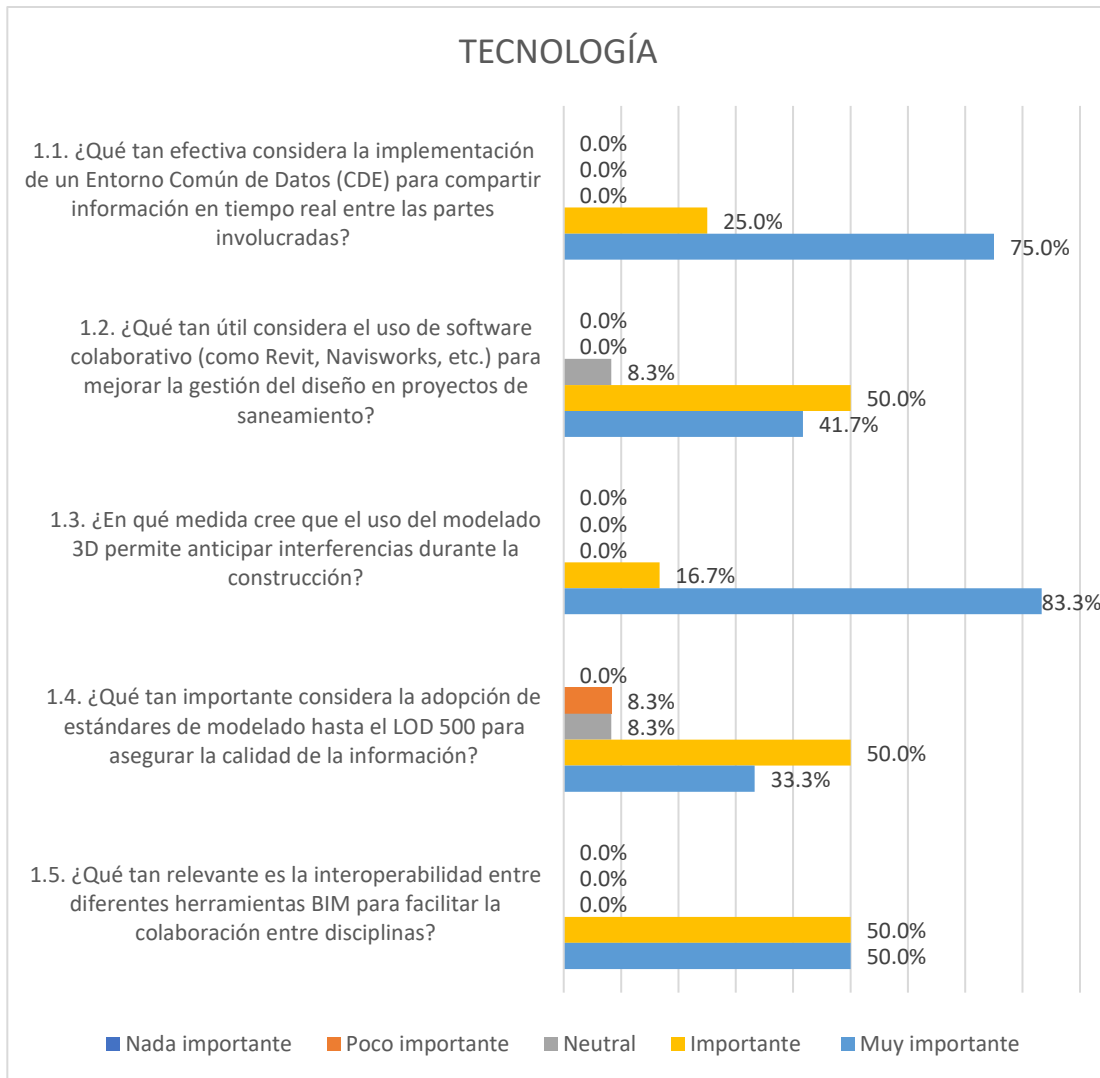


Gráfico 1 Resultado de la encuesta. Sector tecnología.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran un fuerte respaldo hacia las tecnologías BIM como herramientas de valor en proyectos de saneamiento. Destaca especialmente el modelado 3D, con el 100% de respuestas en las categorías “importante” y “Muy importante”, seguido del uso del CDE y software colaborativo, lo que refleja la valoración de los beneficios en coordinación y detección temprana de conflictos. Sin embargo, la adopción de estándares LOD 500 no recibió una valoración

igualmente contundente a diferencia de las otras herramientas. En resumen, existe una alta predisposición a usar tecnologías BIM en proyectos.

4.1.2. Procesos.

Este bloque evaluó la importancia asignada a la estructuración de procesos colaborativos dentro de la gestión BIM. Las preguntas se centraron en el valor de documentar los procesos en el Plan de Ejecución BIM (PEB), definir los usos BIM desde etapas tempranas, implementar sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), vincular el modelo BIM al cronograma de obra (4D) y validar modelos en fases clave. Estas actividades se enmarcan en la gestión de procesos que sustentan la eficiencia y el trabajo coordinado entre disciplinas.

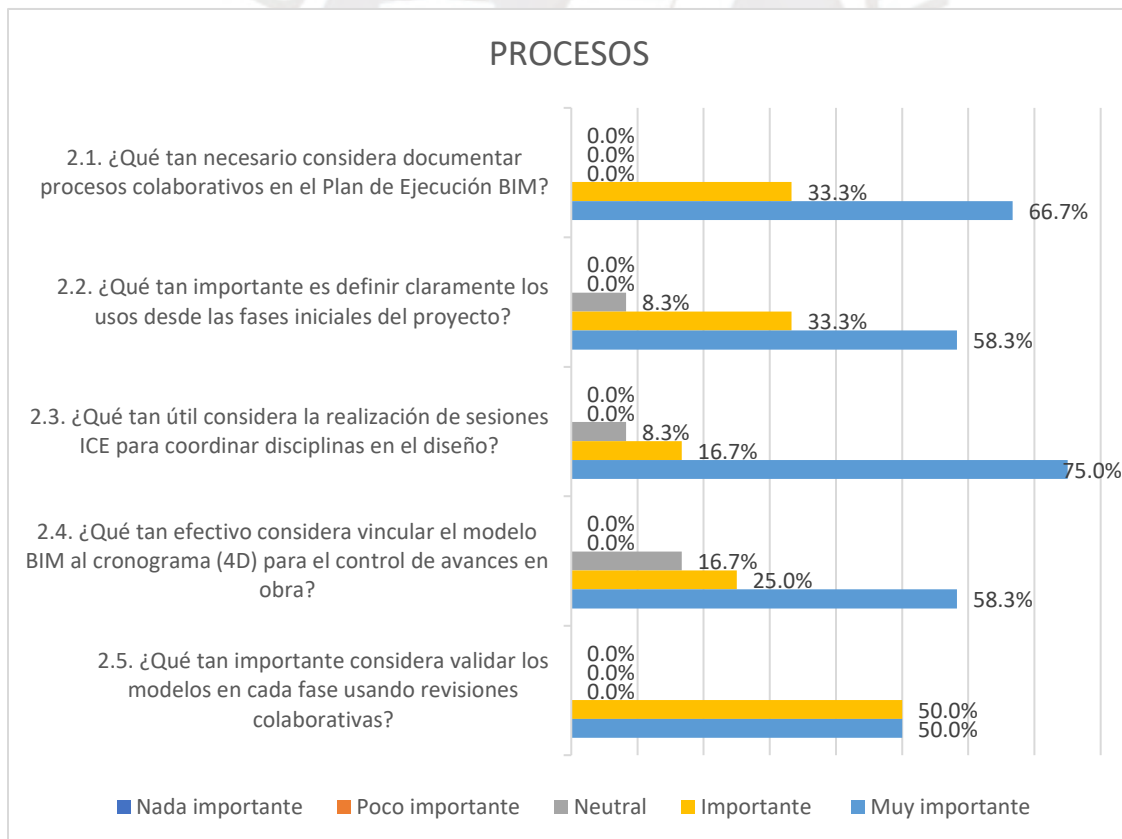
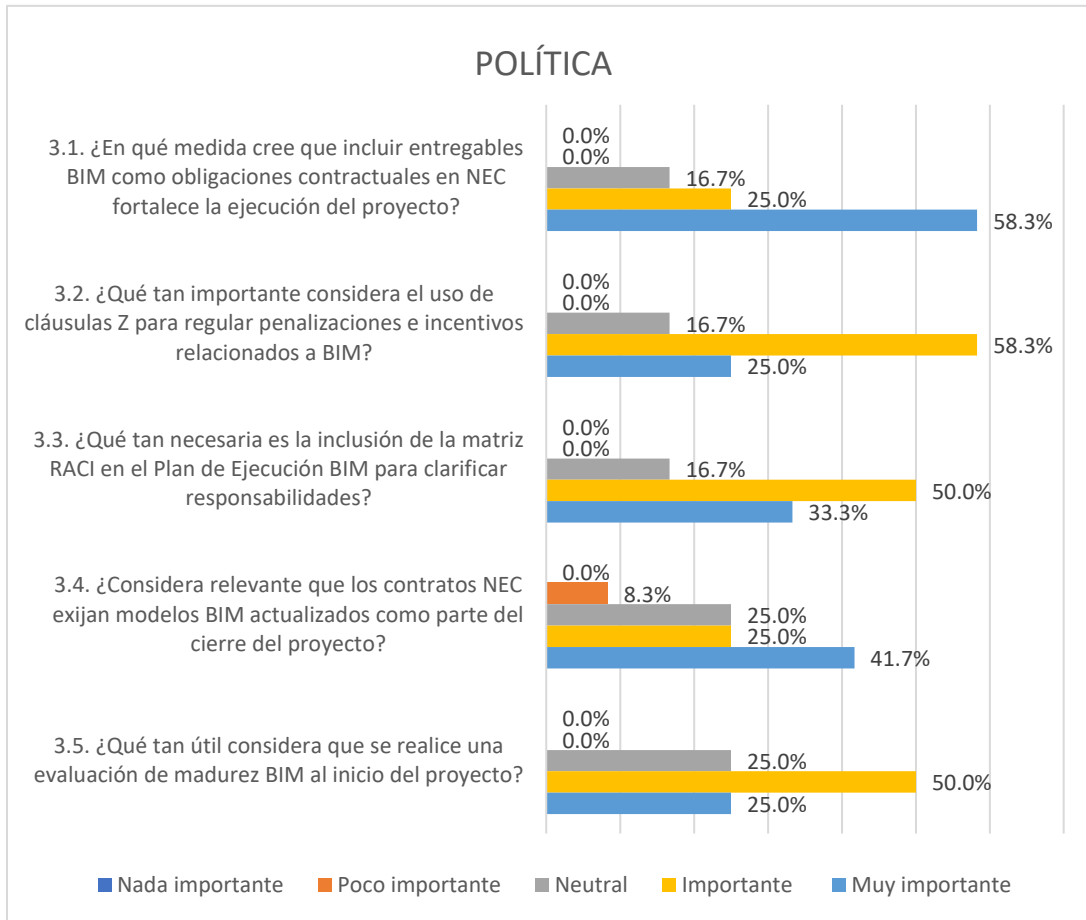


Gráfico 2 Resultado de la encuesta. Sector procesos.
Elaboración propia.

El resultado de la encuesta muestra una respuesta unánime para la gestión de procesos BIM, con una mayoría calificando las preguntas como "Muy importante" o "Importante". Esto indica comprensión por parte de los encuestados sobre la necesidad de estructurar adecuadamente los procesos de colaboración desde el inicio del proyecto. El uso de herramientas como las sesiones ICE y la validación progresiva de modelos se reconoce como estratégico para minimizar errores, optimizar tiempos y mejorar la coordinación entre actores. Este bloque representa el consenso más fuerte en cuanto a la madurez y necesidad de procesos estandarizados.

4.1.3. Política.

En este bloque se exploró la percepción respecto a la inclusión de lineamientos BIM dentro del marco contractual NEC. Las preguntas se orientaron a evaluar el valor de considerar los entregables BIM como obligaciones contractuales, el uso de cláusulas Z para establecer penalidades o incentivos, la implementación de la matriz RACI en el PEB, la exigencia de modelos actualizados como parte del cierre del proyecto, y la utilidad de realizar una evaluación de madurez BIM al inicio. El foco fue la alineación normativa y contractual para reforzar la implementación colaborativa.



*Gráfico 3 Resultado de la encuesta. Sector político.
Fuente: Elaboración propia.*

Los resultados revelan un respaldo mayoritario hacia el fortalecimiento del enfoque contractual en torno a BIM, aunque con cierta dispersión en temas como la evaluación de madurez BIM y el uso de modelos como parte del cierre, donde aparecen algunas respuestas “Neutrales”. Este comportamiento sugiere que, aunque se reconoce la necesidad de mecanismos contractuales más claros, aún existe un espacio de mejora en la comprensión o implementación práctica de estas herramientas normativas. Aun así, la mayoría coincide en que las cláusulas contractuales específicas y la asignación clara de responsabilidades pueden favorecer la transparencia, la rendición de cuentas y el cumplimiento oportuno de entregables.

4.1.4. Contractual.

El último bloque incluyó preguntas de carácter contractual para medir la percepción integral sobre la implementación BIM-NEC en proyectos de saneamiento. Se evaluó la integración del cronograma contractual con el PEB, el uso de modelos BIM para valorizaciones bajo NEC opción F, la utilidad del modelo as built (LOD 500) para traspaso de información a operadores, la existencia de protocolos digitales y la necesidad de que contratistas cuenten con una capacidad mínima en BIM antes de ser adjudicados.

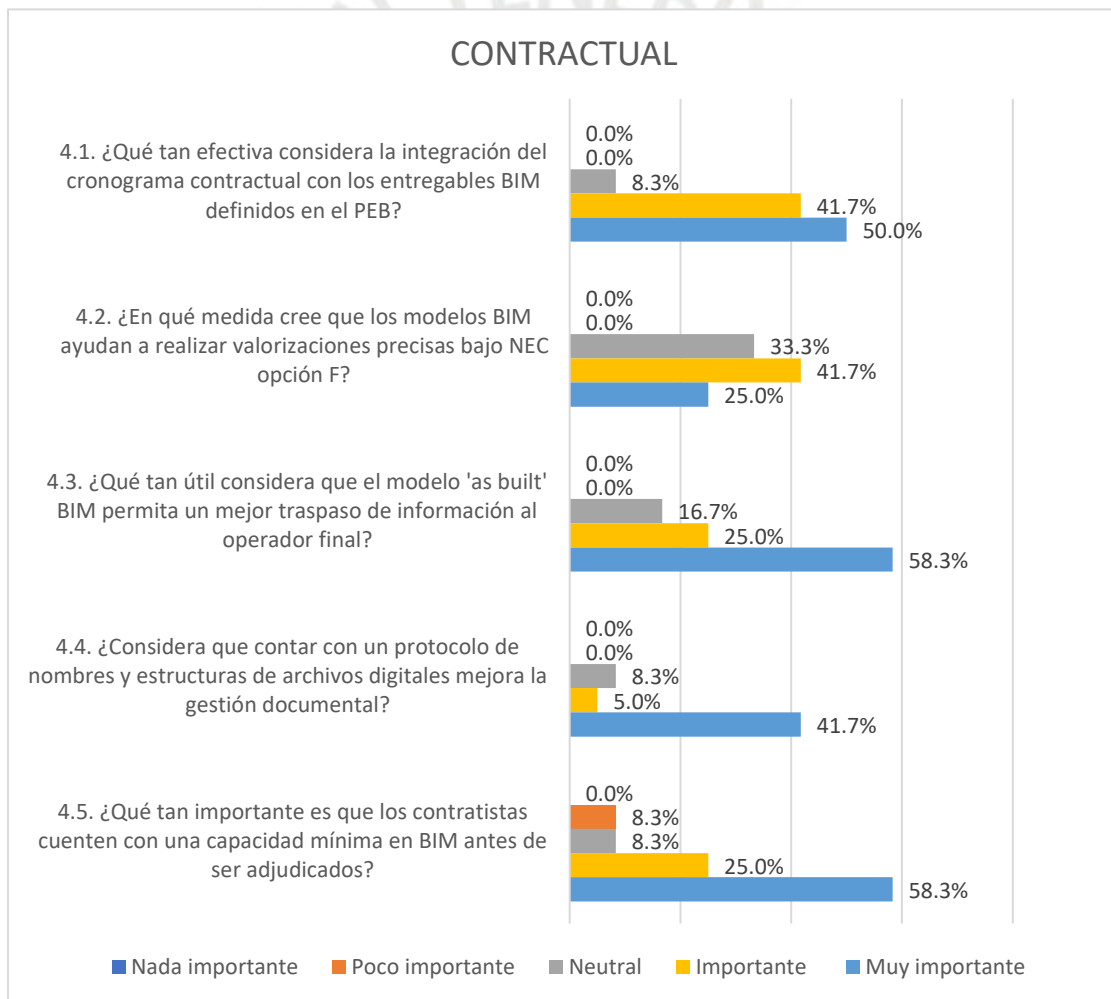


Gráfico 4 Resultado de la encuesta. Sector contractual.
Fuente: Elaboración propia.

Si bien la mayoría de las respuestas fueron positivas, este bloque mostró una leve dispersión con la aparición de respuestas “Neutrales” en tres de las cinco preguntas. Aun así, destaca la valoración positiva del modelo as built y la exigencia de capacidades mínimas en BIM como requisitos previos para la adjudicación. Estos resultados sugieren que los profesionales valoran cada vez más los beneficios de la digitalización en la operación y mantenimiento, pero también reconocen que aún falta consolidar ciertos aspectos operativos y normativos.

4.2. Conclusiones

- **Existe una adopción positiva de herramientas tecnológicas BIM:**
Las respuestas reflejan una percepción bastante favorable respecto a la incorporación de tecnologías colaborativas como el modelado 3D, el Entorno Común de Datos (CDE) y el uso de software especializado. Existe un consenso sobre el aporte de estas herramientas para mejorar la coordinación técnica y prevenir interferencias en campo.
- **Aceptación de implementar procesos colaborativos estructurados:**
En el bloque de procesos, se evidencia una respuesta uniforme hacia la importancia de contar con procedimientos claros desde etapas iniciales del proyecto. Se valora la planificación temprana de los usos BIM, la vinculación del modelo al cronograma 4D y las validaciones periódicas, lo cual confirma el interés del sector en implementar metodologías más integradas.
- **Reconocimiento de la importancia de los componentes contractuales:**
Las preguntas asociadas al bloque político muestran que los encuestados consideran necesario incorporar lineamientos BIM dentro del contrato NEC, como los entregables obligatorios o la matriz RACI. Sin embargo, también se advierte cierta

dispersión en la valoración de herramientas como las cláusulas Z o la evaluación de madurez, lo que sugiere que aún hay espacio para consolidar este enfoque dentro del marco contractual.

- **Visión integral sobre la implementación BIM-NEC:**

En el bloque general, los resultados reflejan una tendencia favorable a integrar los entregables BIM con la gestión contractual y documental. Si bien hay consenso en aspectos como las valorizaciones con modelos o la exigencia de capacidades mínimas en los contratistas, algunas respuestas muestran posturas más neutras en temas como el traspaso al operador o la estructuración de archivos, lo que podría estar asociado a experiencias previas o vacíos en la normativa actual.

- **Necesidad de fortalecer capacidades y estandarizar criterios:**

En conjunto, los resultados muestran que existe disposición por parte de los actores del sector para avanzar hacia una implementación conjunta de BIM y NEC en proyectos de saneamiento. No obstante, se identifican oportunidades de mejora en cuanto a la capacitación técnica, la alineación contractual y la formalización de requisitos BIM en los procesos de contratación y ejecución.

Capítulo V: Propuesta Implementación BIM-NEC

Para la elaboración del plan de implementación BIM – NEC se tuvo en consideración los lineamientos planteados en el marco teórico y según las respuestas de la encuesta a profesionales.

5.1. Plan Implementación BIM-NEC

5.1.1. Acciones Estratégicas.

Previo al planteamiento de acciones estratégicas, se seleccionó los ítems más importantes a incluir dentro del plan de implementación BIM NEC según los resultados de la encuesta. Estos se eligieron bajo los siguientes criterios:

Por un lado, en el sector de tecnología, el modelado BIM y desarrollo LOD ha sido incluido de manera conjunta ya que ambos se complementan y el uso de softwares como Navisworks ha sido incluido dentro de las herramientas BIM que facilitan la interoperabilidad dentro de un proyecto

En el sector de procesos, se agrupó la definición de usos BIM, el modelado y como vincularlo al cronograma de obra. Asimismo, la documentación de procesos dentro de un PEB forma parte de la implementación dentro de un marco contractual NEC el cual está presente de manera general dentro del plan.

Finalmente, en el sector política, los entregables BIM solicitados se incluyó dentro del uso de cláusulas Z para la ejecución y usos de BIM dentro del proyecto.

Se plantearon las siguientes acciones estratégicas según la respuesta de los profesionales encuestados y los parámetros de BIM Excellence.

Tabla 10
Acciones estratégicas BIM-NEC.

Sector	Acción propuesta	Ubicación Marco Contractual NEC	Resultado esperado
TECNOLOGÍA	Diseño en Revit y coordinación en Navisworks	Anexo técnico contractual + PEB	Facilita la coordinación temprana y evita errores entre disciplinas.
	Modelado 3D con LOD 500	Anexo contractual (Entregable) + PEB	Mejora la precisión en el traspaso de información (especialmente as-built).
	Uso de plataforma Entorno Común de Datos, BIM 360	PEB + cláusula Z	Mejora la gestión de archivos y comunicación entre partes.
PROCESOS	Definir usos BIM por fase y vincular modelo al cronograma 4D	PEB + anexo del cronograma contractual	Permite valorizaciones objetivas y precisas (alineado con NEC F).
	Implementar sesiones ICE (colaboración temprana)	Cláusulas Z + cronograma de reuniones dentro del contrato	Refuerza procesos colaborativos desde fases iniciales.
	Validar modelos con revisiones colaborativas	PEB + cláusulas de aceptación de entregables	Asegura calidad y reduce errores, facilita control y certificación de pagos.
	Uso de cláusulas Z para incentivos/penalizaciones BIM	Cláusulas Z específicas del contrato	Motiva cumplimiento de plazos, entregables y uso correcto del modelo.

	Incluir matriz RACI en el PEB	PEB como documento contractual	Define claramente roles y responsabilidades para la colaboración.
	Realizar evaluación de madurez BIM	Requisito previo al inicio del contrato + dentro del PEB	Permite conocer el nivel BIM inicial y establecer objetivos realistas.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las acciones propuestas, se seleccionaron 5 fases dentro del proyecto, se realizó un listado de actividades BIM según cada una de ellas, se describió cada actividad, su responsable directo y se planteó su ubicación dentro de un marco contractual NEC.

✓ Fase 1: Evaluación inicial

*Tabla 11
Actividades BIM – NEC. Evaluación Inicial.*

Actividad	Descripción	Documentos NEC	Responsable
Evaluación de madurez BIM	Diagnóstico de capacidades BIM de la entidad contratante y contratistas potenciales.	Requisito previo al Contrato	Cliente
Definición preliminar de usos BIM	Determinar usos relevantes: modelado de redes existentes, coordinación, 4D, as-built.	Alcance técnico (Scope)	Project Manager + Consultores
Selección Plataforma BIM 360	Decidir el entorno común de datos a usar para colaboración y control documental.	Alcance técnico + PEB	Cliente + equipo técnico

Fuente: Elaboración propia.

✓ Fase 2: Contratación

Tabla 12
Actividades BIM – NEC. Contratación.

Actividad BIM	Descripción	Documento NEC	Responsable
Elaboración del PEB preliminar	Primer borrador del Plan de Ejecución BIM con criterios por fase.	Anexo contractual (PEB)	Contratista
Inclusión de cláusulas Z	Incluir incentivos/penalizaciones por entregables BIM, uso de CDE y participación en ICE.	Cláusulas Z	Cliente
Inclusión de matriz RACI	Asignar funciones BIM (Modelador, Coordinador, Revisor, etc.)	PEB	Project Manager

Fuente: Elaboración propia.

✓ Fase 3: Construcción

Tabla 13
Actividades BIM – NEC. Construcción.

Actividad	Descripción	Documento NEC	Responsable
Validaciones colaborativas	Revisiones conjuntas de modelos para avance físico y control de calidad.	PEB + entregables	Supervisor + Contratista
Uso del modelo 4D para valorizaciones	Emplear modelo vinculado al cronograma para certificar avances mensuales.	Certificación bajo NEC F	Project Manager
Actualización progresiva del modelo (as-built)	El contratista actualiza el modelo con lo realmente ejecutado.	Entregable final (LOD 500)	Contratista
Coordinación en Navisworks + sesiones ICE	Reuniones semanales de coordinación BIM con detección de interferencias.	Cláusulas Z + PEB	Coordinador BIM

Integración 4D (cronograma – modelo)	Vincular tareas del cronograma con elementos modelados.	Cronograma contractual + PEB	Planificador + Coordinador BIM
---	---	---------------------------------	-----------------------------------

Fuente: *Elaboración propia.*

✓ Fase 4: Cierre

Tabla 14

Actividades BIM – NEC. Cierre.

Actividad BIM	Descripción	Documento NEC	Responsable
Entrega de modelo as-built	Modelo final LOD 500 con modelado de tuberías, válvulas, accesorios, etc.	Parte del alcance contractual	Contratista
Verificación y validación final del modelo	Validación por parte del supervisor y cliente.	Proceso de aceptación NEC	Supervisor
Transferencia al área de operaciones y mantenimiento	Se entrega el modelo como base para gestión futura de redes.	Requisito de traspaso de información	Cliente

Fuente: *Elaboración propia.*

A partir de ello, se realiza la propuesta de implementación BIM-NEC en la cual se identificaron los usos BIM dentro la etapa de ejecución del proyecto, se propuso la matriz RACI y en conjunto el plan de ejecución BIM (PEB). Por último, se realizó la propuesta narrativa de cómo se puede incluir dentro del documento contractual.

5.1.2. Propuesta de implementación BIM-NEC aplicada al caso de estudio

5.1.2.1. Usos BIM

Para el caso de estudio “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la estación Juan Pablo II – E3 de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del metro de Lima y Callao” se ha propuesto una lista de 10 usos BIM.

Diagrama de flujo Usos BIM

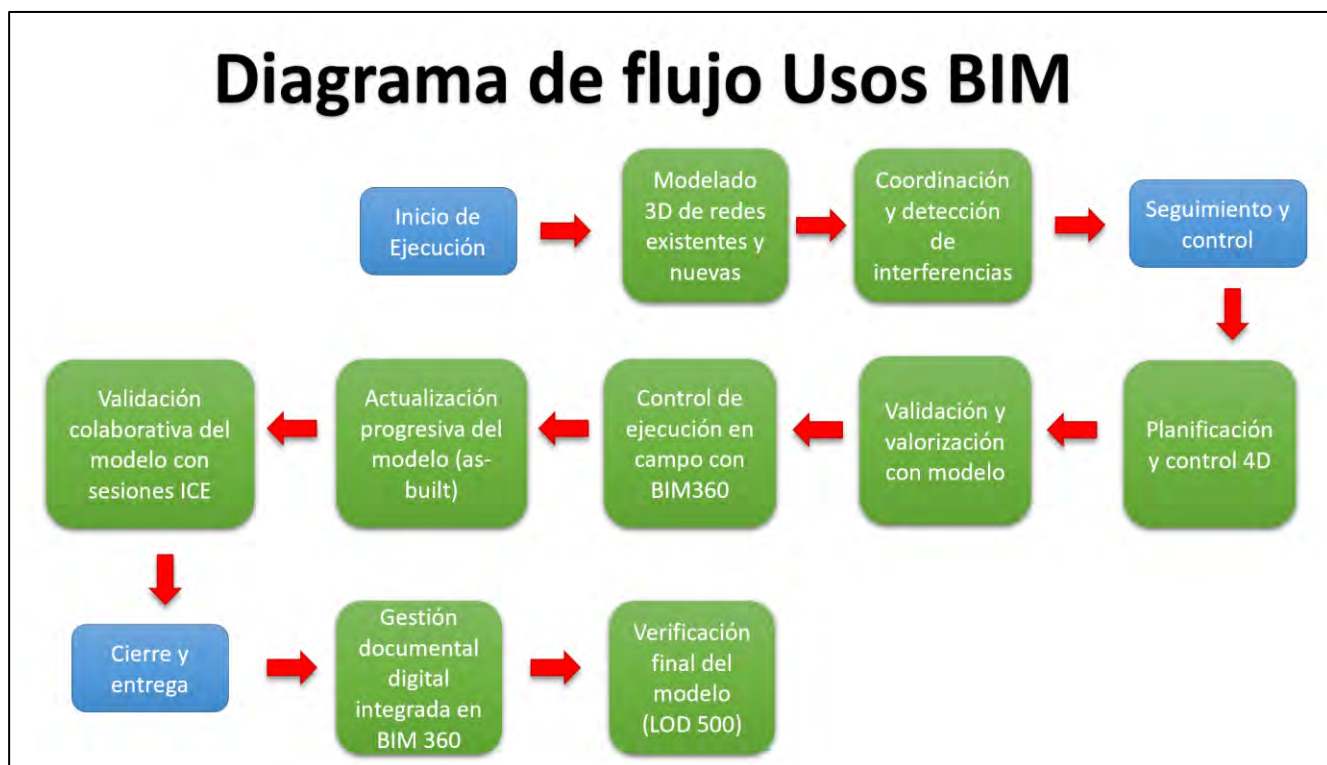


Figura 2 Diagrama de flujo de usos BIM.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de flujo presenta los usos BIM desde el inicio de ejecución del proyecto hasta su cierre y entrega. Estos usos tienen las siguientes funciones

Inicio de Ejecución:

- **Modelado 3D de redes existentes y nuevas:** Generación de modelos de redes a construir con condiciones actuales del terreno e interferencias.
- **Coordinación y detección de interferencias:** Uso de Navisworks o similar para detectar interferencias entre redes sanitarias, estructuras temporales o servicios existentes. Apoyo de sesiones ICE.

Seguimiento y control:

- **Planificación y control 4D:** Vincular el modelo al cronograma de obra para visualizar y gestionar la secuencia constructiva.
- **Validación y valorización con modelo:** Utilizar el modelo 4D para validar avances físicos y respaldar valorizaciones.
- **Control de ejecución en campo con BIM360:** Visualización del modelo en BIM 360 para seguimiento en sitio.
- **Actualización progresiva del modelo (as-built):** Incluir cambios conforme avanza la obra para generar el modelo as-built.
- **Validación colaborativa del modelo con sesiones ICE:** Revisión conjunta de avances del modelo con residente, supervisión y contratista (entorno colaborativo).

Cierre y entrega:

- **Gestión documental digital integrada en BIM 360:** Centralización de planos, actas y reportes en BIM 360
- **Verificación final del modelo (LOD 500):** Validación del modelo previo a cierre de obra para garantizar que refleje lo ejecutado. Puede incluir certificación de calidad.

5.1.2.2. Matriz RACI

A partir de los usos definidos en la etapa constructiva del proyecto, se realizó una matriz RACI en la cual se definieron los roles y responsabilidades según cada uso BIM.

Legenda RACI: **R**: Responsable, **A**: Autoridad, **C**: Consultado, **I**: Informado

Tabla 15
Propuesta Matriz RACI

Uso BIM	Contratista	Supervisor	Residente	Especialista BIM	Cliente/Entidad
Modelado 3D de redes existentes y nuevas	R	C	I	A	I
Coordinación y detección de interferencias (ICE)	R	C	C	A	I
Planificación y control 4D	R	C	A	C	I
Validación y valorización con modelo	R	A	C	C	I
Control de ejecución en campo con BIM 360	R	I	A	C	I
Actualización progresiva del modelo (as-built)	R	C	I	A	I
Validación colaborativa del modelo con sesiones ICE	R	A	C	C	I
Gestión documental digital integrada (BIM 360)	R	C	C	A	I
Verificación final del modelo (LOD 500)	R	A	C	C	C
Verificación final del modelo (LOD 500)	R	A	C	C	C
Entrega del modelo as-built para O&M	R	C	C	A	I

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.3. Plan de Ejecución BIM

El presente Plan de Ejecución BIM (PEB) detalla los usos BIM previstos, entregables digitales requeridos, la asignación de responsabilidades, los procesos de validación y coordinación, así como las plataformas tecnológicas a utilizar. Asimismo, este plan está alineado con los principios de transparencia, colaboración y gestión proactiva que promueve el contrato NEC, y constituye una herramienta fundamental para asegurar la trazabilidad de la información, la optimización de los procesos constructivos y la correcta certificación de avances de obra. Su aplicación garantizará que los modelos BIM no solo apoyen la planificación y coordinación técnica, sino que también respalden la gestión contractual y administrativa del proyecto. Anexo I se puede visualizar a detalle el desarrollo de este plan.

i. Objetivo

Implementar un esquema colaborativo de gestión BIM durante la fase de ejecución de un proyecto bajo un contrato NEC Opción F, promoviendo eficiencia, coordinación y trazabilidad mediante procesos digitalizados y una clara asignación de responsabilidades.

ii. Alcance del Plan

Aplicación en la fase de ejecución del proyecto “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la estación Juan Pablo II – E3 de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del metro de Lima y Callao”. Se incluye desde el levantamiento y modelado de condiciones existentes hasta la entrega del modelo final validado y documentado para operación y mantenimiento.

iii. Usos BIM

- Modelado 3D de redes existentes y nuevas
- Coordinación y detección de interferencias (Navisworks + sesiones ICE)
- Planificación y control 4D (modelo vinculado a cronograma)
- Validación y valorización con modelo 4D
- Control en campo mediante BIM 360
- Actualización progresiva del modelo (as-built)
- Validación colaborativa del modelo
- Gestión documental digital en CDE (BIM 360)
- Verificación final del modelo (LOD 500)
- Entrega del modelo as-built para operación y mantenimiento

iv. Entregables BIM

- ✓ Modelo 3D inicial con condiciones existentes
- ✓ Modelo 4D actualizado mensualmente (LOD 500)
- ✓ Informes de detección y resolución de interferencias
- ✓ Modelo as-built (LOD 500) validado y documentado
- ✓ Reportes mensuales de avance con vinculación 4D
- ✓ Base de datos documental (planos, actas, RFI) en BIM360

v. Roles y responsabilidades

Definidos en matriz RACI. Principales actores:

- ✓ Contratista principal: Coordinación BIM, modelado y entregables
- ✓ Especialista BIM: Validaciones, revisiones, gestión CDE

- ✓ Supervisor: Aprobaciones y control de calidad
- ✓ Cliente: Validación de hitos y conformidad técnica
- ✓ Residente de obra: Seguimiento en campo, coordinación con BIM

vi. Plataforma común de datos

Se usará BIM 360 para coordinación, control de obra, revisiones y trazabilidad documental.

vii. Lineamientos de coordinación

Uso de sesiones ICE cada 2 semanas, revisiones colaborativas, reportes de conflictos y acuerdos documentados.

viii. Protocolos de modelación

- ✓ Estructura estandarizada de carpetas y archivos
- ✓ Nomenclatura basada en ISO 19650 adaptada
- ✓ LOD 400 para modelo inicial hasta LOD500 para modelo as-built
- ✓ Inclusión de parámetros para operación y mantenimiento

ix. Evaluación de madurez BIM

Se aplicará una matriz de madurez al inicio y fin del proyecto. Esta evaluará:

- ✓ Organización y gobernanza
- ✓ Procesos y flujos de trabajo
- ✓ Tecnología implementada
- ✓ Resultados en productividad y coordinación

x. Gestión contractual y cláusulas NEC

- **Cláusula Z.XX – Implementación BIM:** El Contratista deberá implementar el Plan de Ejecución BIM (PEB) incluido como Anexo [X]. Su cumplimiento es obligatorio para la validación de entregables y la certificación de pagos.
 - **Cláusula Z.XY – Entregables Digitales BIM:** Los entregables digitales requeridos (modelos 4D, reportes de interferencias, modelo final as-built y documentación en CDE) deben cumplir los estándares definidos en el Anexo [Y]. La validación de estos será prerrequisito para certificaciones.
 - **Cláusula Z.XZ – Costos asociados a BIM:** Los costos BIM se incluyen en el Anexo de Costos bajo “Servicios Digitales de Coordinación”, detallando horas-hombre, licencias y soporte técnico.
 - **Cláusula Z.XW – Validación del modelo y revisiones periódicas:** El Contratista presentará actualizaciones mensuales del modelo, conforme al cronograma. El Supervisor evaluará cada entrega en base a criterios de avance físico y resolución de conflictos.
 - **Cláusula Z.XV – Roles y responsabilidades BIM:** Las funciones de cada parte están definidas en la matriz RACI. Cualquier ajuste deberá ser consensuado en sesiones ICE y formalizado en actas.
- Cláusula Z.XU – Incentivos y penalidades:** El cumplimiento de entregables BIM en tiempo y forma dará lugar a un bono de cumplimiento. Incumplimientos injustificados se penalizarán según cláusula X20.

El detalle de la propuesta BIM-NEC se encuentra en el ANEXO B del presente documento.

Capítulo VI: Validación De La Propuesta

Para la validación de la propuesta, se aplicó el método Delphi para comprobar su viabilidad. Se realizó una encuesta a profesionales para que puedan validar la propuesta según su experiencia profesional. Para ello el perfil profesional requerido para la etapa de validación corresponde a profesionales con un mínimo de 10 años de experiencia profesional general, y preferentemente participación directa en proyectos con componentes BIM, contratos colaborativos NEC, supervisión de obras y/o asesoría en contratación pública. En el caso de profesionales con experiencia en BIM se requiere una experiencia específica de 5 años y en contratos colaborativos NEC, el requerimiento varía a partir de 4 años de experiencia. Esto debido a que, en el Perú, comenzó a ser implementado de manera significativa a partir del 2019 en los Juegos Panamericanos Lima 2019.

El detalle del perfil de expertos encuestados se encuentra en el ANEXO C del presente documento.

6.1. Estructura de la Encuesta:

El enfoque metodológico de la encuesta está orientada a la validación de la propuesta de integración de BIM y NEC para proyectos de saneamiento en su etapa de ejecución. La primera parte de la encuesta comprende recopilar información acerca de los profesionales. Esto incluye, profesión, grado académico y años de experiencia en el rubro y en la segunda parte de la encuesta se presentó la propuesta de implementación BIM/NEC y se solicitó su nivel de valoración según la escala de Likert del 1 al 5 donde 1 representa “nada de acuerdo” y el nivel 5 representa “muy de acuerdo”. Esta sección contó con 15 preguntas las cuales serán analizadas a continuación.

6.2. Análisis De Resultados: Primera Ronda

En la primera sección de la encuesta tuvo como finalidad recopilar información de los encuestados para medir si cumplían con el perfil profesional de expertos requerido. Según las respuestas obtenidas, el 100% de profesionales entrevistados cuentan con maestría y más de 10 años de experiencia profesional; por lo tanto, sí cumplen con el perfil profesional requerido. Las 15 preguntas planteadas se dividieron en 3 bloques. El primer bloque aborda preguntas respecto al alcance de la propuesta técnica de BIM y NEC cuyos resultados se muestran a continuación.

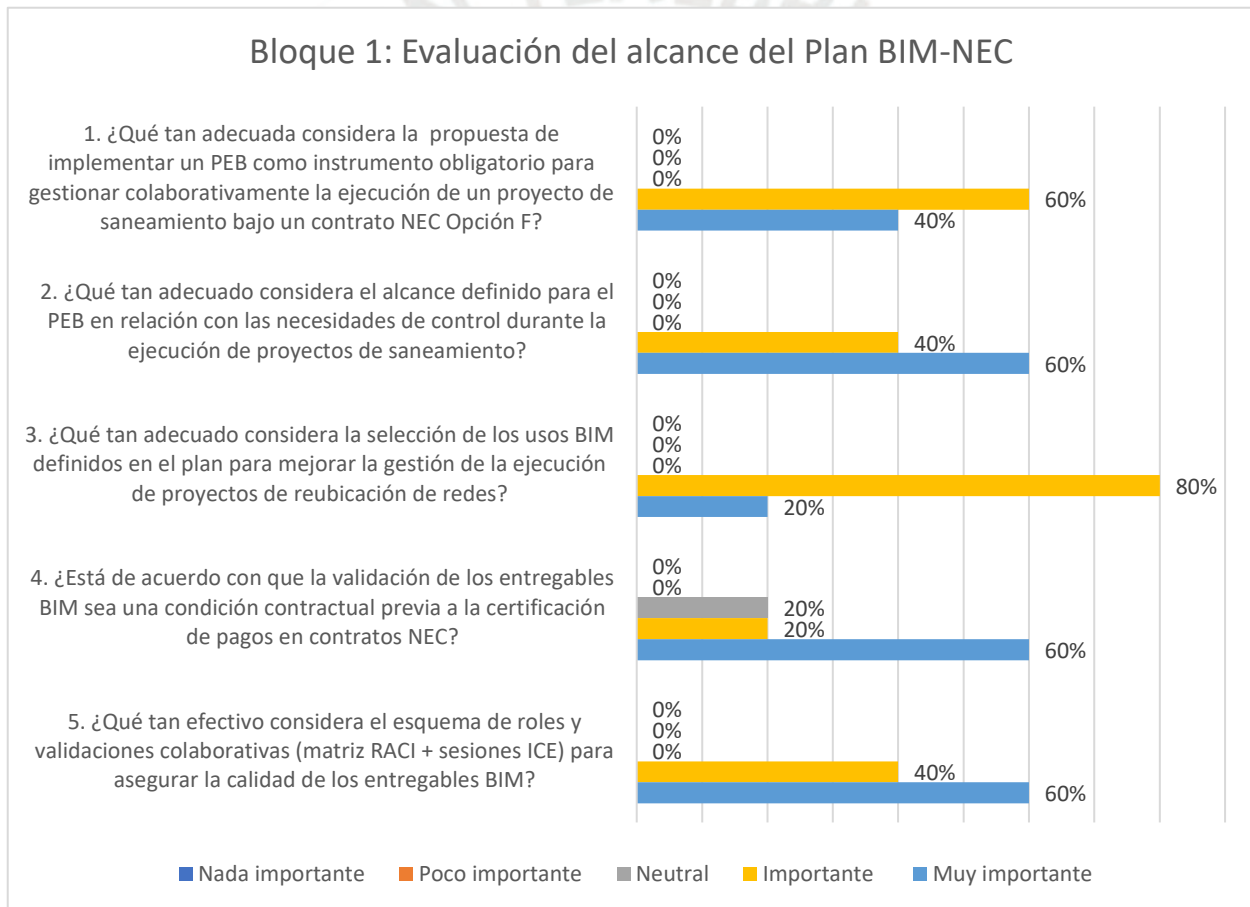


Gráfico 5 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque 1
Fuente: Elaboración Propia.

En esta sección de preguntas se evaluó la viabilidad técnica de los elementos del Plan de Ejecución BIM en un contexto contractual NEC opción F. El objetivo es recopilar impresiones iniciales sobre la propuesta técnica y detectar puntos de discrepancia.

En general, más del 80% de respuestas fueron calificadas entre niveles “importante” y “muy importante” lo que indica una valoración favorable de la propuesta. La pregunta 4, acerca de la validación BIM como condición para certificar pagos, recibió un 20% de respuesta neutral, lo cual sugirió que existe un margen para aclarar su aplicación en un marco contractual NEC.

El segundo bloque de preguntas aborda la factibilidad de la implementación del plan en la etapa de ejecución. A continuación, se presenta de manera gráfica los resultados de este bloque:

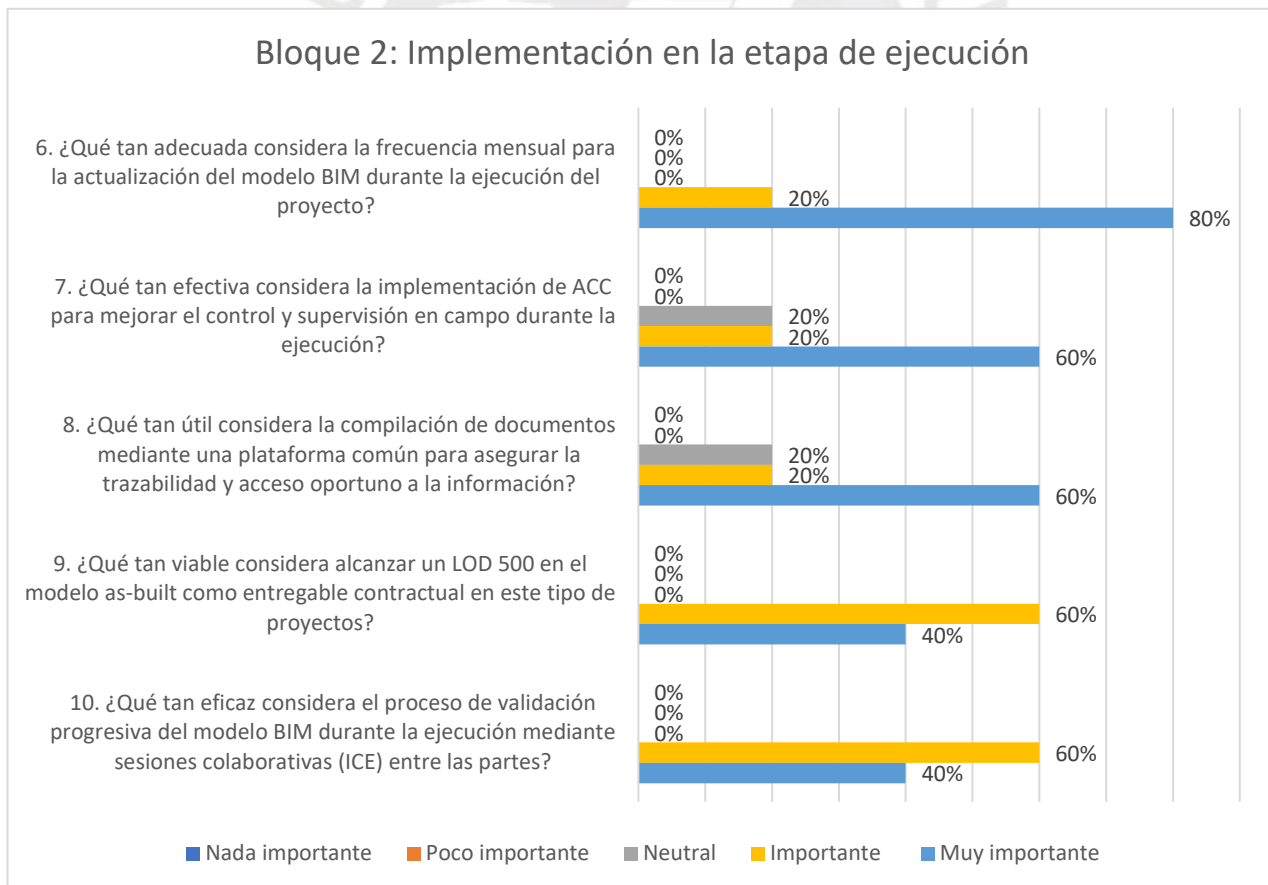


Gráfico 6 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque 2
Fuente: Elaboración Propia.

En esta segunda sección de preguntas se observa una tendencia favorable acerca de la implementación de herramientas y procesos BIM durante la etapa de ejecución en proyectos de saneamiento. La respuesta de los encuestados muestra una valoración positiva a las medidas planteadas con respecto a la actualización mensual del modelo BIM, así como el uso de la plataforma digital Autodesk Construction Cloud (ACC) y la inclusión de sesiones ICE. No obstante, se identifica que en las preguntas 7 y 8 obtuvieron un 20% de respuestas neutrales. Esto demuestra que algunos expertos no estaban convencidos acerca del impacto en la mejora del control en campo y se podrían generar retos técnicos o contractuales.

Finalmente, el tercer bloque analiza la viabilidad de la propuesta dentro de un marco contractual NEC y su aplicación a futuros proyectos. A continuación, se presenta de manera gráfica los resultados de este último bloque.

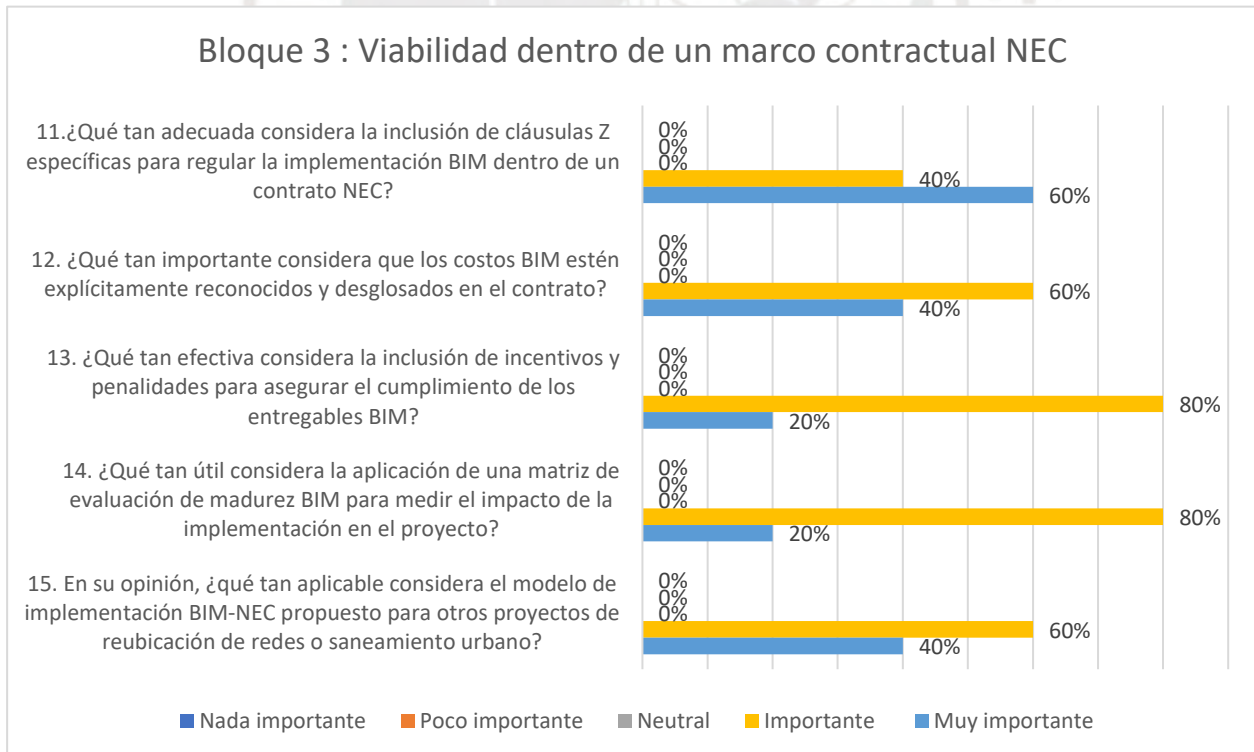


Gráfico 7 Resultados preguntas 1era Ronda. Bloque 3
Fuente: Elaboración Propia.

En esta tercera sección de preguntas los encuestados evaluaron los aspectos contractuales para la integración BIM-NEC en proyectos de saneamiento. Los resultados muestran un nivel de consenso favorable con respecto a la formalidad de implementar el plan BIM dentro de un contrato NEC al incluir cláusulas específicas y emplear mecanismos de control como incentivos y penalidades. En esta sección no se obtuvieron resultados neutrales o negativos.

La pregunta 11 acerca de la inclusión de cláusulas Z para regular la implementación BIM, evidencia un respaldo total a la necesidad de establecer una base contractual clara. Asimismo, esto concuerda con la pregunta 12, donde el 100% de los participantes también consideró fundamental que los costos BIM estén. Estas respuestas demuestran que los expertos consideran que la transparencia contractual es un pilar para la implementación de esta metodología.

De manera general, según los resultados obtenidos se observa que en 12 de las 15 preguntas realizadas el 100% de los entrevistados considera que están de acuerdo con la viabilidad de la propuesta considerando esta entre las opciones “importante” y “muy importante”. Asimismo, se puede observar que ninguna de las 15 preguntas ha obtenido respuestas negativas entre “poco importante” o “nada importante”. La respuesta de los expertos refleja que existe una gran aceptación técnica a la propuesta validando su viabilidad para ser aplicada a futuros proyectos. El análisis de las respuestas neutrales se realizará como parte de la segunda etapa en la cual se ahondará con los encuestados acerca del porqué de sus respuestas y luego proceder con la segunda ronda de preguntas según el método Delphi.

El detalle de las preguntas realizadas en la primera ronda se encuentra en el ANEXO D del presente documento.

6.3. Análisis De Resultados: Segunda Ronda

Como parte del método Delphi, de manera iterativa se realizó una segunda ronda de preguntas para llegar a un consenso sobre los aspectos evaluados en la propuesta. Para ello, se identificaron las preguntas que recibieron respuestas neutrales. Se contactó a los entrevistados cuyas respuestas fueron neutrales para analizar el motivo de su postura y replantear las preguntas realizadas hasta llegar a un consenso.

Bloque 1: Evaluación del alcance del Plan BIM-NEC

- Pregunta 4: ¿Está de acuerdo con que la validación de los entregables BIM sea una condición contractual previa a la certificación de pagos en contratos NEC? La neutralidad en la respuesta sugiere que existe incertidumbre en vincular directamente los entregables BIM con pagos contractuales debido a preocupaciones sobre tiempos de revisión, responsabilidades compartidas o impactos en la fluidez del avance financiero del proyecto. Se requiere un marco claro para su implementación sin generar controversias contractuales.

Bloque 2: Implementación en la etapa de ejecución

- Pregunta 7: ¿Qué tan efectiva considera la implementación de ACC para mejorar el control y supervisión en campo durante la ejecución?
- Pregunta 8: ¿Qué tan útil considera la compilación de documentos mediante una plataforma común para asegurar la trazabilidad y acceso oportuno a la información? Las respuestas neutrales en esta sección reflejan un grado de escepticismo sobre la integración digital en campo, especialmente en proyectos públicos o de saneamiento

urbano donde las capacidades tecnológicas del equipo o el acceso a plataformas como ACC (Autodesk Construction Cloud) pueden estar limitadas. Asimismo, indica que aún hay desconocimiento o falta de experiencia concreta con sistemas de gestión documental vinculados al modelo BIM entre algunos expertos, lo que les impide emitir un juicio firme.

En general los entrevistados comentaron que el motivo de sus respuestas neutras fue la falta de claridad en la elaboración de las preguntas y consideraron que se debió especificar ciertos términos utilizados en las preguntas. Si bien el modelo es técnicamente sólido, hay elementos cuya adopción o implementación puede generar dudas razonables entre profesionales con experiencia. Estas áreas de neutralidad identifican oportunidades importantes para reforzar la estrategia de comunicación, formación y adaptación contractual al momento de aplicar el modelo BIM-NEC en proyectos reales. A partir de ello, se presentó una segunda ronda con las 3 preguntas replanteadas de la siguiente manera:

- **Pregunta 4:** Incluir la validación técnica de modelos BIM como requisito contractual para certificar valorizaciones permite una trazabilidad objetiva y evidencia técnica del avance físico. ¿Qué tan apropiado considera este enfoque para garantizar transparencia y control en la gestión de valorizaciones bajo contratos NEC?
- **Pregunta 7:** La propuesta plantea centralizar toda la información del proyecto (planos, actas, modelos, entregables) en una sola plataforma digital accesible desde cualquier dispositivo, lo que permitiría un mejor seguimiento, control y acceso a la información en obra. ¿Qué tan útil considera esta estrategia de centralizar la documentación del proyecto en una plataforma digital para facilitar la supervisión y el control durante la ejecución?

- Pregunta 8:** La propuesta plantea que el expediente final del proyecto incluya un modelo digital detallado que refleje exactamente lo construido, con información útil para el mantenimiento y operación de las redes (el alcance de este modelo digital 3D es LOD500).¿Qué tan favorable considera que se entregue un modelo digital completo y validado al final de la obra, como parte del expediente técnico contractual, en proyectos de saneamiento?

A partir de las preguntas replanteadas se obtuvieron las siguientes respuestas:

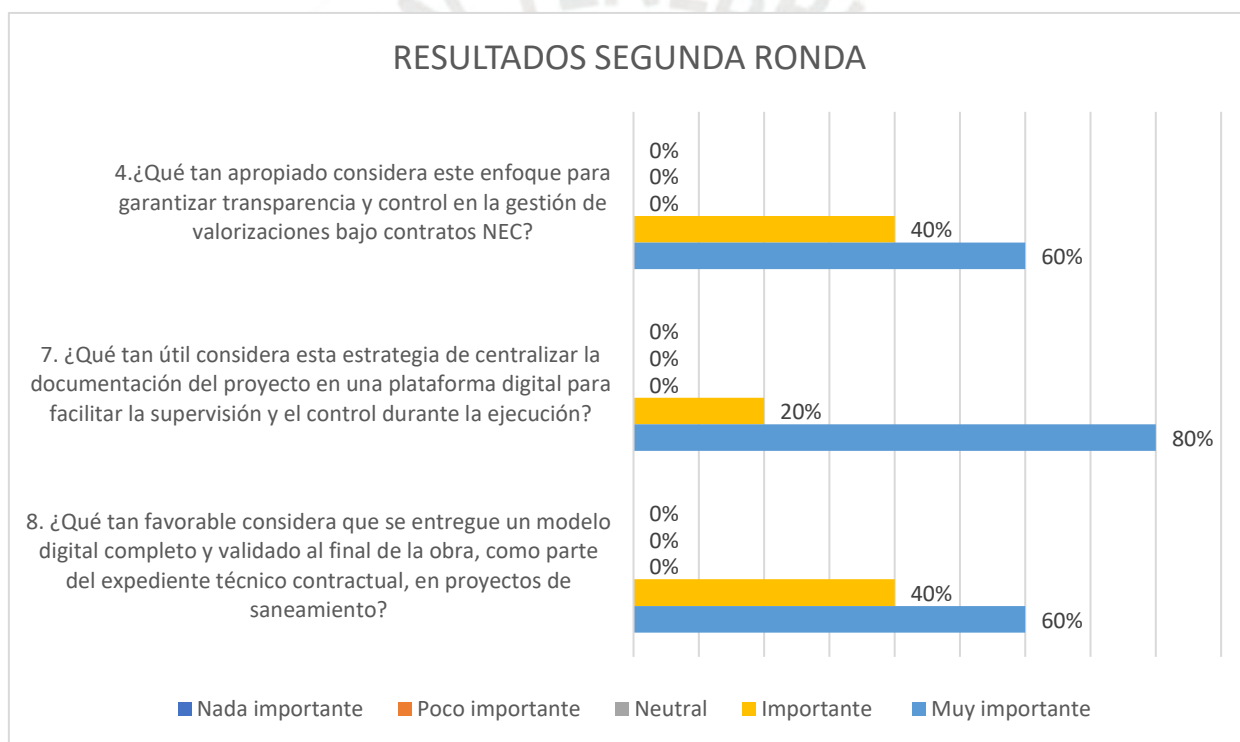
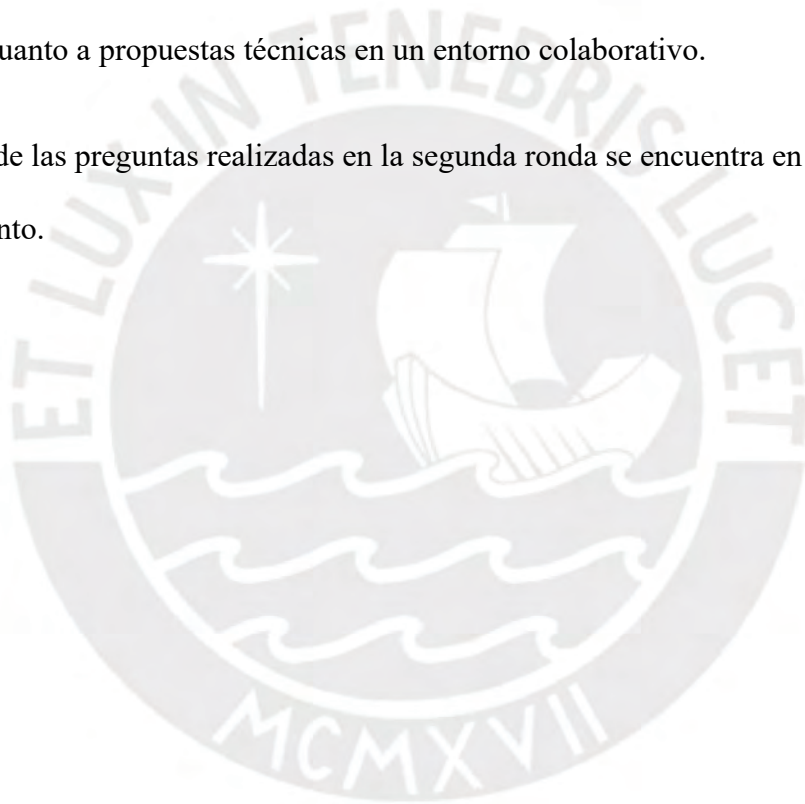


Gráfico 8 Resultados preguntas 2da Ronda
Fuente: Elaboración Propia.

En esta segunda ronda se resolvió las dudas con respecto a las respuestas neutrales obtenidas en la primera. El 100% de los encuestados pudieron llegar a un consenso considerando la propuesta entre “importante” y “muy importante” sin registrarse ninguna respuesta neutral o negativa. Las tres preguntas, obtuvieron entre un 60% y 80% de valoración como “muy importantes” y el resto

como “importantes”. Este resultado indica una aceptación sólida y generalizada por parte de los expertos sobre la pertinencia de estas estrategias para mejorar la transparencia, el control y la trazabilidad en la ejecución de proyectos de saneamiento bajo contratos NEC. La eliminación de respuestas neutrales demuestra que las aclaraciones o el contexto adicional proporcionado entre rondas fue suficiente para reafirmar la viabilidad y relevancia de estas prácticas dentro del enfoque BIM-NEC propuesto. El resultado de esta segunda ronda refuerza la validez y la viabilidad de la propuesta de implementación BIM-NEC y demuestra la eficacia del método Delphi para conseguir un consenso en cuanto a propuestas técnicas en un entorno colaborativo.

El detalle de las preguntas realizadas en la segunda ronda se encuentra en el ANEXO E del presente documento.



Capítulo VII: Conclusiones Y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Esta investigación tuvo como propósito establecer una propuesta de integración entre la metodología BIM y el marco contractual NEC en proyectos de saneamiento, específicamente durante la fase de ejecución. A través del análisis del estado del arte, se evidenció que, la adopción de BIM en el Perú todavía se encuentra en una etapa inicial, con aplicaciones mayormente centradas al modelado 3D y detección de interferencias principalmente en proyectos de vivienda y construcción. Sin embargo, en los últimos años se ha fomentado el avance de su estandarización e implementación en proyectos públicos a través de iniciativas nacionales como el Plan BIM Perú. En cuanto a los contratos NEC, su aplicación en proyectos públicos de saneamiento se encuentra en crecimiento desde su aplicación en los Juegos Panamericanos 2019. Este aún presenta dificultades en cuanto a la capacitación de los actores involucrados y la falta de integración con otras metodologías digitales. A pesar de lo mencionado, el estado del arte demuestra que demuestra que ambos enfoques se complementan entre sí y tienen potencial para para responder los desafíos y mejorar la gestión de proyectos de saneamiento en el Perú.

Se identificó que las principales dificultades para la implementación de BIM y NEC se concentra en la falta de estandarización de procesos, la resistencia al cambio e innovación de herramientas digitales y la ausencia de cláusulas contractuales que regulen la gestión colaborativa. Asimismo, se observa que hay una variedad de usos BIM que no son utilizados en los proyectos como la planificación 4D, control de obra y gestión documental. Y en el caso de contratos NEC, se concluye que su aplicación facilita el trabajo colaborativo pero se requiere que las partes

involucradas puedan adaptarse a esta forma de contratación y que se puedan establecer cláusulas específicas según las necesidades de cada proyecto con respecto a la implementación BIM.

La propuesta plantea un Plan de Ejecución BIM, el cual introduce los usos BIM más relevantes para la etapa de ejecución complementado con una matriz RACI, un esquema de roles y un sistema de validación de entregables. Para complementar y concretar su implementación se incorporó dentro de un marco contractual NEC mediante cláusulas Z, en las cuales se reconocen responsabilidades, costos y mecanismos de control. A partir de ello, se establece un modelo de gestión que tiene como finalidad garantizar que la inclusión y estandarización de BIM se sostenga contractualmente en proyectos de saneamiento.

Finalmente, la validación de la propuesta mediante el método Delphi permitió confirmar viabilidad técnica y contractual del plan propuesto. Los expertos consultados coincidieron en que los elementos planteados son útiles y replicables en otros contextos de reubicación de redes o proyectos urbanos similares. Asimismo, se reconoció la importancia de la implementación de cláusulas contractuales específicas para la implementación BIM en la fase de ejecución y la importancia de establecer una matriz de roles y responsabilidades. En conclusión, la validación confirma que el modelo representa una estrategia innovadora y aplicable que puede fortalecer significativamente la gestión de obras públicas, reduciendo riesgos, mejorando la trazabilidad documental y aportando sostenibilidad a largo plazo en la provisión de servicios de saneamiento.

7.2. Recomendaciones

Como resultado de esta investigación, se recomienda establecer el Plan de Ejecución BIM (PEB) como un documento contractual obligatorio en los proyectos de saneamiento ejecutados bajo contratos NEC, con el objetivo de estandarizar la implementación digital desde la etapa de

licitación. Junto a ello, se sugiere incorporar cláusulas Z específicas que regulen aspectos clave como los entregables digitales, los mecanismos de control progresivo y los costos asociados al uso de BIM, con la finalidad de asegurar su respaldo legal y su integración efectiva dentro del marco contractual.

Para mejorar la implementación de la propuesta en obra, se recomienda fortalecer las capacidades técnicas de los equipos de obra y supervisión, promoviendo la capacitación en herramientas digitales como BIM 360, Navisworks y metodologías colaborativas aplicables a la fase de ejecución. Asimismo, se sugiere institucionalizar espacios de validación colaborativa, como las sesiones ICE y las revisiones de interferencias, con el fin de anticipar y resolver conflictos técnicos de manera coordinada entre las partes involucradas.

En el proceso de la investigación se identificaron limitantes los cuales influyeron en su desarrollo. La validación de la propuesta del Plan BIM NEC se realizó mediante un juicio de expertos; sin embargo, este no se llegó a aplicar a un proyecto real y las experiencias previas sobre la aplicación de BIM y NEC en el Perú son muy limitadas, principalmente en proyectos de saneamiento lo cual limita el alcance del análisis de la propuesta. Asimismo, se considera que la información recopilada de las entrevistas a expertos considera cierto grado de subjetividad en la percepción de la eficacia de la propuesta.

Finalmente, se considera que, a partir de la investigación, se puede seguir desarrollando diversas líneas de investigación enfocadas en el desarrollo de marcos normativos que permita estandarizar la implementación de BIM-NEC y poder aplicarse junto a otros tipos de modalidades contractuales como contratos FIDIC. Finalmente, se recomienda que futuras líneas de investigación puedan aplicarla y hacer un seguimiento en proyectos piloto con la integración BIM-

NEC, lo cual permitirá medir el impacto real en términos de tiempo, costo y calidad, y retroalimentar el perfeccionamiento continuo del modelo propuesto para futuros proyectos en el sector saneamiento y ampliar su aplicación para mejorar la sostenibilidad con métricas ambientales y gestión de recursos ambientales.



Bibliografía

- AL-Dhaimesh, S. H., & Taib, N. (2023). A Review: Investigation of Augmented Reality – BIM Benefits in Design Process in Aec Industry. *Informatica*, 47(5), 111. <https://doi.org/10.31449/inf.v47i5.4671>
- Alsofiani, M. A. (2024). *Digitalization in Infrastructure Construction Projects: A PRISMA-Based Review of Benefits and Obstacles*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.16875>
- Ames, L. E. (s. f.). *LOS CONTRATOS NEC, UNA NUEVA ERA*. Recuperado 12 de marzo de 2025, de <https://www.claseejecutiva.com.pe/blog/articulos/solucion-para-chile-los-contratos-nec-simples->
- Carmelino, A. U., & Porcel, A. L. (2023). El riesgo de financiamiento en la ejecución de infraestructura pública a través de contratos NEC 3 opción F. *IUS ET VERITAS*, 2023(66), 149-165. <https://doi.org/10.18800/IUSETVERITAS.202301.010>
- Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (s. f.). *The Role of Reduced Latency in Integrated Concurrent Engineering*. Recuperado 27 de marzo de 2025, de <https://purl.stanford.edu/bd089dx8723>
- Dávila Anchiraico, J. A., & Polo Fernandez, C. F. (2022). *PROPUESTA DE UN PLAN DE USO BIM EN UN PROYECTO PÚBLICO DE SANEAMIENTO DURANTE LA ETAPA DE EJECUCIÓN, 2021*. <https://repositorio.pucp.edu.pe/items/3b773220-a72e-41a7-9bfc-bf05612432c6>
- Díaz-Bravo, P., Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Inv Ed Med*, 2(7), 162-167. www.elsevier.es
- El País. (2023, octubre 17). *Ejecutan 189 proyectos de agua y saneamiento*. <https://www.elperuano.pe/noticia/225495-ejecutan-189-proyectos-de-agua-y-saneamiento>

- García Valdez, L. (2020). *Vista de Tendiendo puentes entre la ingeniería y el derecho: El Building Information Modelling (BIM) y su impacto en la obra pública*. 149-166.
<https://revistas.up.edu.pe/index.php/forseti/article/view/1256/1419>
- Gobierno del Perú. Ministerio de Vivienda, C. y S. (2023). *Plan de Implementación de la Metodología BIM*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7542194/6409955-plan-de-implementacion-de-la-metodologia-bim-r-r.pdf?v=1737985437>
- Ing. Frank Chuquín Montoya. (2024). *ICIV66: Temas de Ingeniería Civil A*.
- Lidelöw, S., Engström, S., & Samuelson, O. (2023). The promise of BIM? Searching for realized benefits in the Nordic architecture, engineering, construction, and operation industries. *Journal of Building Engineering*, 76, 107067. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2023.107067>
- Loarte Pérez, J. D., & Fernández Huaccani, C. J. (2022). *Beneficios de implementar el Building Information Modeling en la gestión de un proyecto de saneamiento*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23471>
- McKinsey Global Institute. (2017, febrero). *Reinventing construction a route to higher productivity*.
https://www.mckinsey.com/~/_/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf
- Medina Flore, J. C. (2020). *Contratación pública y la experiencia de los Juegos Panamericanos. El modelo de gestión que promueve el gobierno*.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/22859/21948>
- Medina Flores, J. C. (2019). Vista de El Acuerdo de Gobierno a Gobierno y los Contratos NEC: ¿Soluciones a las deficiencias de la normativa de contrataciones del Estado que puedan ser replicadas por todas las

<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/iusetveritas/article/view/21273/20963>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2021, julio). *GUIA NACIONAL BIM*.
https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/recursos/guia_nacional_BIM.pdf?utm_source=chatgpt.com

Ministerio de Educación. (2022). *Acceso a los servicios básicos en los locales educativos de educación básica*. https://escale.minedu.gob.pe/c/document_library/get_file?groupId=10156&uuid=ad60df4b-47b5-46a6-92e3-f2360548cffa&utm_source

Ministerio de Vivienda, C. y S. (2024, octubre 21). *Ministerio de Vivienda impulsa destrabe de 9 proyectos de agua potable y alcantarillado por más de S/ 5 mil millones - Noticias - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - Plataforma del Estado Peruano*.
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/1043001-ministerio-de-vivienda-impulsa-destrabe-de-9-proyectos-de-agua-potable-y-alcantarillado-por-mas-de-s-5-mil-millones>

Patterson, R. (2020). *NEC contracts: best practice tools for risk allocation and management*.

Penn State. (2011). *Building Information Modeling Project Execution Planning Guide EXECUTIVE SUMMARY*. <http://www.buildingsmartalliance.org/nbims>.

Pérez, Z., Lite, S., Caballero, B., Allende, S., & Javier, F. (2018). PLAN DE EJECUCIÓN BIM (PEB): UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA DESDE UN ENTORNO ACADÉMICO. *22nd International Congress on Project Management and Engineering. AEIPRO*, 2375-2383.
<http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/1706>

Reguant Álvarez, M., & Torrado Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE*, 9 (1).
<https://doi.org/10.1344/REIRE2016.9.1916>

Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492.
<https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.10.575>

Sorigué. (2020). *Implementación de la tecnología BIM en proyectos del ciclo del agua - El blog de nuestro equipo*. <https://blog.sorigue.com/implementacion-de-la-tecnologia-bim-en-proyectos-del-ciclo-del-agua/>

Succar - Translated by Victor Roig Segura, B. (s. f.). *BIM Maturity Matrix*. Recuperado 11 de abril de 2025, de <http://bit.ly/BIMPaperA2>

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>

TYTL Abogados. (2020). *Los Contratos NEC - TYTL*. <https://tytl.com.pe/los-contratos-nec/>

Wei, T., Chen, G., & Wang, J. (2017). Application of BIM Technology in Building Water Supply and Drainage Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 100(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/100/1/012117>

Anexo A: Encuestados Diagnóstico Implementación

BIM-NEC

A continuación, se presenta la lista con el perfil de profesionales quienes fueron encuestados para evaluar el diagnóstico de la implementación de BIM y contratos NEC en el Perú y el listado de preguntas según las 4 secciones de análisis.

Tabla A 1

Listado de características de los profesionales encuestados para el diagnóstico BIM-NEC Perú

Ítem	Profesión	Grado Académico	Años de Experiencia
1	Ing. Civil	Titulado y Colegiado	20 años
2	Ing. Civil	Titulado	8 años
3	Ing. Civil	Titulado y Colegiado	10 años
4	Ing. Civil	Titulado y Colegiado	25 años
5	Ing. Civil	Titulado	5 años
6	Ing. Civil	Titulado y Colegiado	20 años
7	Ing. Civil	Titulado	5 años
8	Ing. Civil	Titulado y Colegiado	8 años
9	Ing. Civil	Titulado	10 años
10	Ing. Civil	Titulado, Colegiado y Magíster	25 años
11	Ing. Civil	Titulado, Colegiado y Magíster	20 años
12	Ing. Civil	Titulado, Colegiado y Magíster	15 años

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 2
Preguntas realizadas a profesionales para el diagnóstico BIM-NEC

Sección	Pregunta
1. Tecnología	1.1. ¿Qué tan efectiva considera la implementación de un Entorno Común de Datos (CDE) para compartir información en tiempo real entre las partes involucradas?
	1.2. ¿Qué tan útil considera el uso de software colaborativo (como Revit, Navisworks, etc.) para mejorar la gestión del diseño en proyectos de saneamiento?
	1.3. ¿En qué medida cree que el uso del modelado 3D permite anticipar interferencias durante la construcción?
	1.4. ¿Qué tan importante considera la adopción de estándares de modelado hasta el LOD 500 para asegurar la calidad de la información?
	1.5. ¿Qué tan relevante es la interoperabilidad entre diferentes herramientas BIM para facilitar la colaboración entre disciplinas?
2. Procesos	2.1. ¿Qué tan necesario considera documentar procesos colaborativos en el Plan de Ejecución BIM?
	2.2. ¿Qué tan importante es definir claramente los usos desde las fases iniciales del proyecto?
	2.3. ¿Qué tan útil considera la realización de sesiones ICE para coordinar disciplinas en el diseño?
	2.4. ¿Qué tan efectivo considera vincular el modelo BIM al cronograma (4D) para el control de avances en obra?
	2.5. ¿Qué tan importante considera validar los modelos en cada fase usando revisiones colaborativas?
3. Política	3.1. ¿En qué medida cree que incluir entregables BIM como obligaciones contractuales en NEC fortalece la ejecución del proyecto?
	3.2. ¿Qué tan importante considera el uso de cláusulas Z para regular penalizaciones e incentivos relacionados a BIM?
	3.3. ¿Qué tan necesaria es la inclusión de la matriz RACI en el Plan de Ejecución BIM para clarificar responsabilidades?
	3.4. ¿Considera relevante que los contratos NEC exijan modelos BIM actualizados como parte del cierre del proyecto?
	3.5. ¿Qué tan útil considera que se realice una evaluación de madurez BIM al inicio del proyecto?
4. Contractual	4.1. ¿Qué tan efectiva considera la integración del cronograma contractual con los entregables BIM definidos en el PEB?
	4.2. ¿En qué medida cree que los modelos BIM ayudan a realizar valorizaciones precisas bajo NEC opción F?
	4.3. ¿Qué tan útil considera que el modelo 'as built' BIM permita un mejor traspaso de información al operador final?
	4.4. ¿Considera que contar con un protocolo de nombres y estructuras de archivos digitales mejora la gestión documental?
	4.5. ¿Qué tan importante es que los contratistas cuenten con una capacidad mínima en BIM antes de ser adjudicados?

Fuente: Elaboración propia.

Anexo B: Plan de Ejecución BIM

1. Objetivo

Implementar un esquema colaborativo de gestión BIM durante la fase de ejecución de un proyecto de saneamiento bajo un contrato NEC Opción F, promoviendo eficiencia, coordinación y trazabilidad mediante procesos digitalizados y una clara asignación de responsabilidades.

2. Alcance del Plan

Aplicación en la fase de ejecución de un proyecto “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado en la estación Juan Pablo II – E3 de la línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambeta de la red básica del metro de Lima y Callao”. Se incluye desde el levantamiento y modelado de condiciones existentes hasta la entrega del modelo final validado y documentado para operación y mantenimiento.

3. Usos BIM

- ✓ **Modelado 3D de redes existentes y nuevas:** Generación de modelos para identificar interferencias y planificar la ejecución.
- ✓ **Coordinación y detección de interferencias:** Uso de Navisworks y sesiones ICE quincenales para identificar y resolver conflictos.
- ✓ **Planificación y control 4D:** Integración del modelo con el cronograma (Primavera/MS Project) para visualizar la secuencia constructiva.
- ✓ **Validación y valorización con modelo 4D:** Uso del modelo actualizado para respaldar valorizaciones y validar avances físicos.

- ✓ **Control en campo mediante BIM 360:** Visualización del modelo en sitio para residentes y supervisores, seguimiento fotográfico vinculado.
- ✓ **Actualización progresiva del modelo (as-built):** El modelo se actualiza conforme al avance real, por paquetes constructivos.
- ✓ **Validación colaborativa del modelo:** Revisión con supervisor, contratista y cliente en entornos colaborativos (ICE).
- ✓ **Gestión documental digital en CDE (BIM 360):** Centralización de planos, actas y reportes vinculados al modelo.
- ✓ **Verificación final del modelo (LOD 500):** Validación técnica y contractual del modelo final previo al cierre de obra.
- ✓ **Entrega del modelo as-built para O&M:** Modelo final validado, con estructuras de datos para su uso posterior por el área de mantenimiento.

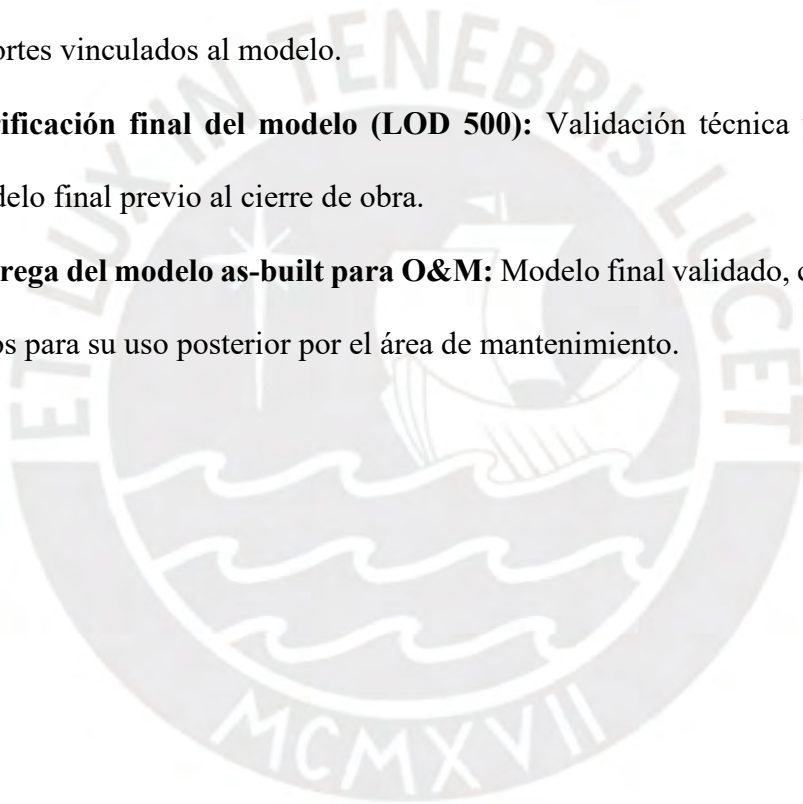


Diagrama de flujo Usos BIM

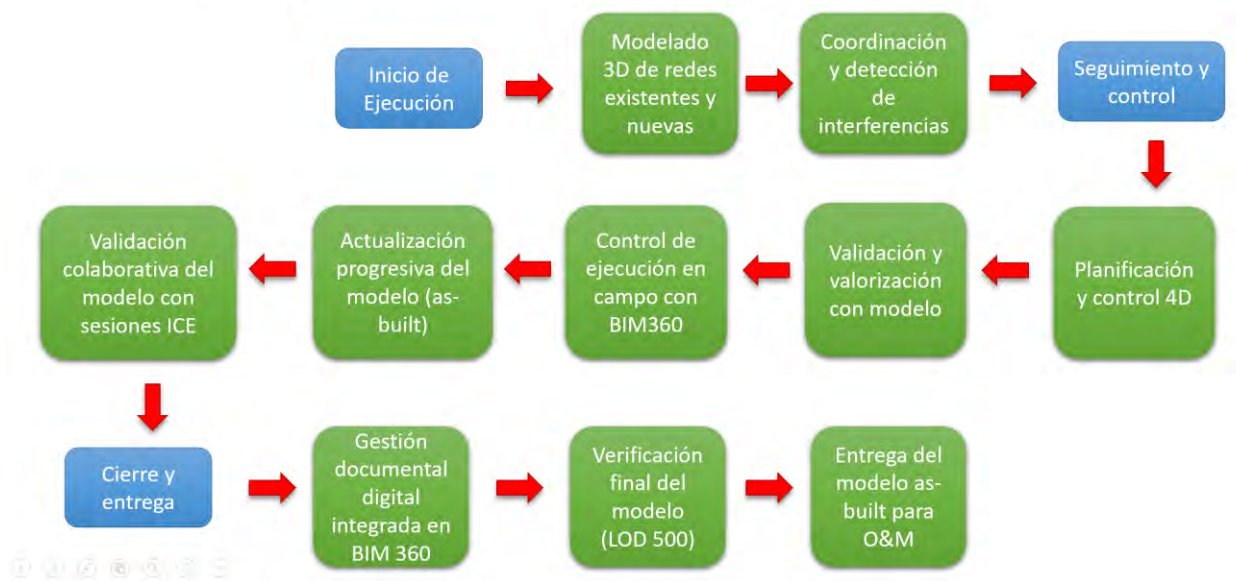


Figura A 1
Diagrama de flujo Usos BIM
Fuente: Elaboración propia

i. Entregables BIM

- ✓ Modelo 3D inicial con condiciones existentes
- ✓ Modelo 4D actualizado mensualmente (LOD 500)
- ✓ Informes de detección y resolución de interferencias
- ✓ Modelo as-built (LOD 500) validado y documentado
- ✓ Reportes mensuales de avance con vinculación 4D
- ✓ Base de datos documental (planos, actas, RFI) en CDE

ii. Roles y responsabilidades

Definidos en matriz RACI. Principales actores:

- ✓ Contratista principal: Coordinación BIM, modelado y entregables
- ✓ Especialista BIM: Validaciones, revisiones, gestión CDE
- ✓ Supervisor: Aprobaciones y control de calidad
- ✓ Cliente: Validación de hitos y conformidad técnica
- ✓ Residente de obra: Seguimiento en campo, coordinación con BIM

Tabla B 1
Matriz RACI propuesta Plan Implementación BIM-NEC

Uso BIM	Contratista	Supervisor	Residente	Especialista BIM	Cliente/Entidad
Modelado 3D de redes existentes y nuevas	R	C	I	A	I
Coordinación y detección de interferencias (ICE)	R	C	C	A	I
Planificación y control 4D	R	C	A	C	I
Validación y valorización con modelo	R	A	C	C	I
Control de ejecución en campo con BIM 360	R	I	A	C	I
Actualización progresiva del modelo (as-built)	R	C	I	A	I
Validación colaborativa del modelo con sesiones ICE	R	A	C	C	I
Gestión documental digital integrada (BIM 360)	R	C	C	A	I
Verificación final del	R	A	C	C	C

modelo (LOD 500)					
Verificación final del modelo (LOD 500)	R	A	C	C	C
Entrega del modelo as-built para O&M	R	C	C	A	I

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda RACI:

R: Responsable, **A:** Autoridad, **C:** Consultado, **I:** Informado

iii. Plataforma común de datos

Se implementa Autodesk BIM 360 para:

- ✓ Control documental
- ✓ Gestión de revisiones y versiones
- ✓ Seguimiento en sitio
- ✓ Acceso multiplataforma con permisos diferenciados

iv. Lineamientos de coordinación

- ✓ Reuniones ICE quincenales
- ✓ Reportes de interferencias y acuerdos documentados
- ✓ Matriz de seguimiento de conflictos y resoluciones
- ✓ Validaciones por paquete constructivo

v. Protocolos de modelación

- ✓ Estructura estandarizada de carpetas y archivos
- ✓ Nomenclatura basada en ISO 19650 adaptada

- ✓ LOD 400 para modelo inicial hasta LOD500 para modelo as-built
- ✓ Inclusión de parámetros para operación y mantenimiento

vi. Evaluación de madurez BIM

Se aplicará una matriz de madurez al inicio y fin del proyecto. Esta evaluará:

- ✓ Organización y gobernanza
- ✓ Procesos y flujos de trabajo
- ✓ Tecnología implementada
- ✓ Resultados en productividad y coordinación

vii. Gestión contractual y cláusulas NEC

- **Cláusula Z.XX – Implementación BIM:** El Contratista deberá implementar el Plan de Ejecución BIM (PEB) incluido como Anexo [X]. Su cumplimiento es obligatorio para la validación de entregables y la certificación de pagos.
- **Cláusula Z.XY – Entregables Digitales BIM:** Los entregables digitales requeridos (modelos 4D, reportes de interferencias, modelo final as-built y documentación en CDE) deben cumplir los estándares definidos en el Anexo [Y]. La validación de estos será prerequisite para certificaciones.
- **Cláusula Z.XZ – Costos asociados a BIM:** Los costos BIM se incluyen en el Anexo de Costos bajo “Servicios Digitales de Coordinación”, detallando horas-hombre, licencias y soporte técnico.
- **Cláusula Z.XW – Validación del modelo y revisiones periódicas:** El Contratista presentará actualizaciones mensuales del modelo, conforme al cronograma. El

Supervisor evaluará cada entrega en base a criterios de avance físico y resolución de conflictos.

- **Cláusula Z.XV – Roles y responsabilidades BIM:** Las funciones de cada parte están definidas en la matriz RACI .Cualquier ajuste deberá ser consensuado en sesiones ICE y formalizado en actas.
- **Cláusula Z.XU – Incentivos y penalidades:** El cumplimiento de entregables BIM en tiempo y forma dará lugar a un bono de cumplimiento. Incumplimientos injustificados se penalizarán según cláusula X20.



Anexo C: Lista De Expertos Profesionales

A continuación, se presenta la lista de expertos encuestados para la evaluación del método Delphi y sus características profesionales.

Tabla C 1

Lista de característica de expertos encuestados para validación de propuesta BIM.NEC.

Ítem	Profesión	Grado Académico	Especialidad	Años de Experiencia
1	Ing. Civil	Magister	Construction Management	+10 años
2	Ing.Civil	Magister	Project Management	+10 años
3	Ing.Civil	Magister	Project Management	+20 años
4	Ing.Civil	Magister	Project Management	+20 años
5	Ing. Hidraulico	MBA	Dirección de proyectos	+20 años

Fuente: Elaboración propia.

Anexo D: Primera Ronda Método Delphi

A continuación, se presentan las primeras 15 preguntas realizadas en la primera ronda del método Delphi según cada sección.

Tabla D 1
Preguntas primera ronda Método Delphi

Sección	Pregunta
Evaluación del alcance del Plan BIM-NEC	1. ¿Qué tan adecuada considera la propuesta de implementar un PEB como instrumento obligatorio para gestionar colaborativamente la ejecución de un proyecto de saneamiento bajo un contrato NEC Opción F?
	2. ¿Qué tan adecuado considera el alcance definido para el PEB en relación con las necesidades de control durante la ejecución de proyectos de saneamiento?
	3. ¿Qué tan adecuado considera la selección de los usos BIM definidos en el plan para mejorar la gestión de la ejecución de proyectos de reubicación de redes?
	4. ¿Está de acuerdo con que la validación de los entregables BIM sea una condición contractual previa a la certificación de pagos en contratos NEC?
	5. ¿Qué tan efectivo considera el esquema de roles y validaciones colaborativas (matriz RACI + sesiones ICE) para asegurar la calidad de los entregables BIM?
Implementación en la etapa de ejecución	6. ¿Qué tan adecuada considera la frecuencia mensual para la actualización del modelo BIM durante la ejecución del proyecto?
	7. ¿Qué tan efectiva considera la implementación de ACC para mejorar el control y supervisión en campo durante la ejecución?
	8. ¿Qué tan útil considera la compilación de documentos mediante una plataforma común para asegurar la trazabilidad y acceso oportuno a la información?
	9. ¿Qué tan viable considera alcanzar un LOD 500 en el modelo as-built como entregable contractual en este tipo de proyectos?
	10. ¿Qué tan eficaz considera el proceso de validación progresiva del modelo BIM durante la ejecución mediante sesiones colaborativas (ICE) entre las partes?
Viabilidad dentro de un marco contractual NEC	11. ¿Qué tan adecuada considera la inclusión de cláusulas Z específicas para regular la implementación BIM dentro de un contrato NEC?
	12. ¿Qué tan importante considera que los costos BIM estén explícitamente reconocidos y desglosados en el contrato?
	13. ¿Qué tan efectiva considera la inclusión de incentivos y penalidades para asegurar el cumplimiento de los entregables BIM?
	14. ¿Qué tan útil considera la aplicación de una matriz de evaluación de madurez BIM para medir el impacto de la implementación en el proyecto?
	15. En su opinión, ¿qué tan aplicable considera el modelo de implementación BIM-NEC propuesto para otros proyectos de reubicación de redes o saneamiento urbano?

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E: Segunda Ronda Método Delphi

A continuación, se presentan las preguntas realizadas en la segunda ronda del método

Delphi según cada sección.

Tabla E 1

Preguntas segunda ronda Método Delphi

Preguntas 1era Ronda	Preguntas replanteadas para la 2da Ronda
4. ¿Está de acuerdo con que la validación de los entregables BIM sea una condición contractual previa a la certificación de pagos en contratos NEC?	4. Incluir la validación técnica de modelos BIM como requisito contractual para certificar valorizaciones permite una trazabilidad objetiva y evidencia técnica del avance físico. ¿Qué tan apropiado considera este enfoque para garantizar transparencia y control en la gestión de valorizaciones bajo contratos NEC?
7. ¿Qué tan efectiva considera la implementación de ACC para mejorar el control y supervisión en campo durante la ejecución?	7. La propuesta plantea centralizar toda la información del proyecto (planos, actas, modelos, entregables) en una sola plataforma digital accesible desde cualquier dispositivo, lo que permitiría un mejor seguimiento, control y acceso a la información en obra. ¿Qué tan útil considera esta estrategia de centralizar la documentación del proyecto en una plataforma digital para facilitar la supervisión y el control durante la ejecución?
8. ¿Qué tan útil considera la compilación de documentos mediante una plataforma común para asegurar la trazabilidad y acceso oportuno a la información?	8. La propuesta plantea que el expediente final del proyecto incluya un modelo digital detallado que refleje exactamente lo construido, con información útil para el mantenimiento y operación de las redes (el alcance de este modelo digital 3D es LOD500). ¿Qué tan favorable considera que se entregue un modelo digital completo y validado al final de la obra, como parte del expediente técnico contractual, en proyectos de saneamiento?

Fuente: Elaboración propia.

