

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE USO BIM EN UN PROYECTO PÚBLICO  
DE SANEAMIENTO DURANTE LA ETAPA DE EJECUCIÓN, 2021.**

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

**AUTORES:**

Jorge Alejandro Dávila Anchiraico

Carlos Fernando Polo Fernandez

**ASESOR:**

Miguel Ángel Lozano Vargas

Lima, Noviembre, 2022

## Informe de Similitud

Yo, Miguel Angel Lozano Vargas, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulado:

Propuesta de un plan de uso BIM en un proyecto público de saneamiento durante la etapa de ejecución, 2021.

De los autores:


Jorge Alejandro Dávila Anchiraico.

Carlos Fernando Polo Fernández.

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **17/01/2023**.
- 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, 17 de Enero del 2023

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Lozano Vargas Miguel Angel</u>	
DNI: 41640078	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-6238-9400">https://orcid.org/0000-0001-6238-9400</a>	

## RESUMEN

De acuerdo con la información recogida de los reportes elaborados el año 2021 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, alrededor de 4.6 millones de peruanos aún no cuentan con agua potable en sus viviendas y cerca de 9.2 millones carecen del servicio de alcantarillado. Este desabastecimiento de servicios básicos de primera necesidad, incide negativamente en la economía y salud de las familias peruanas expuestas a esta brecha sanitaria y social, la cual viene siendo atendida por el gobierno a través de proyectos de inversión pública, los cuales permitirían alcanzar una cobertura integral de este servicio.

La mayoría de obras públicas de saneamiento en el país presentan diversos problemas en su ejecución, siendo, uno de los principales, la inadecuada gestión al desarrollar cada uno de estos proyectos. Esta dificultad es ocasionada por las incompatibilidades o deficiencias del expediente técnico, indisponibilidad de partidas a ejecutar, intercambio ineficiente de información, manejo nulo de las partes involucradas y retrasos en la absolución de consultas, lo que conlleva a no cumplir con los plazos establecidos en los contratos y a la incursión en mayores gastos de operación, perjudicando a la empresa ejecutora y a la población (MVCS, 2018).

Para poder solucionar este problema, existen diversas estrategias que permiten mejorar la gestión en los proyectos de construcción, siendo una de estas la metodología Building Information Modelling (BIM), cuyo objetivo es organizar todos los datos en un modelo de información digital creado por todas las partes involucradas del proyecto en desarrollo. Esta técnica, permite una gestión integral y una adecuada ejecución de las inversiones públicas y/o privadas en infraestructura, ya que incorpora un mayor control de los procesos de todas las fases del ciclo de vida de los proyectos, logrando disminuir su variabilidad (MEF, 2021) y por ende aumentando notablemente la productividad en la ejecución.

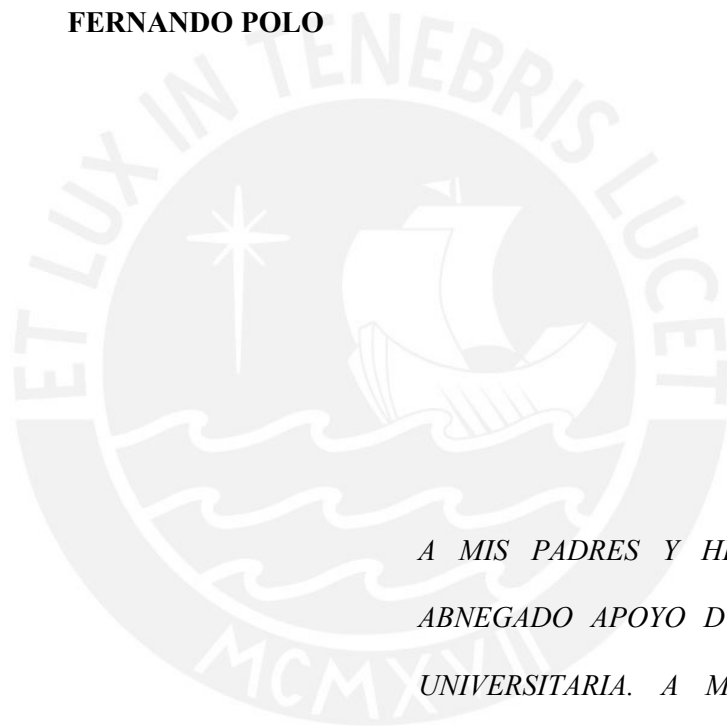
A pesar de que esta metodología viene siendo la más utilizada a nivel global por reconocidas empresas constructoras, su aplicación en el Perú aún se encuentra en un proceso inicial de adopción por las Micro y/o Pequeñas empresas contratistas peruanas (Murguía, 2021). No obstante, el Ministerio de Economía y Finanzas busca poner en marcha una medida política llamada “Plan BIM Perú”, la cual define la estrategia nacional y los parámetros para la implementación progresiva de la adopción y uso de BIM en cada fase de los proyectos de desarrollados por las entidades públicas.

La presente tesis surge con la finalidad de brindar una iniciativa para el uso de la metodología BIM, a través de la propuesta de un Plan para el uso de BIM dirigido a una obra pública de saneamiento en específico en su etapa de ejecución.

El desarrollo de esta investigación comienza con la identificación del problema, el cual es la inadecuada gestión de las obras públicas en el Perú. Para poder contrarrestar esta dificultad, se realiza una revisión de la literatura acerca de la gestión de proyectos y una estrategia para combatir el problema identificado: BIM. Luego, se establecen las variables más relevantes que influyen en la gestión de los proyectos, las cuales se validan con expertos. Posteriormente, se confecciona un cuestionario con el cual se realizará entrevistas al staff de profesionales del caso de estudio, con el objetivo de determinar las técnicas o herramientas de gestión de proyectos valorados y los problemas identificados por los mismos. Con la información obtenida, se evalúa un esquema conceptual de usos BIM con los factores valorados del caso de estudio y, finalmente, se elabora una propuesta preliminar de un Plan para el uso de BIM, el cual será validado a través de una entrevista a expertos, quienes brindan observaciones y recomendaciones para mejorar, optimizar y presentar el Plan final para el uso de BIM en un proyecto público de saneamiento en específico durante su etapa de ejecución.

*EN RECONOCIMIENTO AL ALIENTO Y  
COMPRENSIÓN, DEDICO ESTA TESIS A MIS  
PADRES CARLOS Y CARMELA, Y  
ESPECIALMENTE A MI HERMANA PAU.*

**FERNANDO POLO**



*A MIS PADRES Y HERMANOS POR SU  
ABNEGADO APOYO DURANTE MI ETAPA  
UNIVERSITARIA. A MIS ABUELOS QUE  
DESDE ARRIBA CUIDAN Y GUÍAN MIS  
PASOS.*

**JORGE DÁVILA**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....</b>	<b>8</b>
1.1. ANTECEDENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.1.1. Porcentaje de la población urbana sin acceso al servicio de agua potable:.....	8
1.1.2. Porcentaje de horas al día sin servicio de agua potable.....	9
1.1.3. Porcentaje de la población urbana sin acceso a servicios de alcantarillado:.....	10
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.3.1. Objetivo General.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
<b>2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	16
2.1.1. BIM aplicado proyectos hídricos en el mundo.....	16
2.1.2. BIM en el Perú.....	19
2.1.3. Proyectos Públicos de saneamiento en el Perú.....	20
2.2. DEFINICIONES BÁSICAS.....	21
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.3.1. Gestión de proyectos.....	23
2.3.1.1. Planificación del cronograma en la ejecución de proyectos de construcción.....	27

2.3.1.2.	Seguimiento y control en la ejecución de proyectos de construcción.....	30
2.3.1.3.	Partes involucradas en la ejecución de proyectos de construcción .....	32
2.3.2.	<i>Building Information Modeling</i> .....	32
2.3.2.1.	Definición de BIM.....	33
2.3.2.2.	Dimensiones BIM.....	33
2.3.2.3.	Nivel de desarrollo (LOD).....	35
2.3.2.4.	Usos BIM.....	37
2.3.2.5.	Reuniones colaborativas ICE.....	40
2.3.2.6.	Entorno de datos compartidos (CDE).....	41
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>43</b>
3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.2.	ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.3.	RECOPIACIÓN DE DATOS .....	45
3.4.	INSTRUMENTO.....	45
3.4.1.	<i>Criterios de inclusión de factores de evaluación</i> .....	46
3.4.1.1.	Generalidades: .....	47
3.4.1.2.	Gestión de proyectos en la etapa de ejecución:.....	47
3.4.1.3.	Metodología BIM: .....	48
3.4.2.	<i>Propuesta de entrevista inicial</i> .....	50
3.4.3.	<i>Validez del instrumento o juicio de expertos</i> .....	50
3.4.4.	<i>Propuesta de entrevista final</i> .....	55
3.5.	CASO DE ESTUDIO .....	55
3.5.1.	<i>Descripción del proyecto</i> .....	55
3.5.1.1.	Antecedentes del proyecto de saneamiento .....	55
3.5.1.2.	Viabilidad del proyecto de inversión pública .....	55
3.5.1.3.	Descripción técnica del proyecto .....	56

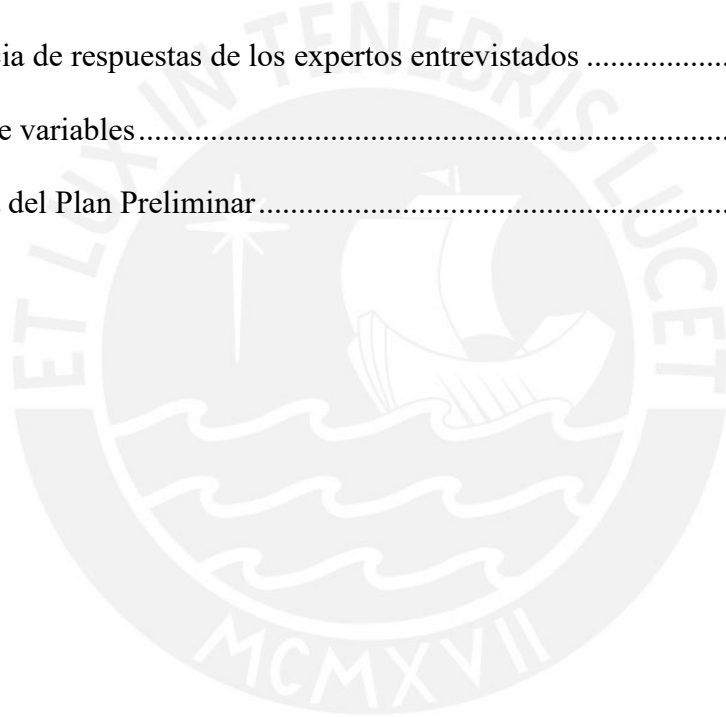
3.5.2.	<i>Perfil de los entrevistados</i> .....	57
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b> .....	<b>59</b>
4.1.	RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS.....	59
4.1.1.	<i>Entrevista realizada a P-1</i> .....	59
4.1.2.	<i>Entrevista realizada a P-2</i> .....	62
4.1.3.	<i>Entrevista realizada a P-3</i> .....	65
4.1.4.	<i>Entrevista realizada a P-4</i> .....	68
4.1.5.	<i>Entrevista realizada a P-5</i> .....	71
4.2.	ANÁLISIS GLOBAL.....	73
4.3.	ANÁLISIS TRANSVERSAL DEL CASO DE ESTUDIO .....	75
4.3.1.	<i>Sección Generalidades</i> .....	75
4.3.1.1.	Identificación del proyecto .....	75
4.3.1.2.	Magnitud del proyecto .....	76
4.3.1.3.	Etapas del proyecto.....	76
4.3.2.	<i>Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</i> .....	76
4.3.2.1.	Variable: Planificación .....	77
4.3.2.2.	Variable: Seguimiento y control.....	77
4.3.2.3.	Variable: Partes involucradas .....	78
4.3.2.4.	Problemas en la ejecución del proyecto.....	79
4.3.3.	<i>Sección BIM</i> .....	81
4.4.	ESQUEMA CONCEPTUAL: APLICACIÓN BIM EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	82
4.4.1.	<i>Planificación</i> .....	84
4.4.2.	<i>Seguimiento y control</i> .....	86
4.4.3.	<i>Partes involucradas</i> .....	88
4.4.4.	<i>Problemas en la ejecución del proyecto</i> .....	89
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO V: PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL USO DE BIM</b> .....	<b>91</b>



5.1.	PLAN DE USO BIM PRELIMINAR .....	91
5.2.	VALIDACIÓN DEL PLAN .....	95
5.3.	PLAN DE USO BIM FINAL .....	99
5.3.1.	<i>PASO 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos: .</i>	<i>100</i>
5.3.1.1.	Personas .....	100
5.3.1.2.	Herramientas e instrumentos .....	102
5.3.1.3.	Procesos .....	103
5.3.2.	<i>PASO 02: Construcción del Modelo BIM</i> .....	<i>104</i>
5.3.2.1.	Dimensiones BIM .....	104
5.3.2.2.	Nivel de desarrollo (LOD) .....	119
5.3.3.	<i>PASO 03: Desarrollo de herramientas BIM</i> .....	<i>123</i>
5.3.3.1.	Reuniones colaborativas ICE .....	123
5.3.3.2.	Entorno de datos compartidos .....	128
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>134</b>
6.1.	CONCLUSIONES .....	134
6.2.	RECOMENDACIONES .....	138
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>139</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>144</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Brecha de cobertura de agua potable – Urbano .....	9
<b>Tabla 2:</b> Brecha de calidad de servicio de agua potable (horas/día).....	10
<b>Tabla 3:</b> Brecha de cobertura del servicio de alcantarillado urbano.....	10
<b>Tabla 4:</b> Usos BIM que intervengan en la etapa de ejecución.....	38
<b>Tabla 5:</b> Factores de la investigación clasificados por secciones.....	49
<b>Tabla 6:</b> Divergencia de respuestas de los expertos entrevistados .....	54
<b>Tabla 7:</b> Análisis de variables.....	80
<b>Tabla 8:</b> Estructura del Plan Preliminar.....	94



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Razones de paralización de las obras en el Perú.....	11
<b>Figura 2:</b> Nivel de adopción BIM de acuerdo con el tamaño de la empresa constructora .....	13
<b>Figura 3:</b> Uso de BIM por tipo de proyecto.....	16
<b>Figura 4:</b> Nivel de implementación de BIM en el mundo. ....	18
<b>Figura 5:</b> Factores que influyen en la productividad de obras civiles. ....	26
<b>Figura 6:</b> Fuentes de pérdidas en procesos de construcción. ....	27
<b>Figura 7:</b> Ejemplo de Diagrama de Gantt.....	29
<b>Figura 8:</b> Diagrama de precedencia .....	30
<b>Figura 9:</b> Nivel de desarrollo (LOD).....	36
<b>Figura 10:</b> Nivel de desarrollo, incluyendo al LOD 350 .....	37
<b>Figura 11:</b> Comunicación: Sistema tradicional vs BIM. ....	41
<b>Figura 12:</b> Estructura de la investigación. ....	44
<b>Figura 13:</b> Análisis de los Problemas en la ejecución .....	79
<b>Figura 14:</b> Esquema conceptual: Factores Relevantes vs. Conceptos BIM .....	83
<b>Figura 15:</b> LIKERT - Paso 01.....	97
<b>Figura 16:</b> LIKERT - Paso 02.....	97
<b>Figura 17:</b> LIKERT - Paso 03.....	98
<b>Figura 18:</b> LIKERT - Plan general .....	98
<b>Figura 19:</b> Hoja de Ruta final del Plan para el uso de BIM.....	99
<b>Figura 20:</b> Vista general del modelo del reservorio .....	105
<b>Figura 21:</b> Vista específica del modelo de estructuras del reservorio. ....	106
<b>Figura 22:</b> Vista de coordinación para identificación de incompatibilidades.....	106

<b>Figura 23:</b> Detección de Incompatibilidades con el expediente técnico y replanteo.....	107
<b>Figura 24:</b> Detección de interferencias usando el software Navisworks Manage.....	108
<b>Figura 25:</b> Sectorización para secuencia de ejecución de trabajos.....	109
<b>Figura 26:</b> Modelo federado en Navisworks para la simulación en Ms Preoject .....	110
<b>Figura 27:</b> Modelo de Lookahead para la programación semanal.....	112
<b>Figura 28:</b> Modelo de avance de obra.....	113
<b>Figura 29:</b> Uso de metrados BIM para el control del Cronograma .....	114
<b>Figura 30:</b> Control del Cronograma.....	115
<b>Figura 31:</b> Ejemplo de tabla de obtención de metrados de volúmenes de concreto.....	116
<b>Figura 32:</b> Planificación de Costos.....	116
<b>Figura 33:</b> Ejemplo de tabla de obtención de metrados de volúmenes de concreto.....	117
<b>Figura 34:</b> Valorización con el sustento de metrados obtenidos con Revit.....	118
<b>Figura 35:</b> Ejemplo de nivel de detalle en modelado BIM (LOD 300).....	120
<b>Figura 36:</b> Ejemplo parámetros principales para obras de concreto armado.....	121
<b>Figura 37:</b> Ejemplo parámetros para apoyo de las obras de concreto armado .....	121
<b>Figura 38:</b> Ejemplo parámetros principales para líneas de tuberías .....	122
<b>Figura 39:</b> Matriz Poder/Interés – Caso de estudio .....	124
<b>Figura 40:</b> Layouts que promueven ICE.....	126
<b>Figura 41:</b> Interfaz del programa BIM Collaborate Pro (Docs). .....	129
<b>Figura 42:</b> Common data environment (CDE) concept.....	130
<b>Figura 43:</b> Código de status para los contenedores de información. ....	132

## Capítulo I: GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes para la identificación del problema

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), a través de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones, ha elaborado y actualizado el Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos en el Perú. Este diagnóstico evalúa distintos indicadores con la finalidad de orientar la asignación de recursos públicos a proyectos que provean la infraestructura necesaria para el desarrollo del país y así reducir la brecha de los servicios básicos. Cabe recalcar que, para fines de esta investigación, se recogió la información del departamento en el que se está desarrollando el caso de estudio, obteniéndose lo siguiente:

#### *1.1.1. Porcentaje de la población urbana sin acceso al servicio de agua potable:*

En base a las proyecciones de población nacional al 2019 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), de un total de 21,991,230 habitantes, el 90.75% de la población contaba con el servicio de agua potable. Realizando una evaluación departamental, Apurímac tiene una brecha del 13.53%, como se evidencia en la Tabla N°1:

**Tabla 1***Brecha de cobertura de agua potable – Urbano*

<b>Línea Base - 2019</b>				
DEPARTAMENTO	<i>Población Urbana</i>	<i>Población con acceso</i>	<i>Población sin acceso</i>	<i>Brecha (%)</i>
<b>PERÚ</b>	24,527,353	20,038,773	4,488,580	18.30%
<b>Apurímac</b>	180,712	156,253	24,459	13.53%

*Adaptado del Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento (MVCS, 2021).*

### **1.1.2. Porcentaje de horas al día sin servicio de agua potable**

Según la información de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), una prestación de agua potable en óptimas condiciones debe ser continua y permanente las 24 horas del día; al no suministrar de manera continua e ilimitada el agua potable, se induce al almacenamiento de esta, afectando de manera negativa la calidad del agua. El estudio realizado por SUNASS proporciona las horas que faltan implementar el agua potable en los distintos departamentos del país como se observa en la Tabla N°2:

**Tabla 2***Brecha de calidad de servicio de agua potable (horas/día)*

<b>Línea Base - 2019</b>				
DEPARTAMENTO	<i>Demandado al 2019 (horas)</i>	<i>Implementado al 2019 (horas)</i>	<i>Por implementar (horas)</i>	<i>Brecha (%)</i>
<b>Apurímac</b>	24	21.57	2.43	10.13%

*Adaptado del Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento (MVCS, 2021).*

### **1.1.3. Porcentaje de la población urbana sin acceso a servicios de alcantarillado:**

El diagnóstico indica que, del total de la población urbana (21,991,230 habitantes), solo el 59.4% contaba con el servicio de alcantarillado. Realizando la evaluación departamental, Apurímac presenta una brecha del 19.02%, como se evidencia en la Tabla N°3:

**Tabla 3***Brecha de cobertura del servicio de alcantarillado urbano*

<b>Línea Base - 2019</b>				
DEPARTAMENTO	<i>Población Urbana</i>	<i>Población con acceso</i>	<i>Población sin acceso</i>	<i>Brecha (%)</i>
<b>PERÚ</b>	24,527,353	20,038,773	4,488,580	18.30%
<b>Apurímac</b>	180,712	146,344	34,368	19.02%

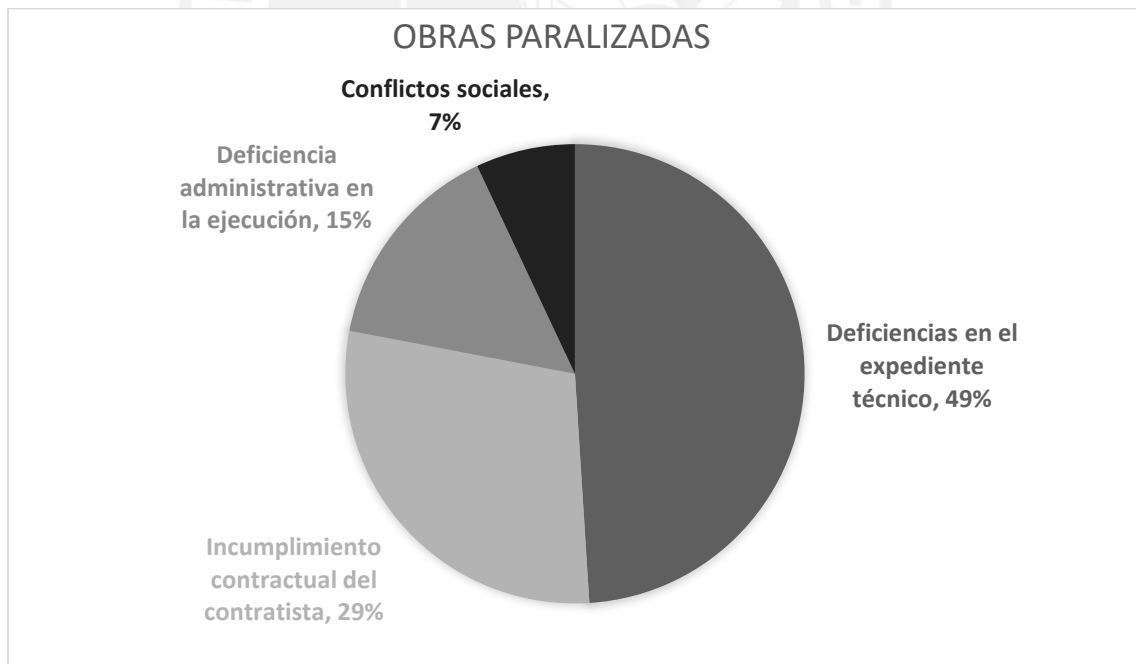
*Adaptado del Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento (MVCS, 2021).*

## 1.2. Planteamiento y formulación del problema

El gobierno peruano, a través de proyectos de infraestructura de inversión pública, viene realizando esfuerzos para cubrir la demanda de agua potable y alcantarillado de las comunidades que aún carecen de estos servicios. Pese a esto, según información obtenida en el Plan Nacional de Saneamiento Urbano, existen 88 proyectos paralizados y/o retrasados, con un presupuesto de más de 1714 millones de soles (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). Estas paralizaciones se deben principalmente a deficiencias en el expediente técnico, incumplimiento contractual por parte del contratista, deficiencia administrativa en la ejecución y conflictos sociales, con una recurrencia distribuida en la Figura N°1:

**Figura 1:**

*Razones de paralización de las obras en el Perú*



*Adaptado de: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021).*

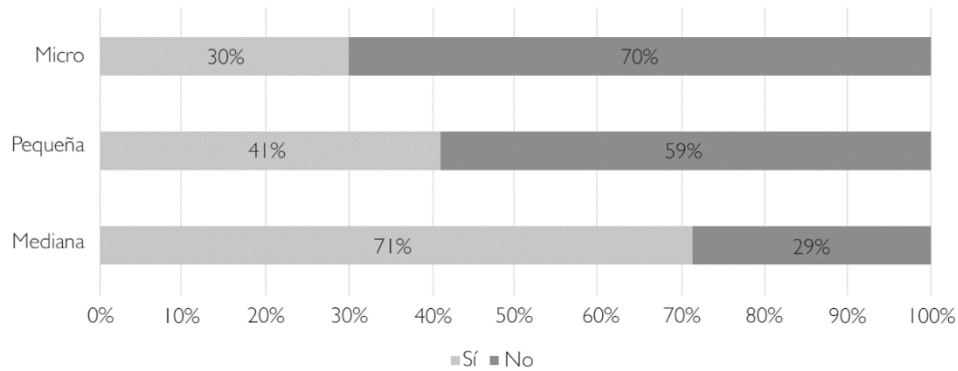


Del gráfico, es posible formular que las razones por las cuales se paralizan las obras podrían compartir un mismo origen: **La inadecuada gestión de los proyectos públicos en el Perú**. Es factible proponer esto, ya que la gestión de proyectos se define como la disciplina de hacer uso de distintos procedimientos para guiar con éxito una obra, desde su concepción hasta su finalización, lo cual, una obra al ser paralizada, no logra alcanzar una correcta o adecuada gestión de proyectos. A esto se les suma que, con el pasar de los años, los proyectos se hacen cada vez más complejos y exigentes, con plazos de entrega y presupuestos muy ajustados.

Una de las soluciones que se viene utilizando, es la implementación de la metodología BIM en la gestión de proyectos. Esta busca mejorar la gestión de las obras mediante una reducción notable de los plazos y los costos, aumentando la productividad y reduciendo el grado de incertidumbre con la finalidad de alcanzar el aspecto más perseguido en los proyectos de construcción: el cumplimiento de los objetivos (Ogbamwen, 2016). Sin embargo, al ser una metodología relativamente reciente en nuestro país, y considerando la limitación tecnológica existente, el nivel de adopción BIM de la gran mayoría de las empresas constructoras peruanas no es lo suficientemente importante. Según Murguía (2021), el nivel de adopción BIM en proyectos de edificación ubicados en Lima y Callao es considerablemente menor cuando la constructora es micro o pequeña empresa, teniendo como indicador de tamaño el número de empleados administrativos, sin contar a los obreros. (p. 12). En la Figura N°2, se puede apreciar el porcentaje de adopción BIM de acuerdo al tamaño de la empresa del segundo estudio de adopción BIM del autor mencionado:

**Figura 2:**

*Nivel de adopción BIM de acuerdo con el tamaño de la empresa constructora*



*Adaptado de: Segundo estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao (Murguía, 2021).*

Pese a que este estudio está basado netamente en proyectos de edificación, es posible indicar que sus resultados sirven como referencia para notar el gran retraso que existe respecto a la adopción BIM en el Perú y más aún si se tratan de proyectos distintos a los más comunes ejecutados en la capital peruana.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Proponer un plan de uso BIM en un proyecto público de saneamiento durante la etapa de ejecución, 2021.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las variables y herramientas relevantes de gestión de proyectos y los usos BIM para aplicarlos durante la etapa de ejecución en proyectos públicos de saneamiento.
- Determinar las técnicas o herramientas de gestión de proyectos valorados por el staff de obra del caso de estudio e identificar los problemas más relevantes.

- Desarrollar un esquema conceptual de usos BIM con los factores valorados del caso de estudio.

#### **1.4. Justificación**

En el país, existe una brecha importante en el abastecimiento de agua potable y el servicio de redes de alcantarillado, razón por la cual, a lo largo de los años, se viene invirtiendo un presupuesto considerable en la construcción de dicha infraestructura (MVCS, 2021). Sin embargo, a pesar de la iniciativa del gobierno peruano para satisfacer esta necesidad, existe un gran número de proyectos paralizados en todo el país, evidenciando la inadecuada gestión de proyectos en la ejecución de las obras de inversión pública en el Perú.

Es por ello que, en el Perú, las principales y grandes empresas constructoras están adoptando la metodología BIM para incrementar su productividad (Almeida, 2019) y gestionar de manera más eficiente distintos proyectos de infraestructura; no obstante, para empresas de pequeña o mediana magnitud, sigue siendo insuficiente la adopción de BIM (Murguía, 2020), debido a que su uso no es obligatorio en proyectos de mediana o pequeña magnitud, específicamente si se tratan de obras de saneamiento. Por lo tanto, al hacer uso de esta metodología en las constructoras peruanas, se lograría que la gestión de la ejecución de este tipo de proyectos mejore, conllevando a que los plazos de ejecución se acorten, se disminuyan las incompatibilidades del expediente contractual y se resuelvan de manera mucho más dinámica los problemas técnicos que se presentan en la obra.

### **1.5. Alcances y limitaciones de la investigación**

La investigación realizada en el presente trabajo busca brindar una iniciativa para el uso de BIM en obras de saneamiento, con la finalidad de que se mejore la gestión de los proyectos de saneamiento en su etapa de ejecución y, consecuentemente, se logre concluir la obra con la calidad y plazo establecidos en beneficio de la empresa contratista y la población.

Esta investigación se limita a un proyecto en específico denominado: “Ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de los ocho barrios urbano marginales de la localidad de Curahuasi, distrito de Curahuasi - Abancay - Apurímac.”, el cual viene siendo ejecutado por una empresa constructora (pequeña) la cual utiliza métodos tradicionales para la ejecución y gestión de la obra. Es así que, esta innovación dentro de la empresa contratista, ayudará a identificar de manera clara las ventajas de un posible uso de BIM al recoger las impresiones del personal involucrado y/o profesionales a cargo del proyecto.

## Capítulo II: MARCO TEÓRICO

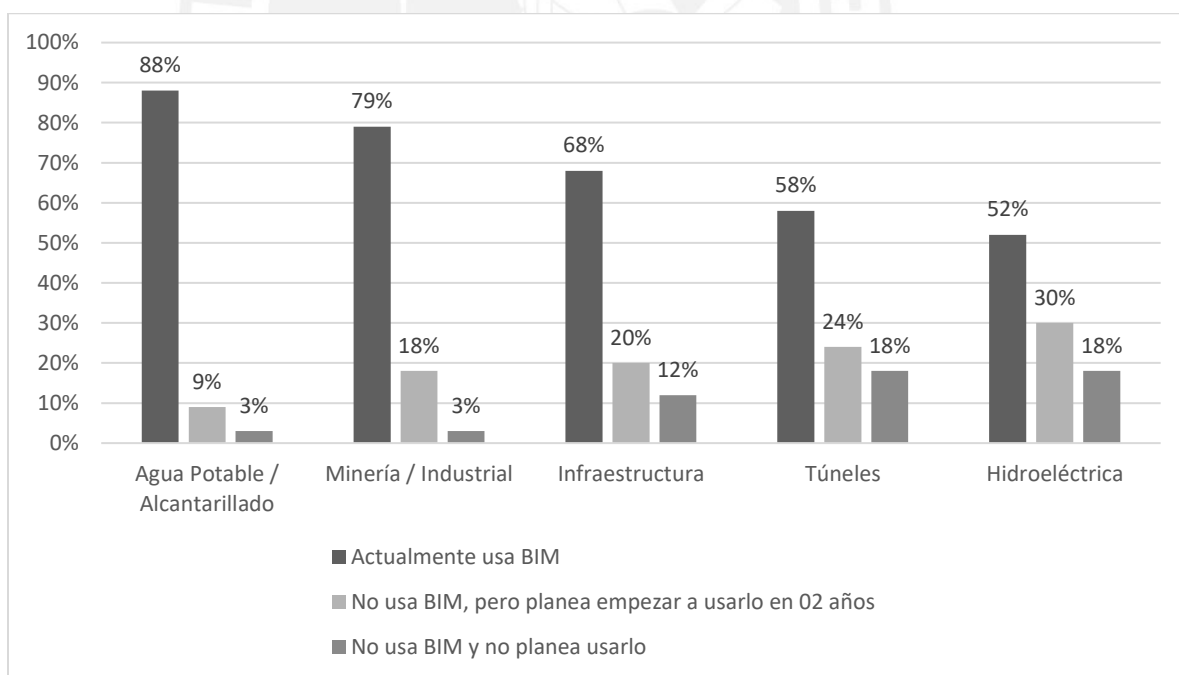
### 2.1. Revisión de la literatura

#### 2.1.1. BIM aplicado proyectos hídricos en el mundo

En el 2018, Dodge Data & Analytics realizó un estudio en el que participaron alrededor de 74 ingenieros, contratistas y propietarios, los cuales provienen de distintas empresas de América del Norte, Asia y Europa, que ya vienen utilizando modelos de información (BIM) en la industria de la construcción. Uno de los resultados más resaltantes, con respecto a los distintos tipos de proyectos existentes, fue el porcentaje de uso actual de BIM en los proyectos hídricos, como se detalla en la figura N°3:

**Figura 3:**

*Uso de BIM por tipo de proyecto.*



*Adaptado de: The Business Value of BIM for Water Projects. (Dodge Data & Analytics, 2018)*

El recibimiento de la metodología BIM en los proyectos de agua potable y alcantarillado fue lo suficientemente importante, que se logró precisar cuáles son las principales actividades con las que se involucra esta metodología. Entre las más utilizadas están la creación de planos de licitación/ejecución, la detección y evasión de incompatibilidades, la integración del presupuesto y la gestión de activos. Todas estas conllevan a una mejora en la precisión y eficiencia durante las fases de licitación y ejecución, ya que los contratistas podrían utilizar directamente el modelo BIM para **estimar la cantidad de insumos, secuenciar o planificar el trabajo, intercambiar información, gestionar los involucrados**, etc.

En cuanto a los beneficios de la adopción BIM, de acuerdo con Guy Voss, director comercial de McCarthy Building Companies Inc., desde hace unos 4 o 5 años, la industria de proyectos hídricos en Estados Unidos ha madurado exponencialmente en la adopción y utilización de la metodología BIM (Dodge Data & Analytics, 2018). Esta madurez conllevó a percibir distintos beneficios, siendo los principales: **una mejor comunicación y coordinación entre las partes involucradas** (colaboración), mayor eficacia en el diseño y la construcción de los proyectos (satisfacción al cliente), y una manera mucho más rápida de **identificar y resolver los problemas** (rentabilidad).

Por otro lado, según el estudio realizado por Wei y otros (2017), la aplicación de la metodología BIM en proyectos de saneamiento es cada vez más frecuente en la industria de construcción china. Entre los motivos de esta adopción, se encuentran la facilidad que ofrece el **modelo colaborativo y virtual** para cumplir los estándares de los proyectos actuales, que cada vez son más exigentes en cuanto a diseño y plazo. Esto concuerda con el artículo de Li y Jing (2017), quienes señalan que esta metodología proporciona una nueva forma de pensar en la **gestión e integración de la información** para la construcción en el sector sanitario. Entre las ventajas más



### **2.1.2. BIM en el Perú**

Como se observó en la Figura N°4, en el Perú, el uso de BIM se da por iniciativas independientes y aisladas, en su gran mayoría, por empresas privadas. Además, este se limita solo a proyectos de la industria inmobiliaria, enfocándose a las herramientas BIM del sector arquitectónico; en cambio, para proyectos de infraestructura, es poco utilizada e incluso poco conocida. Es por eso que, para poder implementar esta metodología en nuestro país, el sector público (gobierno) juega un rol muy importante, ya que, es el encargado de fomentar la aplicación y el desarrollo de esta metodología en la gran cantidad de proyectos que licita.

En el año 2019, se aprobó El Plan Nacional de Competitividad y Productividad, el cual tiene como Medida Política la adopción progresiva de la metodología BIM en el sector público (Plan BIM Perú). Esta define la estrategia nacional para la implementación progresiva de BIM en los procesos de las fases de los proyectos y tiene por objetivo principal garantizar una óptima ejecución de las inversiones de edificaciones e infraestructura desde el sector público. Si bien, el Perú aún está iniciando a establecer de manera adecuada cada una de las líneas estratégicas propuestas por el plan, es importante construir un marco colaborativo entre todas las empresas de construcción y el gobierno para desarrollar los estándares y documentos que sirvan como hito para los proyectos venideros.

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2021), la Guía Nacional BIM es un documento que tiene como objetivo definir y estandarizar los conceptos referidos a la gestión de la información BIM en el desarrollo de las inversiones. Asimismo, conduce y orienta en la explicación y el cumplimiento de las Normas Técnicas Nacionales y estándares relacionados a BIM, las cuales proporcionan estructura y coherencia a la gestión de la información, permitiendo elaborar e intercambiar información de manera efectiva y eficiente. (p. 18-19). Este documento



puede ser utilizado dentro del sector construcción, principalmente para las entidades y empresas públicas que desarrollen proyectos aplicando la metodología BIM, en los tres niveles de gobierno.

### **2.1.3. *Proyectos Públicos de saneamiento en el Perú***

El estado peruano, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) elaboró el Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, como el instrumento de implementación de la política nacional de saneamiento y de la norma marco del sector. Este plan articula y vincula las acciones del sector de saneamiento, a fin de alcanzar, en esos cinco años, el acceso y la cobertura universal a los servicios de saneamiento de manera sostenible. A su vez, realiza evaluaciones periódicas de la situación en la que se encuentran las inversiones en el sector a su cargo para verificar que se cumplan los objetivos del Plan Nacional. Dichos reportes permiten identificar qué problemas de diseño y contractuales son los que retrasan la ejecución de dichos proyectos y, además, permiten el reconocimiento de las debilidades en el proceso constructivo, lo que conllevaría a una gestión de proyectos ineficiente. A continuación, se indicarán los más relevantes:

- **Incompatibilidad en los expedientes técnicos:** presentes en la mayoría de estos proyectos debido al poco presupuesto destinado a su elaboración o la falta de experiencia de los profesionales encargados. Estas deficiencias pueden ser problemas en los planos, errores en los metrados, simplicidad en los diseños, etc., lo que implica demoras en los trabajos de la ejecución del proyecto y un aumento en los costos ante la inexactitud de las especificaciones técnicas.
- **Disponibilidad de partidas:** la indisponibilidad de partidas a ejecutar por el contratista es un problema muy frecuente en los proyectos públicos que licita el estado. Enfocándose en obras de saneamiento, las principales causas para que no se puedan ejecutar las partidas programadas son:

- Falta de permisos municipales, arqueológicos, ambientales, etc.
  - Falta de certificación presupuestal para las partidas
  - Retraso en la absolución de consultas por parte de la supervisión
  - Falta de aprobación de deductivos/vinculantes de las partidas
- **Problemas técnicos en la ejecución de la obra:** se definen como los constantes contratiempos ocasionados por trabajos rehechos, daño de materiales, demoras por error humano, entre otros, en la obra. Estos indican que el proceso constructivo aplicado en el proyecto tiene deficiencias que afectan el rendimiento y productividad de los trabajadores en las distintas partidas.
  - **Gestión de información:** proceso por el cual se intercambian datos relevantes acerca del proyecto entre las partes (Contratista/Supervisor/Entidad). En los proyectos que licita el estado, este intercambio de información se realiza mediante el Cuaderno de Obra y/o Cartas impresas. Este método es poco dinámico y en muchos casos unilateral, lo que provoca respuestas a los requerimientos de información en tiempos imprudentes.
  - **Aspecto social:** se ha identificado que otro inconveniente para la realización de las obras es el rechazo por parte de la población, la cual se ve afectada por posibles daños a la propiedad pública y privada durante la ejecución.

## 2.2. Definiciones Básicas

- **Saneamiento:** Conjunto de obras, técnicas y dispositivos encaminados a establecer, mejorar o mantener las condiciones sanitarias de un edificio o población.
- **Servicio de Agua Potable:** comprende las instalaciones de la línea de conducción, redes de distribución y las conexiones domiciliarias las cuales permiten a los beneficiarios acceder a dicho servicio.

- **Servicio de Alcantarillado:** comprende los procesos de recolección, impulsión, conducción y tratamiento de las aguas servidas.
- **Partidas:** Cada uno de los productos o servicios que conforman el presupuesto de una Obra. Estas pueden jerarquizarse según sus características.
- **Metrados:** es el cálculo o cuantificación por partidas de la cantidad de obra a ejecutar.
- **Productividad:** es un indicador de eficiencia que se obtiene de la relación entre el producto obtenido y la cantidad insumos laborales invertidos en su producción.
- **Gestión:** conjunto de acciones u operaciones relacionadas con la administración y dirección de una organización. Este concepto también se utiliza para hablar de proyectos que requieran procesos de planificación, desarrollo, implementación y control.
- **Incompatibilidad:** interferencias entre elementos constructivos, duplicidad de estos, que generan errores, retrasos y sobrecostos en obra derivados de ello.
- **Certificación presupuestal:** garantiza que se cuenta con la cobertura presupuestal suficiente y libre de afectación para comprometer un gasto con cargo al presupuesto institucional autorizado para el año fiscal respectivo.
- **Consultas a la supervisión:** absolución de preguntas planteadas por el constructor al supervisor para que pueda continuar con la ejecución de la obra. Estas son anotadas en el cuaderno de obra y de ser el caso tienen que ser elevadas al proyectista.
- **Permisos:** autorizaciones destinadas a garantizar la seguridad de los propietarios y ocupantes actuales y futuros de la propiedad mediante la aplicación de las políticas necesarias de zonificación y uso del suelo.

- **Deductivos/vinculantes:** significan la valoración económica de las menores prestaciones de obra, que fueron consideradas al comienzo, pero luego son retiradas y sustituidas por las prestaciones adicionales a las que se vinculan directamente.
- **Adicional de obra:** entregas de bienes, servicios u obras que no estaban originalmente consideradas en el contrato, en las bases integradas o en la propuesta presentada.
- **Cuaderno de obra:** es un documento firmado en todas sus páginas por el Supervisor (Por Contrata) y por el Residente de Obra. En este cuaderno se anotan los hechos más relevantes durante la ejecución de la obra
- **Licitación pública:** procedimiento administrativo para comprar suministros, contratar servicios o la ejecución de obras (construcciones) que organizan entes, organismos y entidades pertenecientes al Sector Público
- **Contrato de obra:** documento legal por el cual el contratista es obligado a hacer una obra determinada y el comitente a pagarle una retribución.
- **Look Ahead:** Cronograma de ejecución a mediano plazo que reúne un conjunto de tareas asociadas a sus restricciones para un intervalo de tiempo dado (Oroz Tito, 2015).

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. Gestión de proyectos

Una correcta gestión de proyectos se define como el uso de un conjunto de herramientas o métodos para planificar, controlar y dirigir cada una de las fases de un proyecto, con el objetivo de conseguir los resultados, metas y beneficios óptimos establecidos. Esto permite que las organizaciones realicen sus proyectos de forma eficaz y eficiente, relacionar los resultados de la operación con los objetivos planteados, competir en sus mercados y responder a los impactos causados por los cambios que puedan afectar el entorno del negocio. Por ello, la 6ta edición del

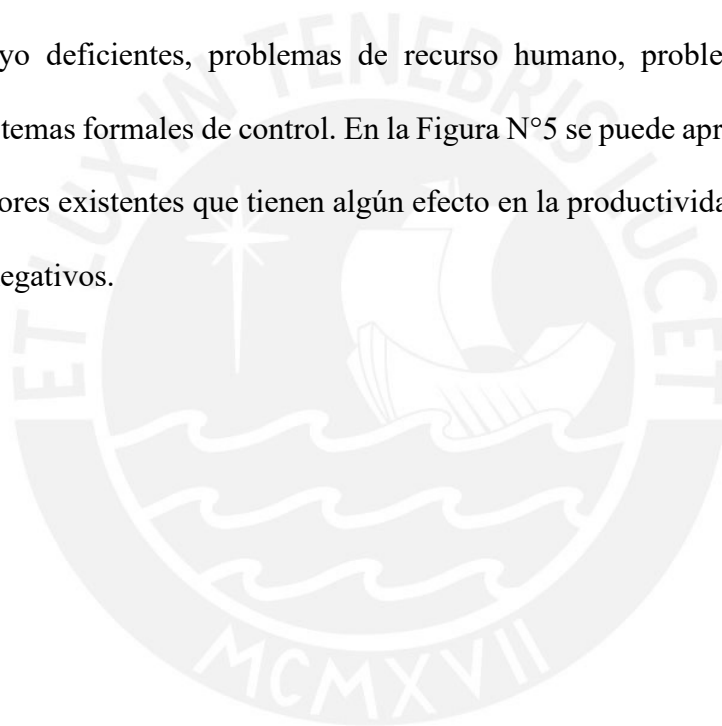
PMBOK plantea áreas de conocimiento para la dirección de proyectos influyentes en las etapas de planificación y/o ejecución, de las cuales destacan las siguientes:

- ✓ **Gestión del Alcance:** Incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo requerido para completarlo con éxito.
- ✓ **Gestión del Cronograma:** Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.
- ✓ **Gestión de los Recursos:** Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.
- ✓ **Gestión de los Costos:** Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
- ✓ **Gestión de las Comunicaciones:** Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados.
- ✓ **Gestión de los Interesados:** Incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto.

En la industria de la construcción, la productividad es uno de los indicadores que permiten determinar si realmente se está gestionando de manera óptima un proyecto. "La productividad se

define como la relación entre lo producido y lo consumido en ello” (Serpell, 1985).; de la misma manera, se puede definir de forma más explícita, como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

Existen muchos factores que tienen un impacto influyente en la productividad de las obras de construcción, es así que, Serpell logra destacar dentro de ellos: los problemas de diseño y planificación, ineficiencia de la administración, métodos inadecuados de trabajo, grupos y actividades de apoyo deficientes, problemas de recurso humano, problemas de seguridad y problemas de los sistemas formales de control. En la Figura N°5 se puede apreciar la gran cantidad y diversidad de factores existentes que tienen algún efecto en la productividad de la construcción, ya sean positivo o negativos.



**Figura 5:**

*Factores que influyen en la productividad de obras civiles.*

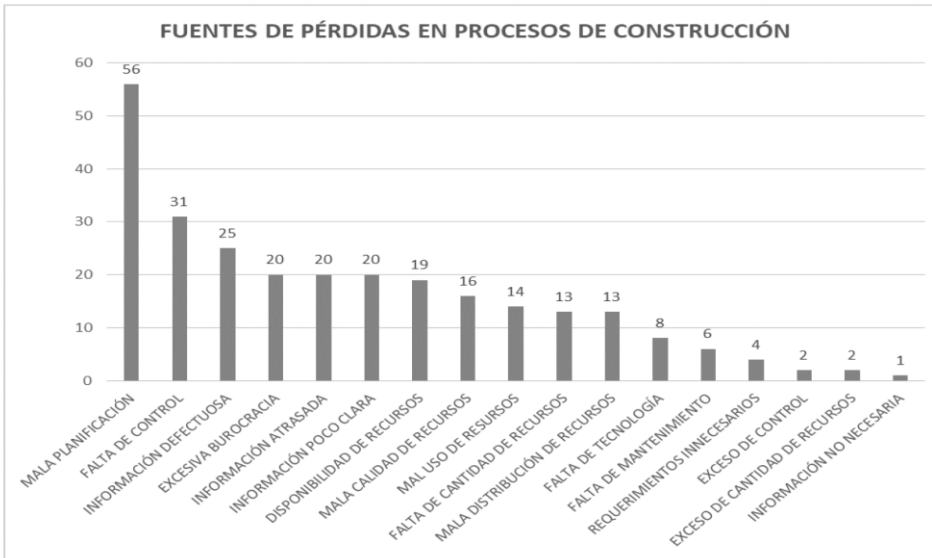


*Adaptado de: Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles (Cantú Alejandro, López Miriam, Peirone Pablo, 2018)*

Identificar estos factores en un proyecto va a permitir que se accione de manera adecuada y se apliquen medidas correctivas. Una de las formas para hacerlo es a través de la identificación y análisis de las pérdidas en los proyectos. Una actividad puede ser catalogada como una pérdida cuando esta no agrega ningún valor o avance al proyecto, pero si produce un costo directo o indirecto. En la Figura N°6, se logra observar los resultados de una encuesta a más de 80 profesionales vinculados a las obras civiles, obteniendo las principales fuentes de pérdidas en los procesos de construcción:

**Figura 6:**

*Fuentes de pérdidas en procesos de construcción.*



*Adaptado de: Identificación y análisis de los factores que influyen en la productividad de obras civiles (Cantú A, Moreno J, Podestá M, 2018)*

Como lo indica la Figura N°6, las principales fuentes de pérdidas en los procesos constructivos son por la mala planificación, falta de control, mala intervención de las partes involucradas, información atrasada, etc. A continuación, se desarrollará de manera más específica los conceptos principales:

### **2.3.1.1. Planificación del cronograma en la ejecución de proyectos de construcción**

La planificación del cronograma en la industria de la construcción (de ahora en adelante se denominará “Planificación”) identifica todas las actividades necesarias en un proyecto, dividiéndolas en actividades más pequeñas y organizándolas lógicamente y secuencialmente. Esto permite determinar la maquinaria, la mano de obra y los materiales necesarios para el desarrollo de cada partida. Un plan de construcción se refiere al conjunto de documentos, en los cuales es posible identificar los recursos, las actividades, el calendario y el presupuesto del proyecto a desarrollar (Gerardi, 2021). En otras palabras, una correcta planificación de la construcción dicta



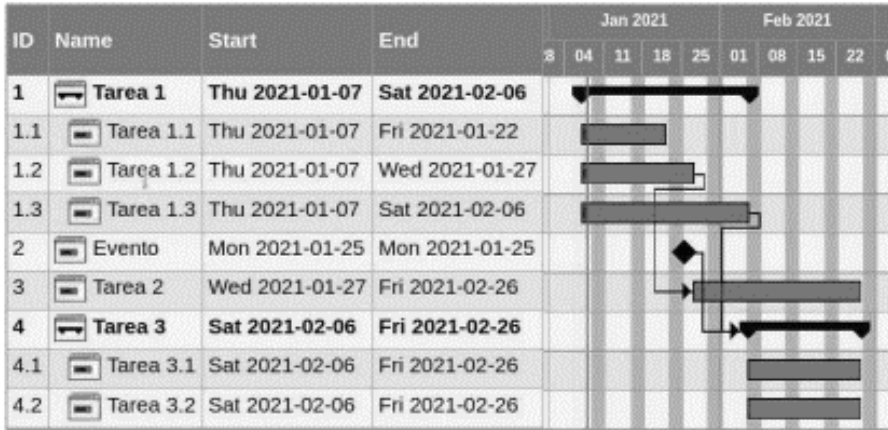
cómo es que hay que hacer el trabajo de construcción y el ritmo con el que se tiene que hacer. Este plan, de igual manera, define las actividades, la secuencia y los métodos por aplicar. Asimismo, en la 6ta edición del PMBOK se menciona que la planificación del proyecto, a través de la programación del mismo; proporciona un plan definido que representa la manera en la que el proyecto entregará los productos, servicios y resultados definidos en el alcance del proyecto, en consecuencia, sirve como herramienta para la comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como base para informar el desempeño a través de los costos incurridos y recursos disponibles durante la etapa de ejecución.

Lo escrito líneas arriba brinda espacio para definir la planificación de los Costos y de los interesados. La primera, según el PMBOK, se define como el proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto, cuyo beneficio principal será la dirección sobre cómo se gestionarán los costos del proyecto a lo largo del mismo. Por otro lado, la misma guía menciona la planificación de los Interesados como el proceso de desarrollar enfoques para implicar a los interesados en el proyecto, con base en sus necesidades, expectativas, intereses y el posible impacto en el proyecto. El beneficio clave es que proporciona un plan factible para interactuar de manera eficaz con los interesados.

Entre las diversas estrategias y herramientas que existen para organizar las actividades en proyectos de construcción, una de las más utilizadas es el Diagrama de Gantt. Este es un diagrama bidimensional en el que se representa el tiempo en el eje horizontal y el nombre de las tareas en el vertical. Las dependencias entre tareas se señalan mediante flechas, desde el final de una actividad inicial hasta el comienzo de la dependiente (Mateo, 2021). Si bien, la idea es tener un gráfico que explique detalladamente el tiempo que tomara cada actividad dentro del proyecto, también se puede utilizar para llevar el control del avance, en cuanto a plazo se refiere.

**Figura 7:**

*Ejemplo de Diagrama de Gantt.*



*Adaptado de: Mateo C.*

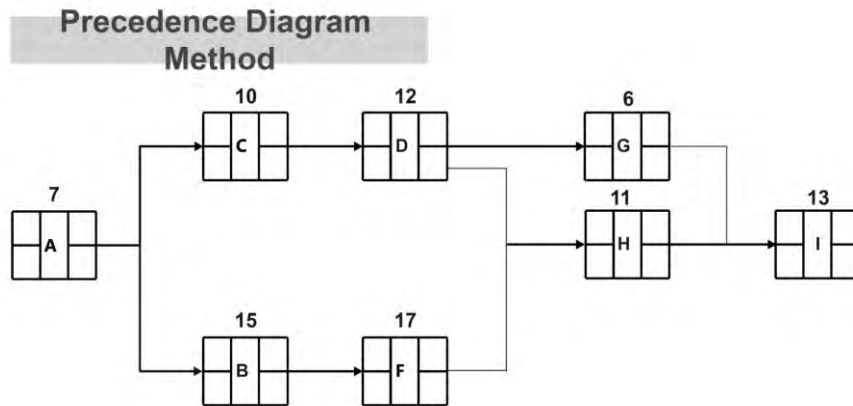
En la figura N° 7, se pueden notar los elementos que componen este diagrama. En primer lugar, se tienen las tareas principales, representadas por barras en color negro, y subtareas, que se muestran como barras grises gruesas, las cuales tienen sus respectivas fechas de inicio y fin. La figura también muestra las dependencias que hay entre las tareas mediante flechas y un hito o evento, mostrado como un rombo negro, que señala una fecha importante dentro del proyecto graficado. Para agilizar la creación de estos diagramas, existen diversos programas que generan el diagrama a partir de la información de las tareas, como por el ejemplo el Ms Project, que viene a ser el más utilizado en los proyectos de construcción en la actualidad.

Otra de las herramientas básicas de planificación en el sector de la construcción es el uso de diagramas lógicos o diagramas de mallas. Estos consisten en un grupo de técnicas gráficas de planificación (símbolos) que muestran a la obra como una malla de tareas/actividades que guardan relación entre sí, predominando la interrelación y su secuencia de ejecución. Un ejemplo de este tipo de mallas es el diagrama nodo-actividad, como se muestra en la Figura N°8, el cual contiene

el Método de Diagrama de Precedencia (PDM) que se encarga de determinar la duración del proyecto mediante el camino crítico de la malla e incorpora desfases, traslapos y relaciones complejas (Solminihaç, 2019).

**Figura 8:**

*Diagrama de precedencia*



*Adaptado de: Edrawsoft, 2022*

### 2.3.1.2. Seguimiento y control en la ejecución de proyectos de construcción

Si la planificación fuese una ciencia exacta, el cronograma inicial sería suficiente para gestionar el proyecto, con lo que se eliminaría la necesidad del seguimiento y control.

Sin embargo, al ser de naturaleza dinámica y con cierta dosis de imprevisibilidad, la planificación requiere que el planificador supervise el trabajo (Mattos, 2019, p.235)

Algunos estudios prueban que las razones de los fracasos y/o del cierre repentino de un proyecto tienen que ver con el escaso o ningún control que se ejerce sobre ellos (Cerpa & Verner M. June, 2009). Una de las maneras de paliar este problema, es generar una cultura de evaluación y de gestión de proyectos. Al investigar sobre el conocimiento de diferentes estándares internacionales

en gerencia de proyectos en pequeñas y medianas empresas, se encontró que estas no tenían un conocimiento adecuado sobre el tema (Ortegon, Pacheco & Prieto, 2005).

Por ello, es recomendable establecer procesos de monitoreo y control de los avances del proyecto. En ese sentido, el seguimiento es la obtención, análisis y comparación de la información de lo logrado según lo requerido, y permite reconocer las variaciones y proyectar el desempeño, así como utilizar la información de seguimiento para actuar sobre las razones de la variación. (Sánchez & Cuadros, 2014).

Entre los principales métodos para controlar y seguir el avance de los proyectos se tiene:

**Método del camino crítico (CPM):** Según el *Project Management Institute*, el camino crítico es la secuencia de actividades que determinan la duración de un proyecto. Este método permite planificar, programar, ejecutar y controlar los proyectos, teniendo en cuenta el tiempo, costo, disponibilidad de recursos y el rendimiento de las personas que están al frente del proyecto. La duración total del proyecto se determina mediante el tiempo que toma ejecutar las actividades que forman la ruta crítica; asimismo, las diferencia con las otras rutas, que no sean la crítica, se denominan tiempos de holgura.

**Método PERT (Program Evaluation and Review Technique):** Esta técnica administrativa busca sincronizar las diferentes actividades que se dan dentro de un proyecto. Estas actividades, generalmente, tienen problemas técnicos, por lo tanto, hay incertidumbre frente a su duración. La utilidad del método PERT se ve cuando no se tiene certeza exacta de la duración de las actividades que se desarrollarán dentro del proyecto, o cuando estas actividades se deben desarrollar en distintos lugares y tiempos.

### **2.3.1.3. Partes involucradas en la ejecución de proyectos de construcción**

Según la norma ISO 9001:2015 los stakeholders o partes involucradas son el individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto, programa o portafolio.

La satisfacción de los individuos, como conglomerado o no, influye en los resultados y objetivos establecidos por las empresas. Por esta razón, es fundamental que todas las partes interesadas que componen los stakeholders estén complacidas con el trabajo realizado. Sin importar si son clientes o accionistas, todos tienen un valor que sumar al proyecto. El desafío que tienen los gestores de proyectos, dada la diversidad de las partes interesadas, es encontrar objetivos comunes entre todos los involucrados, para así garantizar el crecimiento sustentable de la organización. Al determinar y caracterizar adecuadamente a los involucrados, se pueden identificar requerimientos, necesidades y expectativas que confluyan con los objetivos de la empresa. (ESAN, 2020).

Hacer un buen análisis, involucra a las personas adecuadas de manera correcta, porque a medida que avanza el proyecto, aumenta el número de personas implicadas, así como la gestión, comunicación y relación con los distintos grupos que tienen influencia. Este puede ser un factor crítico en el éxito de proyecto, según el apoyo y respaldo que se tenga; por el contrario, una mala gestión, comunicación y relación, puede debilitar, e incluso bloquear el proyecto y la posición de la persona que lo dirige. Por ello, es de suma importancia crear vínculos y relaciones dentro del proyecto, tal que, cuando surjan los problemas, la mejor forma para solucionarlos y mitigarlos de forma transparente sea compartirlos con todos los participantes (Calvo, 2020).

### **2.3.2. *Building Information Modeling***

En este inciso, se desarrollarán los principales conceptos que abarca la metodología BIM, haciendo énfasis en los usos y en las distintas herramientas o características que ofrece esta

tecnología, las cuales contribuirán de gran manera en esta investigación, ya que son el pilar de la misma.

### **2.3.2.1. Definición de BIM**

La asociación internacional BIM Dictionary (2021) indica que Building Information Modeling (BIM) consiste en un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. Uno de los objetivos de este sistema es organizar todos los datos en un modelo de información digital creado por todas las partes involucradas, permitiendo una gestión integral y una adecuada ejecución de un proyecto de inversión.

Definir BIM solo como herramienta tecnológica es un error, ya que, además de aportar con un gran avance tecnológico en la industria de la construcción, uno de sus pilares es consolidar eficientemente la gestión de la información, desde la definición de requisitos o el estudio de pre factibilidad del proyecto, pasando por su concepción, licitación, ejecución, operación, mantenimiento y llegando hasta su disposición.

### **2.3.2.2. Dimensiones BIM**

“Actualmente, los proyectos de construcción presentan errores y contratiempos por falta de planificación y control durante el ciclo de vida; es así que, es necesario un cambio virtual más allá de las 3 dimensiones, con un método *multidimensional* donde se logre imitar el proceso real de la construcción, centralizando la información en un solo modelo” (Gonzales, 2017).

Por ello, a continuación, se detallan las distintas dimensiones BIM existentes para ejecutar un proyecto de infraestructura:

- **Concepto (1D):** En esta dimensión, se conceptualiza el proyecto, partiendo de una idea y definiendo los estudios de pre factibilidad, croquis iniciales y estimaciones iniciales de costos.

- **Boceto (2D):** En esta dimensión, mediante distintos diseños y cálculos, se inician los estudios definitivos, se concretan los materiales a utilizar y se pre-dimensiona todo el proyecto. Paralelamente, se preparan los softwares a utilizar.
- **Modelo (3D):** Partiendo de la información recopilada previamente, se genera un modelo 3D, el cual permite representar el proyecto, no solo como una representación gráfica, sino como un concepto que posee información importante para cada una de las etapas posteriores.
- **Tiempo (4D):** “En esta dimensión, se debe tener claro el proyecto, teniendo en cuenta la secuencia de construcción o evolución” (Lemes, 2017). Es así que, se definen todas las etapas o fases del proyecto, estableciendo una planificación. Esto permite tomar decisiones correctas en los proyectos de construcción y evitar contratiempos.
- **Costos (5D):** Esta dimensión “representa la simulación del proceso constructivo de cada elemento estructural, teniendo en cuenta la posición del espacio, las dimensiones de los elementos, el tiempo y el costo de la construcción” (Diaz, 2015). Uno de sus objetivos es aumentar la rentabilidad del proyecto.
- **Sostenibilidad (6D):** Esta dimensión puede considerarse el valor agregado que poseen las construcciones en los últimos años, ya que es posible simular las distintas alternativas para cuidar el medio ambiente, con el fin de decidir por la alternativa mucho más óptima.
- **Ciclo de vida (7D):** Esta última dimensión BIM abarca todas las anteriormente mencionadas y es capaz de crear un entregable el cual contendrá toda información relevante acerca de cada etapa del proyecto, con el fin de facilitar su operación y mantenimiento.

### 2.3.2.3. Nivel de desarrollo (LOD)

El nivel de desarrollo o LOD, como sus siglas en inglés (Level of Development), es un indicador que señala el nivel de desarrollo con el que se ha trabajado en el modelo BIM de un proyecto de infraestructura (Madrid, 2015). Se dividen principalmente en 5 tipos:

- **LOD 100:** En este nivel de desarrollo, se espera un nivel de detalle mínimo (20% de información total), ya que solo especifica la ubicación aproximada y la existencia del elemento.
- **LOD 200:** En este segundo nivel de desarrollo, ya es posible detallar las dimensiones en el modelo y abarca el 40% de información total.
- **LOD 300:** En el tercer nivel de información, se incluyen funciones determinadas y materiales del modelo, lo que viene a ser el 60% de la información.
- **LOD 400:** Para el cuarto nivel de detalle, ya se tienen completos casi todos los parámetros disponibles, por lo que ya sirve de referencia para su aplicación dentro del proyecto (80% de información).
- **LOD 500:** Finalmente, para el LOD 500, se tiene un modelo “As Build”; es decir, con el mayor detalle disponible, tal que sea una réplica exacta a lo que se va a construir.

En la Figura N° 9, se caracterizan cada uno de los niveles de detalle de un elemento del modelo BIM:



**Figura 9:**

*Nivel de desarrollo (LOD)*

## LEVEL of DEVELOPMENT

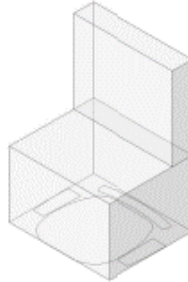
**LOD 100**

**LOD 200**

**LOD 300**

**LOD 400**

**LOD 500**



Concept (Presentation)

Design Development

Documentation

Construction

Facilities Management

<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 100

<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 200

<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 700
<b>DEPTH:</b> 450
<b>HEIGHT:</b> 1100
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc.
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 300

<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 685
<b>DEPTH:</b> 430
<b>HEIGHT:</b> 1085
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>LOD:</b> 400

<b>DESCRIPTION:</b> Office Chair Arms, Wheels
<b>WIDTH:</b> 685
<b>DEPTH:</b> 430
<b>HEIGHT:</b> 1085
<b>MANUFACTURER:</b> Herman Miller, Inc
<b>MODEL:</b> Mirra
<b>PURCHASE DATE:</b> 01/02/2013

*Adaptado de: Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España (Madrid, 2015).*

No obstante, BIM Forum incorpora al **LOD 350**, que es un nivel equivalente a su predecesor (*LOD 300*), pero se le incluye la detección de interferencias entre distintos elementos. Se modela la cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación tal como se diseñó, incluyendo elementos como soportes y conexiones para la coordinación del objeto con elementos cercanos o adjuntos (BIM Forum, 2021).

### Figura 10:

Nivel de desarrollo, incluyendo al LOD 350



Adaptado de: *Understanding LOD (World of BIM, 2020)*

#### 2.3.2.4. Usos BIM

Los Usos BIM son métodos de aplicación de BIM que se definen a través de procesos que se pueden ubicar, orientar y relacionar con cada fase del ciclo de inversión, para alcanzar uno o más objetivos específicos.

En la tabla N°4, la Guía Nacional BIM, el Penn State mediante el libro *Project Planning Guide V2.2*, el *The New Zealand BIM Handbook* y la *BIM Guide Uses* de la Universidad de Harvard proponen los siguientes usos BIM que intervengan con la fase de **ejecución** en los proyectos de construcción:

**Tabla 4:***Usos BIM que intervengan en la etapa de ejecución*

<b>Penn State</b>	<b>New Zealand BIM</b>	<b>BIM Guide Harvard</b>	<b>Guía Nacional BIM</b>
Modelado de condiciones existentes	Modelación de condiciones existentes	Existing Condition	<i>Levantamiento de condiciones existentes</i>
Estimación de costos	Estimación de costos	Quantity extration	<i>Estimación de cantidades y costos</i>
Planeación de fases	Planificación 4D	Scheduling	-
Coordinación 3D	Coordinación 3D	Construction Coordination	<i>Visualización 3D</i>
Planeación en sitio	Planificación de la utilización de los sitios	Logistics Planning	<i>Detección de interferencias e incompatibilidades</i>
Diseño de sistemas constructivos	Diseño del sistema constructivo	Construction Layout	<i>Elaboración de documentación</i>
Fabricación Digital	Fabricación digital	Digital Mock-up	-
Planeación y control 3D	Control y planificación 3D	-	-
Modelos Record	Modelado de los archivos	Turnover/Record BIM	-

*Adaptado de: Elaboración propia*

Los principales Usos BIM que se alinean a una adopción inicial en un proyecto de construcción son definidos a continuación. Cabe recalcar que se les atribuyó nombres más simplificados para su fácil entendimiento.

- **Extracción de metrados y costos:** La Guía Nacional BIM (2021) señala que se puede utilizar el modelo para generar cantidades de componentes y materiales del activo, con el objetivo de que, en base a esta información, se realicen las estimaciones de costos.

La guía del Penn State (2019) lo define como el proceso de utilización de la información de uno o más modelos BIM para extraer cantidades de componentes y materiales del proyecto y, en base a esta información, obtener el costo de un proyecto en sus distintas etapas.

- **Detección de interferencias:** Según la Guía Nacional BIM (2021), es posible detectar interferencias en la geometría del Modelo de Información, las cuales pueden causar problemas en la ejecución física de la inversión. Este proceso puede usar software de análisis de interferencias para automatizar el proceso de revisión; sin embargo, también puede realizarse de manera visual a través de recorridos virtuales.

Por su parte, el Penn State (2019) define este proceso como la detección de incompatibilidades dentro del modelo una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM.

- **Visualización:** La Guía Nacional BIM (2021) propone que se utilice el modelo de información para mostrar, comunicar y previsualizar el activo mediante imágenes 3D, fotomontajes, recorridos virtuales y otras herramientas gráficas visuales. No solo se trata de una herramienta de difusión o socialización, sino de una herramienta para facilitar el entendimiento de la propuesta de diseño entre los diferentes miembros del equipo del proyecto.

Mientras que la guía del Penn State (2019), señala que es posible emplear el modelo para verificar los diseños en conjunto de las especialidades involucradas, de tal forma que se cumplan los requerimientos del proyecto.

- **Documentación:** La Guía Nacional BIM (2021) afirma que es posible utilizar el modelo de información para extraer datos esenciales y documentación técnica requerida para el desarrollo de las inversiones, así como para el desarrollo de planos y la información contenida en ellos (tablas, listas, esquemas, entre otros).

Por otro lado, el Penn State (2019) reconoce este uso como la acción de emplear el modelo para generar planos, tablas, vistas, etc. Los cuales contribuyan durante la ejecución del

proyecto para continuar el modelamiento As-Built en el que se representa de manera exacta las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una edificación o infraestructura.

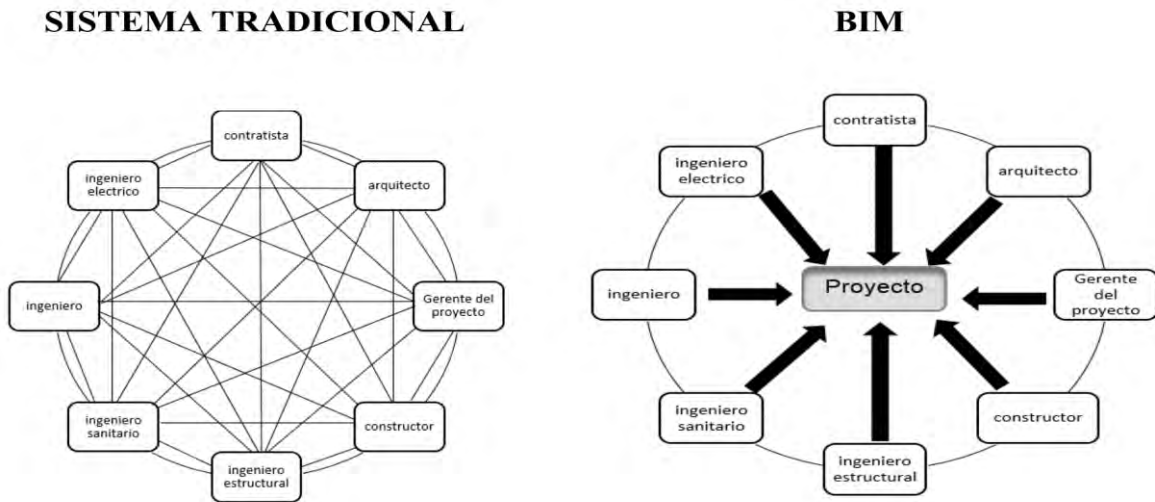
#### **2.3.2.5. Reuniones colaborativas ICE**

Las reuniones colaborativas ICE (Integrated Concurrent Engineering) consisten en sesiones donde el equipo de profesionales y las personas involucradas se reúnen para crear y evaluar múltiples modelos de manera rápida, y tomar decisiones relevantes (Bustos, 2021). ICE mejora el enfoque de los problemas surgidos en obra a través de una comunicación participativa y una coordinación eficaz, permitiendo tomar decisiones relevantes para el progreso del proyecto.

La comunicación en un proyecto de construcción juega un rol importante, debido a que, esta, es capaz de generar retrasos y brindar información imprecisa. Como se observa en la Figura N° 11, el sistema tradicional de ejecución de proyectos posee distintos canales de comunicación los cuales pueden generar errores por su información desactualizada; en cambio, el proyecto con metodología BIM disminuye los canales, consiguiendo una interoperabilidad con datos actualizados en tiempo real.

**Figura 11:**

*Comunicación: Sistema tradicional vs BIM.*



*Adaptado de: Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. Lesmes, C. (2017)*

### **2.3.2.6. Entorno de datos compartidos (CDE)**

La metodología BIM posee la “capacidad para respaldar la estructuración a través de la centralización de la información” (Chu, Matthews, & Love, 2018), logrando tener datos interrelacionados con todas las partes involucradas. Es por ello que, para un proyecto, es indispensable tener una plataforma virtual en la cual, toda información acerca del mismo esté centralizada y cualquier parte interesada tenga acceso a ella desde cualquier dispositivo conectado a internet. Esta información puede ser revisada, editada y aprobada por los agentes que tengan la autorización para hacerlo.

El entorno de datos compartidos (CDE) es una fuente de información que permite tener trabajando, en un único espacio colaborativo virtual, a los distintos profesionales involucrados en el proyecto (Plan BIM Chile, 2019), logrando modelos de información que se actualizan constantemente y que

son capaces de detectar y solucionar errores de manera mucho más dinámica y a la brevedad posible. En tal sentido, el CDE hace uso de la tecnología para respaldar procesos y flujos de trabajo que garantizan que la información se gestione y esté fácilmente disponible para quienes necesitan acceder a ella (Guía Nacional BIM, 2021).

Según la ISO 19650, el concepto CDE posee 4 contenedores de información principales, los cuales son: Trabajo en progreso, Compartido, Publicado y Archivado; y forman parte de un sistema de gestión documental que facilita la transferencia de información entre los actores de un proyecto.



## Capítulo III: METODOLOGÍA

La presente tesis de investigación tiene por objetivo presentar un plan de uso BIM en un proyecto público de saneamiento durante su etapa de ejecución. Para llegar a ello, es necesario confeccionar un esquema conceptual de usos BIM que contengan los factores valorados del caso de estudio. Es así que, en este capítulo, se desarrolla la metodología con la cual se determinarán las variables de estudio que se utilizarán para determinar las técnicas o herramientas de gestión de proyectos valorados por el staff de obra e identificar los problemas más relevantes del proyecto mencionado.

### 3.1. Diseño de la investigación

En este inciso se precisan las herramientas metodológicas que permitan el correcto desarrollo de esta investigación y, además, la justificación de su uso.

En primer lugar, la presente investigación se torna desde un enfoque cualitativo, ya que este permite extraer descripciones a partir de observaciones que adoptan la forma de entrevistas, narraciones, notas de campo, grabaciones, transcripciones de audio, fotografías, etc. (LeCompte, 1995). Cabe recalcar que se eligió este tipo de investigación, ya que permite explicar y/o comprender el comportamiento de un grupo específico y, al mismo tiempo, trata de probar alguna teoría y buscar nuevos productos e ideas.

En segundo lugar, este trabajo es de tipo no experimental, debido a que no se busca controlar, alterar o manipular las características estudiadas con el fin de observar determinados resultados; por el contrario, se limita a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos (Grajales Tevni, 2000).



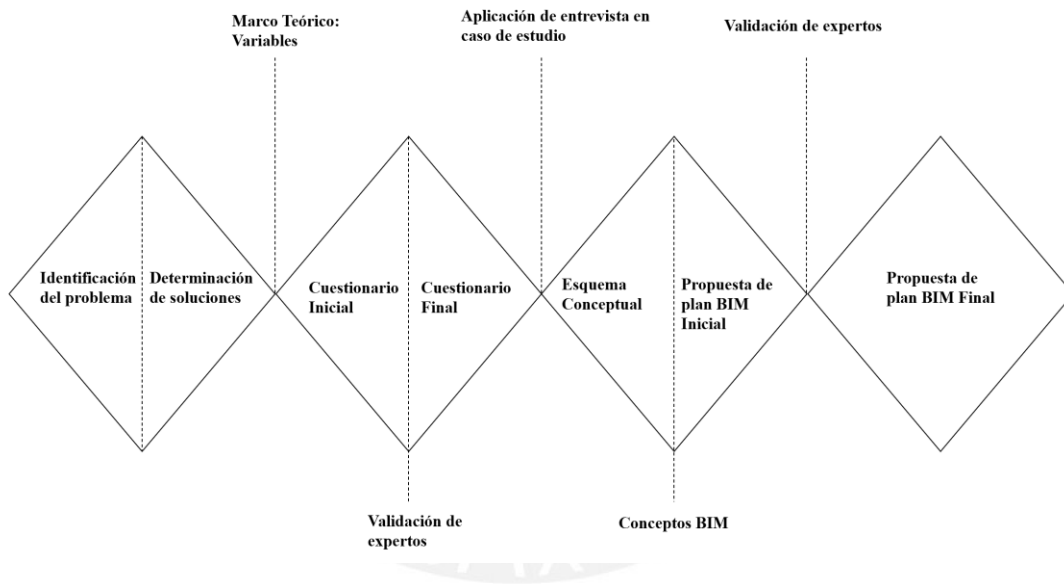
Por último, el alcance de esta tesis es netamente descriptivo, ya que se busca describir las técnicas o herramientas de gestión de proyectos usadas por el staff de profesionales del proyecto caso de estudio e identificar los problemas más relevantes que encontraron según su experiencia.

### 3.2. Estructura de la investigación

A continuación, en la Figura N°12, se muestra, de manera ilustrativa, la estructura u hoja de ruta de la presente investigación.

**Figura 12:**

*Estructura de la investigación.*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

La identificación del problema y la determinación de soluciones pertenecen al capítulo I y II; los cuestionarios y el esquema conceptual pertenecen a los capítulos III y IV; finalmente la propuesta de los planes BIM pertenecen al capítulo V.

### **3.3. Recopilación de datos**

Se partió de la información recogida de los reportes del MVCS, los cuales retratan la brecha existente de proyectos de infraestructura alrededor de todo el país. El gobierno peruano viene atendiendo este déficit licitando una gran cantidad de obras, las cuales, en su mayoría, están paralizadas por distintos problemas en su ejecución (MVCS, 2021). Por ello, para abordar estos problemas, en el marco teórico se analizan distintas variables de gestión de proyectos y una estrategia que permita repotenciar las variables evaluadas (Building Information Modeling). Las variables establecidas en la revisión de la literatura pasan por una validación de expertos, los cuales colaborarán en la confección de un cuestionario que será aplicado al staff de profesionales del caso de estudio, mediante una entrevista semi estructurada, la cual tiene por objetivo determinar las técnicas o herramientas de gestión de proyectos que se utilizan en el proyecto analizado, así como los problemas que logran identificar los mismos. A partir de la información obtenida, se evaluará un esquema conceptual de los usos BIM con los factores valorados del caso de estudio, el cual servirá como cimiento de la propuesta del plan preliminar para el uso de BIM.

### **3.4. Instrumento**

Con el fin de elaborar una propuesta para el uso de la metodología BIM, el principal instrumento es la aplicación de entrevistas a distintos profesionales de diversas áreas que, actualmente, están involucrados en la ejecución de la obra de saneamiento caso de estudio. Esta elección de instrumento se debe a que, en una entrevista, el entrevistador necesita poner en funcionamiento una serie de recursos que permitan lograr un grado de confianza y acercamiento al entrevistado, de manera tal que se logre una relación entre ambos, y que se garantice la obtención de la información buscada, sin que la conversación sea percibida como un interrogatorio (Trindade V, 2016). El formato de entrevista aplicado es el semi estructurado, ya que, a diferencia de una

entrevista estructurada o rígida, se siguen manteniendo las directrices de la investigación, pero con cierto grado de flexibilidad en las preguntas del cuestionario. Esto permite que el entrevistador pueda manipular el desarrollo de la entrevista, de manera que obtenga más información valiosa para su investigación. Asimismo, es importante recalcar que una entrevista semi estructurada recopila datos cualitativos fiables.

El cuestionario de la entrevista utilizada como instrumento de esta investigación tiene tres pilares: la identificación del proyecto, la gestión de proyectos en la etapa de ejecución y el uso de la metodología BIM. En la primera parte, se busca recolectar los conocimientos del profesional entrevistado con respecto a las generalidades del proyecto que se está desarrollando. En la segunda parte del cuestionario, las preguntas intentan recoger los conocimientos acerca de la parte técnica en lo que respecta a los **factores** de Planificación, Seguimiento y control, Partes involucradas y Problemas en la ejecución, con el fin de analizar el método de ejecución con el que se lleva a cabo la obra y poder identificar las oportunidades de mejora que se podrían subsanar con un posible uso de la metodología BIM. En la tercera y última parte del cuestionario, se realizan preguntas que buscan conocer las apreciaciones y sugerencias del personal profesional acerca de la metodología BIM.

#### ***3.4.1. Criterios de inclusión de factores de evaluación***

Los principales factores elegidos para estructurar el cuestionario de la entrevista de la presente investigación, fueron extraídos de los capítulos previos (I y II), y se determinaron de la siguiente manera:

Partiendo del problema que intenta resolver esta tesis, se engloban las principales causas de las paralizaciones de las obras públicas en el Perú: deficiencias del expediente técnico, incumplimiento contractual del contratista, deficiencia administrativa en la ejecución y conflictos

sociales (MEF, 2021). Es así que, para mejorar la gestión de las obras y evitar que se paralicen los proyectos, uno de los indicadores que se valoran en los proyectos de construcción es la productividad (Horta, Camanho y Costa, 2010), la cual puede ser medida a partir de la identificación y análisis de las fuentes de pérdidas en los procesos de construcción, teniendo como principales a la mala **planificación**, la falta de **control**, la **información** defectuosa y la excesiva **burocracia** (Cantú A, Moreno J, Podestá M, 2018).

Habiendo determinado teóricamente los factores valorados, estos permitirán delimitar los temas a abarcar dentro de la entrevista. Para un mejor manejo de la información a obtener, se establecen distintas secciones en las que se agrupan las preguntas según corresponda. Las secciones elegidas y el criterio para escogerlas se detallan a continuación:

#### **3.4.1.1. Generalidades:**

En esta sección, se busca conocer los detalles del proyecto como las especialidades involucradas, la magnitud del proyecto y demás características del mismo, que manejan los entrevistados.

#### **3.4.1.2. Gestión de proyectos en la etapa de ejecución:**

Con el propósito de conocer la manera en que la empresa contratista gestiona la ejecución del proyecto, se engloban los factores siguientes:

La **Planificación** del proyecto que, a través de una programación, reúne toda la documentación que hace posible identificar recursos y actividades (Gerardi, 2021) que permiten planificar el cronograma; y que, asimismo, define el proceso para estimar y proyectar los costos incurridos en el presupuesto del proyecto para poder planificar el costo (Project Management Institute, Guía del PMBOK – Sexta Edición).

El **Seguimiento y Control** de la ejecución de las partidas, definido como la obtención, análisis y comparación de la información de lo logrado según lo requerido (Sánchez & Cuadros, 2014), lo

que permite identificar los avances de las actividades y realizar las actualizaciones adecuadas (Mattos, 2019) con el fin de monitorear y controlar los plazos y costos del proyecto.

Las **Partes involucradas** o stakeholders son quienes pueden afectar, verse afectados o percibirse a sí mismos como afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto (Organización Internacional de Normalización [ISO 9001], 2015), lo cual involucra la creación de vínculos y relaciones con todas las partes interesadas con el fin de solucionar y mitigar los problemas de forma transparente y dinámica (Calvo, 2020).

Los **Problemas** más reincidentes que se presentaron en obra para determinar las posibles opciones u oportunidades de mejora dentro del desarrollo del proyecto.

#### **3.4.1.3. Metodología BIM:**

En esta sección se busca conocer si los entrevistados conocen acerca de esta metodología, si han sido capacitados en ella o han tenido experiencia en algún proyecto con esta. Con ello, se puede tener un punto de partida para plantear las soluciones específicas a los problemas existentes. De igual manera, con esta sección, es posible comprobar qué tan innovador resultaría el uso de esta metodología para los entrevistados en base a su experiencia profesional.

A continuación, en la Tabla N°5 detallamos cada uno los factores valorados de la presente investigación, agrupados por secciones, para confeccionar el guion de la entrevista:

**Tabla 5:**

*Factores de la investigación clasificados por secciones.*

<b>Sección</b>	<b>Factor</b>
<b>Generalidades</b>	Identificación del proyecto
	Magnitud del proyecto
	Etapas del proyecto
<b>Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</b>	Planificación
	Seguimiento y control
	Partes involucradas
	Problemas en la ejecución del proyecto
	Oportunidades de mejora
<b>Sección BIM</b>	Introducción
	Tecnologías de información
	Nivel de desarrollo
	Uso de modelos
	Sesiones ICE
	CDE
	Madurez BIM

*Nota: Las secciones y factores presentados en la Tabla 5 corresponden al instrumento de investigación (entrevista semi estructurada), la cual será validada por distintos expertos BIM.*

*Adaptado de: Elaboración propia.*

### ***3.4.2. Propuesta de entrevista inicial***

Después de haber definido los factores y haberlos clasificado por secciones, se procede a desarrollar el guion de la entrevista inicial, el cual puede ser visualizado en el ANEXO N°1 de la presente investigación. Este cuestionario inicial posee 45 preguntas, las cuales debían ser respondidas por distintos profesionales involucrados en el proyecto de estudio, en aproximadamente una hora y media de entrevista. Las preguntas del cuestionario inicial son planteadas en base a distintas variables extraídas del marco teórico y de la revisión de la literatura de esta investigación; no obstante, estas necesitan pasar por una validación o juicio de expertos para que la entrevista pueda ser utilizada como un instrumento válido.

### ***3.4.3. Validez del instrumento o juicio de expertos***

Para la presente investigación, el juicio de expertos fue el método utilizado para la validación del cuestionario inicial propuesto, el cual contenía las variables establecidas en el marco teórico. Para ello, se recurrió a distintos **profesionales especializados** en la **gestión de proyectos mediante el uso o manejo de BIM** y con experiencia verificada en ejecución en proyectos de infraestructura (experiencia mínima de 07 años). Estos expertos evaluaron y analizaron el cuestionario propuesto y brindaron sus opiniones, observaciones y otorgaron una retroalimentación, con el fin de construir un cuestionario final. A continuación, se detallan las conjeturas de cada experto BIM consultado:

La experta N°01 es una arquitecta certificada en Virtual Design & Construction (VDC) por la Universidad de Stanford e instructora en el uso de la metodología BIM para la Gestión de Proyectos, con más de 07 años de experiencia en el sector de la construcción. Esta experta BIM comentó que es imprescindible que el cuestionario sea capaz de definir en qué etapa del proyecto se encuentra el profesional entrevistado, ya que, esta delimitará qué herramientas y usos BIM

podrán ser implementados. En cuanto al factor *Problemas en la ejecución del proyecto*, recomendó que las preguntas de esta sección sean más abiertas, debido a que los problemas que se encuentran en una obra son demasiados y no es conveniente limitar la respuesta al entrevistado. Asimismo, para la sección BIM del cuestionario, si el entrevistado no tiene conocimiento previo de esta metodología, sugirió agregar a la entrevista un tópico introductorio de la terminología necesaria, con el fin de lograr que el entrevistado tenga una mejor apreciación de la metodología en sus respuestas.

El experto N°02 es un ingeniero civil con más de 5 años de experiencia en el uso de la metodología BIM y más de 07 años de experiencia en la gestión de proyectos. Actualmente labora en COSAPI SA como Ingeniero BIM y ha participado en proyectos de infraestructura como coordinador BIM durante las fases de diseño y construcción. Este profesional creyó conveniente preguntar por el alcance del proyecto en la sección *Generalidades*, ya que, como en el anterior caso, esto delimitará qué herramientas y usos BIM podrán ser implementados. Así mismo, resaltó que la *Magnitud del proyecto* no es relevante, debido a que la metodología BIM se puede aplicar en todo tipo de proyectos, independiente de su magnitud, siempre y cuando se defina de manera correcta cuál es el alcance de la implementación BIM. En la sección *Gestión de proyectos en la etapa de ejecución*, sugirió que las preguntas fueran más abiertas, con el fin de que el entrevistado se explaye sobre las actividades que realiza y los problemas que afronta al trabajar. Finalmente, el experto volvió a recomendar la necesidad de preguntas introductorias en la sección *BIM*, para verificar si los participantes conocen del tema, caso contrario, brindarles una pequeña introducción de los conceptos de dicha metodología.

El experto N°03 es un ingeniero civil de la UNSAAC, colegiado y habilitado con maestría en dirección de la construcción por la UPC. Cuenta con más de 08 años de experiencia como



especialista de ingeniería vial en el gobierno regional del cusco y ha participado en importantes proyectos viales implementando la metodología BIM. Este profesional explicó que es muy diferente aplicar BIM en edificaciones a realizarlo en obras lineales, como saneamiento, según su experiencia profesional. Asimismo, señaló que, para aplicar esta metodología, es conveniente que todas las partes involucradas conozcan al menos lo básico de ella para que no existen trabas a la hora de solicitar capacitaciones, logística o el software necesario para aplicarla. Por ese motivo, sugirió preguntar a los entrevistados si conocen los conceptos BIM a tratar o en todo caso darles una pequeña introducción, así como incluir como factor el BEP (Plan de ejecución BIM) para tener un punto de partida para el plan de uso BIM.

El experto N°04 es un ingeniero civil egresado de la UPC, cuenta con una especialización en BIM Management por la misma casa de estudios y logro certificarse en Virtual Design Construction – VDC por la universidad de Stanford. Posee más de 7 años de experiencia en la metodología BIM con la que ha trabajado como gestor, especialista y coordinador en numerosas empresas del medio tales como Fase BIM, ENMACON, JE Construcciones Generales, entre otras. Este experto recalco que es necesario identificar con las entrevistas las actividades o flujos de trabajo que se podrían simplificar y/o automatizar utilizando herramientas BIM. Además, solicito dejar que el entrevistado se explye para conocer de mejor manera sus opiniones sobre su experiencia en el trabajo. En la *sección BIM* pidió que incluyéramos una pequeña introducción a quienes no conocían esta metodología y que preguntáramos de la manera en la que buscan y guardan la información del proyecto para poder elegir el CDE que mejor se adecue a sus necesidades.

El experto N°05 es un ingeniero civil graduado de la PUCP que se especializó en proyectos de obras públicas bajo contratos colaborativos (NEC3), utilizando la metodología BIM/VDC, y

herramientas de Gestión PMO. Cuenta con la certificación de Virtual Design - Construction de la universidad de Stanford y acredita experiencia de más de 6 años trabajando con la metodología BIM en importantes empresas tales como Urbitec, Viva GyM y actualmente se desempeña actualmente como Especialista BIM en la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC). Durante su asesoría recomendó preguntar a los profesionales de la obra si tienen experiencia en este tipo de obras públicas y si están al tanto del alcance total del proyecto. Asimismo, en la sección de Gestión de proyectos solicitó profundizar las preguntas sobre reuniones con los distintos *stakeholders* para conocer la frecuencia, los participantes y la relevancia de las decisiones que tomaron en ellas. En ese sentido sugirió que sería importante preguntar sobre si la empresa posee un formato establecido de registro y documentación de información. Para la *sección BIM* planteó realizar una exposición sobre que consiste esta metodología a los profesionales que afirmen no conocerla y recalcar en la explicación de las etapas BIM para darles una idea en la que se encuentran.

A continuación, en la Tabla N°6 se presenta un consolidado de las observaciones de cada uno de los expertos y su divergencia:

**Tabla 6:***Divergencia de respuestas de los expertos entrevistados*

<b>Observación</b>	<b>Experto</b>
Los factores propuestos son los óptimos para determinar la manera en que se ejecutan las partidas	E1, E2, E3, E4 y E5
Brindar una breve introducción en la sección BIM	E1, E2, E3, E4 y E5
Preguntar si es que los entrevistados conocen los términos en específico	E1 y E3
Definir la etapa y el alcance del proyecto	E1, E2 y E5
Disponer de una entrevista abierta	E1, E2, E3 y E4
Especificar/No especificar en la sección de <i>Problemas en la ejecución del proyecto</i>	E1 y E2
Indagar de manera más exhaustiva en los avances del proyecto	E2 y E3
BIM no depende de la magnitud del proyecto	E2
Existen preguntas que engloban los factores de Planificación y Seguimiento y control	E2
Indagar de manera más exhaustiva en los métodos para compartir la información	E2
Reemplazar la pregunta de productividad por: Variabilidad y técnicas para disminuirla	E2
Si el profesional entrevistado conoce BIM, profundizar más en sus conocimientos	E2 y E4
Preguntar primer por etapas BIM, previo a madurez BIM	E2 y E5
Indagar si se reconocieron de manera correcta los stakeholders	E3 y E5
Añadir el factor de Plan de Ejecución BIM a la entrevista	E3
Indagar la disponibilidad de destinar un presupuesto para la implementación BIM	E3

*Nota: La nomenclatura E1, E2 y E3 corresponden a los expertos 1, 2 y 3 respectivamente.*

*Adaptado de: Elaboración propia.*

#### **3.4.4. Propuesta de entrevista final**

Después de haber analizado las respuestas de los expertos entrevistados, de acuerdo a la divergencia de sus opiniones y críticas, se originó un *Cuestionario Final*, el cual será aplicado a los profesionales involucrados en el caso de estudio de la presente investigación. El *Cuestionario Final* se encuentra en el ANEXO N°7.

### **3.5. Caso de estudio**

#### **3.5.1. Descripción del proyecto**

##### **3.5.1.1. Antecedentes del proyecto de saneamiento**

A lo largo de los últimos años, la población del distrito de Curahuasi viene padeciendo un servicio deficiente de los sistemas de agua potable y alcantarillado, teniendo como principal causante el desgaste por el uso, el crecimiento demográfico de los hogares curahuasinos, el uso inadecuado del agua de riego, la cloración ineficiente de agua potable y la inexistencia de medidores domiciliarios que regulen el consumo. Esta mala cobertura incide negativamente en la salud de los habitantes, debido a que la inadecuada distribución del agua potable y aguas servidas podría ocasionar enfermedades como el cólera, diarrea, hepatitis A, tifoidea, etc.; asimismo, influenciaría en la economía, ya que se generaría una alta demanda de medicamentos para tratar las enfermedades, y un déficit de su principal actividad económica y fuente de ingreso económico: la producción agropecuaria.

##### **3.5.1.2. Viabilidad del proyecto de inversión pública**

Por todo lo mencionado en el anterior inciso, las autoridades distritales de Curahuasi y la incidencia social de la población priorizaron la búsqueda de alternativas de solución que permitan mejorar el abastecimiento y calidad de agua potable y redes de alcantarillado, con un servicio que se garantice las 24 horas del día. Es por ello que, en el año 2016, se iniciaron las gestiones de la formulación

del estudio de pre inversión, el cual permitió la elaboración del estudio definitivo o expediente técnico a cargo del Consorcio Cañón del Apurímac. Es así que, para la aprobación del financiamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se tomó en cuenta que Curahuasi se considera uno de los distritos más importantes y grandes de la provincia de Abancay, teniendo alto potencial para actividad productiva, turística y minera.

### **3.5.1.3. Descripción técnica del proyecto**

El proyecto denominado “Ampliación, mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de los ocho barrios urbano marginales de la localidad de Curahuasi, distrito de Curahuasi – Abancay – Apurímac” plantea las siguientes actividades a ejecutar por la empresa contratista:

- La sustitución y construcción de 10 captaciones (08 tipo ladera y 02 mediante subdrenes.
- El cambio de tuberías de todo el trayecto de la línea de conducción (24 km lineales). Se incluye 01 pase aéreo de 112.2 m lineales.
- Entre las obras de arte se realizará la construcción de 03 reservorios circulares con sus casetas de válvulas, 07 cámaras de reunión, 24 cámaras rompe presión y 01 cámara de derivación. Así mismo se remodelará la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y se construirá 01 planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).
- La ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado (25.8 km y 28.3 km respectivamente)
- Entre las conexiones domiciliarias se ejecutarán 421 reconexiones, 636 instalaciones nuevas y 34 instalaciones domiciliarias institucionales. Asimismo, se realizarán 639 buzones.

El presupuesto total del proyecto es de aproximadamente 24,621,044.89 de soles, repartidos en el costo directo de la obra, gastos generales, utilidades, impuestos, gastos de supervisión, expediente técnico, etc.

La modalidad de ejecución de la obra es por contrata y el sistema de contratación es de Precios Unitarios.

El plazo de ejecución de la obra es de 15 meses o 450 días calendario.

### **3.5.2. Perfil de los entrevistados**

Los profesionales entrevistados fueron, principalmente, ingenieros que laboran en la empresa a cargo de la ejecución del proyecto. Estos cuentan con una amplia experiencia desarrollando obras en el sector de saneamiento en distintas regiones del sur del país; sin embargo, la metodología con la que desarrollan sus trabajos no incluye BIM. A continuación, se detalla el perfil de cada entrevistado:

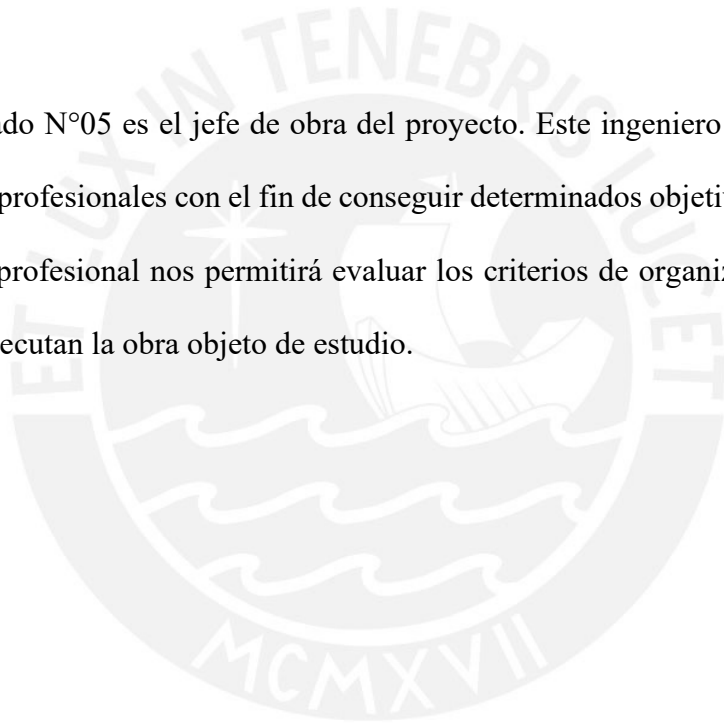
El entrevistado N°01 es el gerente general de la empresa contratista que viene ejecutando el proyecto objeto de estudio. Esta persona tiene el más alto rango y el máximo poder de decisión respecto al proyecto. Es por ello que fue de importancia aplicar la entrevista a este ingeniero, ya que tiene una perspectiva global del proyecto, lo que permite obtener resultados mucho más relevantes.

El entrevistado N°02 es el residente de obra del proyecto. Este ingeniero es el máximo responsable de la obra y su principal función es dirigir y controlar los trabajos que se están realizando. Aplicar la entrevista a este profesional nos permite obtener información de primera mano acerca del avance de las partidas del proyecto y de los métodos utilizados para planificar, controlar y monitorear el desarrollo de las actividades en la obra.

El entrevistado N°03 es el ingeniero de campo del proyecto. Este profesional es el ingeniero civil encargado de ejecutar la planificación y control de obra, según las partidas que dictan el expediente técnico; asimismo, es responsable de velar por la calidad del producto a entregar al cliente.

El entrevistado N°04 es el ingeniero especializado en seguridad y salud en el trabajo. En el proyecto, este profesional se encarga de diseñar normas y establecer las especificaciones técnicas que fomenten la prevención, el control de riesgos y el autocuidado en la salud y la seguridad del personal.

El entrevistado N°05 es el jefe de obra del proyecto. Este ingeniero es el responsable de liderar el equipo de profesionales con el fin de conseguir determinados objetivos. La aplicación de la entrevista a este profesional nos permitirá evaluar los criterios de organización del equipo de profesionales que ejecutan la obra objeto de estudio.



## Capítulo IV: RESULTADOS

### 4.1. Resultados de las entrevistas

Una vez realizado el guion final de las entrevistas, estas fueron aplicadas al personal clave dentro del proyecto, mediante conferencias virtuales debido a la coyuntura sanitaria. Estas conferencias virtuales fueron aprovechadas para registrar, en una grabación, las respuestas brindadas, previa conformidad del entrevistado. Para la *Sección BIM* de la entrevista final, se hizo una pequeña presentación a los profesionales que no tenían mayor conocimiento en esta metodología, para así mostrarles algunos conceptos de BIM y sus ventajas, con la finalidad de que reconozcan las herramientas que les resultarían más útiles en sus trabajos. Cabe recalcar que, para fines de la evaluación de datos, se **sombrea en negrita** las palabras y/o frases que estén directamente relacionadas con la presente investigación.

En las siguientes líneas se presentan los datos más importantes recopilados de cada una de las entrevistas.

#### 4.1.1. Entrevista realizada a P-1

El entrevistado P-1 comentó que el proyecto en ejecución es de mediana magnitud y, actualmente, se encuentra trabajando, en lo que considera, la segunda etapa del proyecto que viene a ser la ejecución del mismo. En esta etapa, han estado involucradas las especialidades de hidráulica, mecánica de suelos, topografía, estructuras, arqueología, seguridad y medio ambiente.

En la siguiente sección, en lo que respecta a la planificación del proyecto, explicó que, primeramente, se realiza una revisión del expediente técnico para identificar errores, incompatibilidades u omisiones para determinar cambios necesarios (**detección de incompatibilidades**), para luego, elaborar el **replanteo del proyecto** y poder programar las actividades con un **diagrama de Gantt** y/o con el método de **PERT/CPM**. De igual manera,



comentó que, a partir de dicha programación, la empresa empieza a ejecutar las partidas de acuerdo a la disponibilidad del terreno y/o permisos concedidos (**disponibilidad de partidas**). En cuanto a la gestión de recursos, materiales y proveedores, indicó que se cuenta con un área logística encargada de entregar los materiales necesarios antes de empezar los trabajos y un área logística que realiza la orden de compras y controla el flujo de entrada y salida de materiales.

De igual manera, mencionó que, para controlar los avances del proyecto, se realizan **valorizaciones mensuales mediante metrados** realizados por ingenieros de campo, los cuales colocan dichos datos en formatos Excel con los que obtiene la **curva S**. De manera interna, gerencia pide **reportes semanales** y a partir del **cronograma valorizado**, se verifica la evolución del avance, qué partidas se están ejecutando y cuáles dan mayor valorización. Para gestionar toda la información del proyecto, se utilizan herramientas de intercambio de información como las **redes sociales (WhatsApp)**, con grupos de trabajadores por cada especialidad, ya que todos estos tienen acceso a esta herramienta para poder tener inmediatamente la información del proyecto; además, se usa un **cuaderno de obra virtual** al que tiene acceso el residente y el supervisor para comprobar el estado de la obra, realizar consultas, presentar reclamos, etc. Los programas utilizados, tanto para la planificación como para el seguimiento y control del proyecto son **AutoCad, Excel, S10, Project, etc.**

El entrevistado identificó, como partes involucradas, a la entidad ejecutora, al ministerio de vivienda, a la supervisión, los entes controladores, la población del distrito y a la empresa contratista (**partes involucradas**). Con la supervisión y representantes de la municipalidad se realizan **reuniones semanales**; mientras que, con las otras partes involucradas, las reuniones son **mensuales** o según se crea convenientes. Asimismo, P-1 comentó que las reuniones tienen una duración entre 1 a 5 horas, o hasta que se tomen soluciones para cualquier problema (**duración de**

**reuniones**) que se haya presentado previamente. Las consultas que la supervisión no tenga la potestad de absolver o cualquier requerimiento de información a cualquiera de las otras partes externas involucradas, son elevadas a la entidad mediante el cuaderno de obra, tomando en cuenta los tiempos de respuesta que estipula la ley de contrataciones del estado (**tiempo de respuesta RFI**).

Dentro de los problemas que existen en la ejecución del proyecto, el entrevistado pudo identificar que las **deficiencias del expediente técnico** han obligado a hacer cambios que retrasan la ejecución del mismo. Asimismo, otros problemas recurrentes son las **demoras de la entidad para responder consultas** y la **incomodidad de la población** debido a la intervención de las calles.

La actividad de **excavación** en las calles viene a ser la partida que más influye en costo y tiempo, pues es necesario transmitir el alcance del proyecto a la población y garantizarle la continuidad del servicio. Para mitigar estos problemas, la empresa, antes de empezar el proyecto, realiza actividades de **socialización con la población** acerca de las actividades que se va a realizar, con el fin de que la los ciudadanos entiendan los beneficios y los problemas que se presentarán durante la ejecución del proyecto; además, se brindan **capacitaciones a los trabajadores** que ingresan a la empresa, con el fin de que ejecuten sus tareas de manera correcta y óptima.

P-1 reconoce que lo más complicado ha sido cambiar casi todo el expediente técnico y replantear los planos respectivos. Como oportunidad de mejora, considera que sería recomendable mantener el personal que tuvo en proyectos anteriores, pero por las características diferentes de los nuevos trabajos a veces esto no es posible.

Ya en la *sección BIM*, el entrevistado explicó que si ha escuchado que varias empresas de construcción han aplicado esta metodología, pero él no ha tenido la oportunidad de hacerlo, aunque

le gustaría capacitarse junto a su personal en un futuro. Considera que el trabajo colaborativo es esencial para llegar a soluciones de forma más rápida y que, en un futuro, le gustaría que todas las etapas del proyecto se integren para ahorrar costos en los replanteos.

Luego de explicarle sobre niveles de desarrollo (LOD), el entrevistado señaló que lo ideal sería contar con un LOD300 para la ejecución del proyecto y que, un modelo en 3D del proyecto, ayudaría en gran manera a controlar el desarrollo de los trabajos y así evitar interferencias.

Recalcó que en las reuniones deberían participar representantes de todas las partes involucradas, con el fin de obtener soluciones satisfactorias en menor tiempo y que sería interesante el uso de un entorno de datos compartidos para intercambiar la información.

Le resultó interesante la capacidad que poseen las herramientas BIM para evitar desperdicios y pérdidas, ya que él busca generar más utilidades para su empresa. Por este motivo, si estaría interesado en aplicar BIM a sus proyectos en un futuro.

#### **4.1.2. Entrevista realizada a P-2**

El entrevistado P-2 considera que el proyecto en ejecución viene a ser de mediana magnitud, porque es una población mediana y el presupuesto no es ni el mayor ni el menor, con respecto a proyectos previos. Se ha visto involucrado con las especialidades de ingeniería, obras civiles, área social, seguridad y medio ambiente, y la única etapa en la que ha participado es la de ejecución.

En la sección de planificación, mencionó que utilizan una programación elaborada en un diagrama de **Gantt**, **diagrama de barras** y un archivo de **MS Project** con el método **PERT/CPM**. En base a esa programación, se desarrollan las diferentes actividades de la obra y se determina la **dificultad de cada partida** con el fin de dotar cada frente de trabajo con las herramientas y personal necesario.

Señaló que, para cumplir con los materiales en el tiempo establecido, se hace una solicitud al área administrativa, la que deberá cotizarlos, buscando la calidad de los materiales en proveedores con experiencia y prestigio en el rubro. Se elabora un **metrado y valorización mensual**, con la finalidad de controlar el porcentaje de avance; es por eso que, a fin de mes, se tiene que acumular todos los avances ejecutados, con el objetivo de calcular el porcentaje de avance, el cual será comparado con el **avance programado**. Para lograr dicho comparativo entre el porcentaje ejecutado y programado, se introduce la información a formatos Excel que están prediseñados y colgados tanto por la entidad como por el contratista, de tal manera que dichos formatos son válidos para calcular el porcentaje ejecutado. Normalmente, según las características del contrato, se hace una valorización mensual, por ello, se realizan **reuniones de trabajo semanales** en las que se hace la planificación y elaboración de los planos que se entregarán a los frentes de trabajo. Mencionó, también, que los programas utilizados son **el AutoCad, MS Project y las herramientas Office**.

En cuanto a partes involucradas, señaló que, de manera interna (en la empresa ejecutora), identifica a los ingenieros y al personal administrativo de la empresa ejecutora; externamente, se tiene a **la entidad (municipalidad), el equipo de supervisión de forma permanente y la población de Curahuasi**. Cabe mencionar que solo se está tratando con quienes participan durante la ejecución del proyecto. Con las partes involucradas, se reúnen de manera semanal (**reuniones semanales**) o en caso ocurra alguna situación de emergencia (**reuniones de emergencia**). Estas reuniones siempre son colaborativas, puesto que se comparten ideas y se llegan a tomar decisiones importantes en un tiempo aproximado de **1 a 2 horas**. Las consultas, fuera de las reuniones, se hacen a la supervisión mediante el **cuaderno de obra virtual**, al que solo tiene acceso el residente

y el supervisor, mientras que las consultas dirigidas a la entidad tienen un **plazo establecido por la ley de contrataciones** con el estado.

En cuanto a los problemas presentados durante la ejecución, señaló que ha existido retrasos en la entrega de los terrenos (**disponibilidad de terreno**) para la construcción de los reservorios, lo que podría impedir la finalización del proyecto por completo. Otro problema, es el **retraso en la absolución de consultas** por parte de la entidad, lo que genera ampliación de plazos y mayores gastos generales que repercuten en la economía del proyecto. También, se tienen problemas de **incompatibilidad del Expediente Técnico** desde el inicio del proyecto, principalmente desde los diseños correspondientes, porque no se ajustaban al terreno; por ello, se hizo un **replanteo general del proyecto** para identificar algunos tramos que no se ajustaban a la realidad del expediente técnico. A la fecha, la partida que más ha impactado en la ejecución es la **red de alcantarillado**, pues se tiene que ejecutar alrededor de 24 km de tuberías de diferentes diámetros y aproximadamente 600 buzones. Asimismo, existen problemas sociales, ya que restringen los servicios de agua y desagüe, por lo que la gente tiene rechazo (**problema social**) a este proceso de ejecución. Por ello, se realiza un **diálogo continuo** para transmitir las ventajas del proyecto y resolver problemas caso por caso; asimismo, al poblador se le notifica con anticipación la realización de los trabajos. De igual manera, se capacita de manera constante al personal (**capacitación a los trabajadores**) para tratar de cumplir con las metas trazadas por la empresa contratista. No obstante, el principal problema sigue siendo la falta de disponibilidad del terreno que no permite lograr los avances programados. Como se tiene un tiempo limitado de ejecución y mientras no se tenga la disponibilidad de los terrenos, no se cumplirá el plazo estipulado y probablemente exista una ampliación de plazo que genere mayores gastos.

En la *sección BIM*, indicó que no conoce mucho acerca de esta metodología pero que escuchó que en un futuro será requerida para obras públicas. Le interesaría capacitarse en esta metodología, puesto que le resulta de vital importancia el trabajo colaborativo que se propone con las nuevas herramientas. Luego de presentarle los LODs, comentó que sería recomendable un LOD400 para trabajar en el proyecto y que un modelo 3D le sería útil para identificar incompatibilidades. En cuanto a nivel de madurez, reconoce que está en el nivel más bajo, pero que sería interesante llegar al mayor nivel y que en un futuro estaría dispuesto a implementar BIM en los proyectos que trabaje, ya que sería muy útil identificar incompatibilidades y generar reuniones con los involucrados para resolver cualquier consulta lo antes posible.

#### **4.1.3. Entrevista realizada a P-3**

El tercer entrevistado mencionó que considera al proyecto de mediana magnitud, ya que es un distrito pequeño en la región de Apurímac. Este profesional ha tratado con las especialidades de ingeniería sanitaria, estructuras, arqueología, seguridad y medio ambiente. Su participación dentro del proyecto empezó en la etapa de ejecución.

Señaló que, para la planificación de los trabajos, se tiene un **cronograma de ejecución de obra**, pero este no refleja la realidad por los problemas que se dan. Por ello, la programación de actividades se adecua a los frentes de trabajo con los que se dispone (**disponibilidad de partidas**). En lo que respecta a la Planificación actividades, se establece una meta mensual y se identifican las partidas por cada mes; asimismo, se evalúa el avance semanalmente en reuniones (**control de avance semanal en reuniones**) y se identifican requerimientos de la obra y el porqué de los retrasos para brindar soluciones. Los frentes de trabajo se distribuyen según el personal disponible y se les asigna los recursos correspondientes. Como no hay variedad de insumos, no hay mayores

problemas en los materiales comunes, los cuales fueron adquiridos con anticipación para evitar sobrepuestos debido a la coyuntura que atraviesa el país.

Para controlar los avances, se propone una **meta mensual**, como un porcentaje de avance. Para alcanzar la meta, se identifican los frentes y se hace un **metrado** aproximado, tal que los frentes valorizados alcancen a la proyección de valorización. Para sustentar los avances, se utilizan hojas de Excel en las que se tiene el metrado y se identifica el avance semanal de la obra. A partir de eso, se hace una proyección para ver si se logrará la meta mensual y, en función a esto, se hacen los ajustes correspondientes. Como es una obra para el estado, se presentan **valorizaciones mensuales**; no obstante, los avances se trabajan semanalmente, mediante formatos para el control de metrados, el estudio de suelos y las pruebas hidráulicas. Toda esta información se trabaja en una hoja del programa **Excel**, los cuales son impresos y son firmados por el residente y el supervisor del proyecto. A la par, se realiza un control con los planos de **AutoCAD**, en los que se refleja el avance acumulado del mes y lo que queda pendiente por ejecutar, de donde se obtiene una valorización convencional con **curva S**.

El entrevistado reconoce como partes involucradas a la **entidad, la supervisión y los beneficiarios**, de igual manera reconoce al **Ministerio de Vivienda** como entidad que financia el proyecto, y a la **contraloría** que visita periódicamente la obra para velar por el cumplimiento de las normas establecidas. También, reconoce al **Ministerio de Trabajo** y los gremios vinculados como **Construcción Civil** y el **Frente de Defensa**. En la ejecución del proyecto, se han incorporado el **Ministerio del Ambiente** y la **autoridad nacional del agua**.

En cuanto a las partes involucradas, comenta que no hay un cronograma establecido para las reuniones entre los involucrados y que, básicamente, las reuniones dependen de la necesidad (**reuniones según se requiera**) de cada una de las partes. No obstante, las reuniones más

frecuentes son con representantes de supervisión y de la entidad. Las reuniones **no tienen un tiempo fijo de duración** y se recalca que estas podrían ser más efectivas en cuanto a resolución de problemas. Por un tema burocrático, la entidad se toma el **tiempo máximo que dispone en la ley de contrataciones** con el estado, por lo que las respuestas rápidas son escasas.

Los principales problemas que reconoció son las numerosas **deficiencias respecto al expediente técnico e incompatibilidades** que retrasan la ejecución. En su caso, la actividad que más influye en la ejecución del proyecto, es el **tendido de la red de tuberías de conducción de agua y desagüe**. Cuando se encuentran variaciones en el proyecto, las decisiones las toma la entidad. En cuanto a adicionales de obra, se trata de optimizar tanto técnica como económicamente la propuesta. No hay un control de la productividad dentro de la empresa, lo cual es una deficiencia común en una empresa privada mediana. Asimismo, existen problemas sociales, como la intervención de la mayor parte de las calles del distrito, generando **incomodidades** propias de la ejecución de la obra. Por otro lado, se atraviesan propiedades particulares y, aunque la entidad otorgó los documentos para la **disponibilidad del terreno**, algunos propietarios se oponen a los trabajos y ponen condiciones.

A manera de mejorar en la ejecución, debería haber un profesional o equipo concentrado en identificar las deficiencias del proyecto y proponer soluciones a estos problemas, llevar un seguimiento y control de los cambios requeridos en el proyecto de tal manera que, cuando se requiera elaborar adicionales o deductivos, la información este identificada y lista para poder salvar las deficiencias. Dicha información debería servir para garantizar la logística y el abastecimiento de obra. Otra optimización, sería un área de costos que realice un seguimiento a estos y un área de producción que programe la obra previa evaluación de los costos;



consecuentemente, con estos costos referenciales, se debería optimizar los materiales, la mano de obra y los procesos.

En la *sección BIM*, señaló que tiene conceptos generales sobre esta metodología, pero no ha llegado a aplicarla de manera profesional. Conoce que, en un futuro, el estado solicitará este método para sus proyectos, por lo que se ha familiarizado con algunas herramientas que provee *AutoDesk* y está dispuesto a capacitarse en ellas. Reconoce que, con estos nuevos métodos, se puede integrar las etapas del proyecto para una mejor gestión de las mismas y que un LOD300 sería el ideal para ejecutar un proyecto. Menciona que sería ideal contar con un software integral que maneje la empresa y se tengan a todas las áreas involucradas, incluidos el almacén, administración y contabilidad, lo que haría posible manejar toda la información con una base de datos con control en tiempo real. Luego de que se le explicó los niveles de madurez BIM, indicó que sería bueno llegar al nivel 3, siempre y cuando exista una previa evaluación de la rentabilidad de su aplicación, ya que, como es nueva, no hay muchos profesionales expertos en ella. Considera que la mayor limitación en este tipo de proyecto, para trabajar con la metodología BIM, es que no se tiene ningún tipo de información de los proyectos previos (redes existentes); sin embargo, para la PTAR y reservorios que son partidas totalmente nuevas, se podría aplicar esta metodología sin ningún tipo de limitación.

#### **4.1.4. Entrevista realizada a P-4**

El cuarto entrevistado señaló que el proyecto es mediano, pero lo consideraría de gran magnitud para el distrito. P-4 viene trabajando en la etapa de ejecución del proyecto y se relaciona con todas las especialidades que requieran prevención de accidentes de trabajo.

Mencionó que planifica sus actividades netamente con un plan de seguridad, el cual va de la mano con un plan general anual distribuido en un **cuadro Gantt** en el que se visualizan las

actividades. Cuenta con 5 frentes de trabajo distribuidos en diferentes sectores; en cada uno de estos se cuenta con prevencionistas como personal de apoyo. En el plan de trabajo, se reconocen los materiales necesarios para cada frente y se solicitan al área logística, con el fin de cumplir las medidas de seguridad establecidas por norma.

Para controlar los avances, se solicita a todos los prevencionistas **informes mensuales** para **evaluar su rendimiento** y ver si han logrado las metas programadas. Dentro de estos informes, se incluye riesgos críticos, horas hombre trabajadas, recursos y materiales trabajados, medidas colectivas y lo más importante son las horas hombre sin tiempo perdido. Se tiene una meta de cero accidentes cada mes, para ello hay una división entre las horas totales y la ocurrencia de los accidentes. Después, están las **metas de los informes mensuales**, las cuales se van presentando en el proyecto y se controlan para que se cumpla lo establecido en el contrato. Para compartir información, se tiene una carpeta, que no está compartida porque no hay un software corporativo, y se hace un informe mensual a la residencia de obra y a la entidad, previo al llenado de un **cuaderno de obra**, en la que se les brinda todo el historial y requisitos legales según la normativa vigente.

El entrevistado señala que tiene como partes involucradas cuatro áreas dentro del proyecto, las cuales son la residencia, el área técnica, medio ambiente y seguridad. Externamente se tiene a la **supervisión, contraloría y ministerio de vivienda**, las cuales han debido de estar en todas las etapas. Con ellas, se realizan reuniones por lo menos una vez al mes (**reuniones mensuales**), las cuales son colaborativas y se exponen los avances, dudas y consultas que son absueltas en beneficio de la parte ejecutora. Estas reuniones pueden durar entre **1 a 2 horas** o hasta tomar decisiones importantes; sin embargo, cuando se hacen consultas directas a la entidad, estas pueden tomar hasta una semana en ser contestadas por temas burocráticos.

El entrevistado resalta que, desde el expediente técnico, existe un error garrafal (**deficiencia del expediente técnico**), que es un presupuesto deficiente para el área de seguridad en el trabajo, que solo alcanzaría para un mes y medio de desarrollo del proyecto. Para ello, la gerencia de la empresa ejecutora tuvo que intervenir para que su trabajo no se vea limitado. Las actividades que más impacto tienen, son los trabajos de alto riesgo que no han sido consideradas, como, por ejemplo, para **excavaciones** mayores a 3m se necesitan mayores recursos económicos los cuales no están presupuestados, causando problemas económicos e incumplimientos con la normativa vigente. También, se tienen presente los **problemas sociales**, ya que algunos pobladores buscan problemas porque no están de acuerdo con la gestión municipal actual, mientras que otros pobladores se muestran inconformes por el desconocimiento de la actividad de movimiento de tierras masivas, lo que genera **incomodidad** con el tránsito. Por ello, se busca **transmitir los alcances del proyecto** y las problemáticas que se puedan dar a través de las radios dentro del distrito con mayor audiencia.

Se identifica como la mayor dificultad en el proyecto, a la **falta de presupuesto** y a la **falta de permisos** que no ha otorgado la entidad, lo que afecta los plazos de ejecución.

En cuanto a *sección BIM*, señala que conoce sobre la metodología, pero no esta tan instruida en ella. Solo conoce los programas básicos de programación, pero le gustaría conocer más sobre este método. Le resultan interesantes los beneficios como la integración de todas las etapas del proyecto y las reuniones con todas las partes involucradas. Estaría a favor de implementarla en un proyecto, ya que toda implementación de algún sistema que facilite el control del proyecto y que gestione en tiempo real todos los recursos siempre va a ser una inversión buena. Considera que la metodología BIM va a mejorar todo el proceso productivo del proyecto y se podrán identificar las falencias en tiempo real, con el fin de tomar acciones inmediatas.

#### **4.1.5. Entrevista realizada a P-5**

El quinto entrevistado menciona que el proyecto es de gran magnitud para la población del distrito y el departamento en general. Asimismo, ha trabajado con varias áreas como la residencia, gerencia, calidad, seguridad, medio ambiente, arqueología y otras áreas técnicas desde que empezó a laborar en la ejecución del proyecto.

Señala que, para la planificación de trabajos, cuenta con un **programa ya establecido** en el contrato de obra para la ejecución, a partir el cual se ejecutan las distintas partidas. Para distribuir los frentes de trabajo, lo hacen en función de la **disponibilidad del terreno** para cada partida; por ejemplo, para las líneas de conducción, ya están trabajando, pero no se tiene la total disponibilidad del terreno. Para gestionar los materiales necesarios, se hace una solicitud al gerente de la empresa para adquirir los materiales y recursos necesarios para cumplir con los trabajos, y que, como parte técnica de la empresa, no se hace responsable del proceso de adquisición.

Para controlar los avances, utilizan los **rendimientos** que se van controlando, y se verifica que se llegue al **avance programado** en cada frente de trabajo. Para ello, a 5 días del fin de cada mes, se le solicita a cada frente los informes mensuales para realizar la **valorización** y el acumulativo para ver si corresponde, utilizando formatos de control de metrados de cada partida en ejecución. Con esto, se busca cumplir la meta de culminar la programación mensual y presentar los documentos de valorizaciones y metrados correspondientes.

El entrevistado señala que las partes involucradas vienen a ser la entidad **ejecutora dueña del proyecto, la supervisión de obra y la empresa contratista** con todos sus agentes que han estado involucradas desde el inicio de la obra. Se realizan **reuniones semanales** con estas partes, de mínimo **1 hora**, en las que se toman decisiones para dar solución a los problemas encontrados.

En caso la consulta sea a la entidad, esta se toma el **tiempo que propone la ley de contrataciones con el estado**.

Reconoce que uno de los problemas principales es la falta de **disponibilidad de terrenos**, ya que esto impide la creación de frentes de trabajo, retrasando los trabajos programados. La actividad que más influye en el proyecto es la ejecución de la **línea de conducción** de más de 24 km y el sistema de **entubado de agua potable**. Es normal que algunos pobladores se alteren ante los trabajos de excavaciones y la suspensión del servicio de agua potable (**incomodidad de la población**), pero siempre se trata de dar soluciones a cada problema específico. Al inicio de cada actividad, se trata de **transmitir a la población** el alcance del proyecto para que conozcan cómo es que se llevará a cabo y qué inconvenientes podrían surgir.

El principal problema es no tener los terrenos disponibles para la ejecución de algunas partidas y que la **entidad no responda en plazos adecuados** a las consultas que se le hacen. Considera que los agentes de la entidad deberían estar más capacitados para poder solucionar las consultas y agilizar los trabajos.

En lo que respecta a la *sección BIM*, no ha tenido oportunidad de trabajar con ella ni ha escuchado sobre el plan BIM Perú, pero indica que si le gustaría capacitarse en nuevas tecnologías de la construcción. En cuanto a la integración de las etapas del proyecto, precisó que ayudaría a reducir los problemas y sería ideal que la misma empresa sea la que realice el expediente técnico y sea la encargada de la operación y mantenimiento. Cree que un LOD300 sería perfecto para trabajar y que un modelo 3D ayudaría con los trabajos a realizar. Considera que sería ideal llegar al mayor nivel de madurez BIM, pero que, para ello, sería necesario involucrar personal experto en esta metodología y trabajar junto a ellos para poder conocer mejor este sistema.

## 4.2. Análisis global

Al comparar las respuestas obtenidas de las cinco entrevistas, se puede notar que los profesionales coinciden en las réplicas de la gran mayoría de las interrogantes planteadas, pese a que trabajan en diversas áreas dentro del proyecto. Para empezar, en la sección *Generalidades del proyecto*, mencionaron que el proyecto es de **mediana magnitud** en lo que respecta a su alcance y presupuesto, asimismo, señalaron unánimemente que los trabajos realizados son de suma importancia y gran relevancia para el distrito de Curahuasi. Finalmente, dijeron que solo han participado en la **etapa de ejecución** de la obra, como es habitual en proyectos públicos en el Perú.

En la sección de *Gestión de proyectos*, se puede ver que los entrevistados siguen los mismos métodos para planificar las actividades (**diagramas de GANTT y PERT/CPM**) aunque trabajen en áreas distintas dentro de la empresa ejecutora. No obstante, la mayoría de los métodos mencionados son tradicionales y no se rigen bajo ninguna filosofía de gestión de proyectos. Algo similar sucede con las réplicas respecto al control y seguimiento del avance del proyecto, ya que, según lo que comentaron, los métodos para dichas actividades (**metrados**) se limitan a los solicitados por la supervisión y la entidad, además de que no son muy exactos y son realizados mensualmente (**valorizaciones mensuales**), por lo que se tienen espacios grandes de tiempo sin fiscalizar este aspecto. En cuanto a la identificación de las partes involucradas del proyecto, cada entrevistado indicó que reconoce a diversos participantes, principalmente relacionados a su área de labores, de los cuales resaltan **la entidad, la supervisión y la población**. Sin embargo, cuando los profesionales respondieron sobre la relación que llevan con estos participantes externos a la empresa ejecutora, mencionaron que se limitan a lo que exige la **ley de contrataciones con el estado** y que la frecuencia de las reuniones con estos es **mensual**, por lo que se están

desaprovechando oportunidades de tener una comunicación fluida que agilice los largos plazos que la entidad y la supervisión se atribuyen de acuerdo a la ley.

Precisamente, este inconveniente con la **latencia de respuesta** viene a ser uno de los problemas durante la ejecución que más comentaron los entrevistados, ya que es una de las principales causas de retraso en los trabajos. En la misma línea, mencionaron que la falta de **disponibilidad de terrenos** significa otra causa de retraso y que, justamente, no se llega a una solución por que la entidad no toma las atribuciones, ni otorga respuesta de cuándo se tendrán los permisos necesarios para ejecutar determinadas partidas. Asimismo, la intervención en áreas como las pistas de la ciudad y terrenos agrícolas representan una obvia **incomodidad en la población**, lo que puede desencadenar protestas hacia la constructora. Es así que, los problemas antes mencionados pueden ser englobados dentro de la dificultad más comentada por los entrevistados, la cual viene a ser las **deficiencias encontradas en el expediente técnico**, ya que estos errores u omisiones originados en la etapa de diseño desencadenan dichos problemas. Asimismo, como mencionaron algunos entrevistados, las deficiencias del expediente técnico obligan a que se realice un **replanteo** casi completo del proyecto, con el fin de identificar posibles adicionales o deductivos, lo cual genera un gasto de presupuesto y tiempo añadido.

Las problemáticas identificadas contrastan con las que normalmente suelen ocurrir en proyectos de este tipo, por lo que el proyecto tiene un alto potencial para explotar sus oportunidades de mejora usando la metodología BIM. Esta, a través de sus usos, conceptos y herramientas, podría dar solución a varias trabas dentro de la ejecución, tal como lo perciben los entrevistados, quienes están dispuestos a capacitarse en este sistema, puesto que, además de incrementar la productividad y reducir pérdidas durante la ejecución de esta obra, lo consideran como el futuro de la construcción pública en el Perú.

### **4.3. Análisis transversal del caso de estudio**

En este acápite, se evaluarán las respuestas de las 3 secciones de la entrevista, analizándolas factor por factor, para así obtener información exacta con la cual trabajar en capítulos posteriores.

#### **4.3.1. Sección Generalidades**

En esta sección de la entrevista, se buscó que los profesionales identifiquen, en términos generales, los detalles del proyecto que están realizando, obteniendo lo siguiente:

##### **4.3.1.1. Identificación del proyecto**

En este factor, todos los profesionales entrevistados detallaron el nombre del proyecto (“Ampliación, mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de los 08 barrios urbano marginales de la localidad de Curahuasi, Abancay – Apurímac.”) y el alcance que conllevaba su desarrollo, detallando que los productos finales son: Redes de agua potable y alcantarillado, la línea de conducción del agua potable, las dos plantas de tratamiento (agua potable y aguas residuales respectivamente), y las obras de arte (captaciones, reservorios, etc.). De igual manera identificaron las siguientes especialidades involucradas:

- Ingeniería Hidráulica
- Estudio de Suelos
- Ingeniería Estructural
- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería de Seguridad y Salud
- Arqueología



#### **4.3.1.2. Magnitud del proyecto**

El siguiente factor de la sección evaluada halló que para el 80% de los profesionales entrevistados, en cuanto a su alcance y presupuesto, se consideraba al proyecto de mediana magnitud. No obstante, el 20% de los profesionales entrevistados mencionó que, para la región Apurímac, el proyecto que venían ejecutando era de gran magnitud.

#### **4.3.1.3. Etapas del proyecto**

El último factor de la primera sección de la entrevista determinó un dato clave para el desarrollo de esta investigación: la etapa del proyecto. Es así que, los profesionales entrevistados mencionaron que, en los proyectos públicos que licita el Estado, existen las siguientes etapas:

- Pre inversión (etapa de diseño o expediente técnico)
- Inversión (etapa de construcción o ejecución)
- Post inversión (etapa de operación y mantenimiento)

Asimismo, recalcaron que la empresa encargada de la ejecución del proyecto solo participa en la etapa de inversión, mas no tienen ningún tipo de intervención en la etapa de Pre inversión; no obstante, participan de manera indirecta en la etapa de Post inversión, ya que ellos son los encargados de capacitar al personal que realizará la Operación y Mantenimiento del proyecto.

#### **4.3.2. Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución**

Durante el estudio del caso, esta sección se consideró como el eje de esta investigación, puesto que se evaluaron los 4 factores relevantes, con los cuales se buscó encontrar las oportunidades de mejora en las cuales podía intervenir la metodología BIM; por ello, las distintas respuestas que proporcionaron los entrevistados, se valoraron de la siguiente manera, destacando los *Componentes* más relevantes:

#### 4.3.2.1. Variable: Planificación

La totalidad de profesionales entrevistados coincidieron que, para la planificación de la ejecución del proyecto, existía un **cronograma y costo ya establecido** en el expediente técnico, que fue realizado previamente por la entidad que propició el diseño del proyecto; sin embargo, debido a las deficiencias que se encontraron en dicho documento, era necesario realizar el **replanteo del proyecto**, con el fin de detectar incompatibilidades y determinar cambios necesarios, los cuales generarían un incremento en el plazo y costo mediante Adicionales de Obra.

De la misma manera, los profesionales entrevistados afirmaron que planifican sus trabajos y organizan la secuencia de las actividades a realizar mediante un **diagrama de Gantt y por el método PERT/CPM**, herramientas que son consideradas básicas si se usan de manera convencional. Asimismo, para planificar el costo utilizan el **presupuesto** brindado en el expediente técnico, con los precios unitarios dados, los cuales pueden estar expuesto a reajustes debido a factores como la inflación.

Finalmente, los profesionales entrevistados recalcaron que la planificación del proyecto dependía enteramente de la **disponibilidad de las partidas** que se les permitían ejecutar, debido a la falta de permisos pertinentes para la libre ejecución de partidas del contratista.

#### 4.3.2.2. Variable: Seguimiento y control

En cuanto al seguimiento y control de los avances del proyecto (costo), los entrevistados P-1-, P-2 y P-3 afirmaron que esta actividad se realiza mediante **la extracción de los metrados** y se reporta en las **valorizaciones mensuales**, usando los programas de Autodesk, S10 y las herramientas de Office. Sin embargo, en lo que refiere al control del cronograma, no mencionaron ninguna actividad o herramienta utilizada para realizar este proceso.

Asimismo, recalcaron que las partidas que más impactan dentro del alcance del proyecto, tanto en tiempo como en costo, son las partidas de excavación, el tendido de tuberías en las redes de agua y alcantarillado, y la línea de conducción.

#### **4.3.2.3. Variable: Partes involucradas**

En esta sección, cada profesional mencionó qué partes involucradas pudo identificar, entre las cuales se mencionaron:

- Entidad ejecutora (propietaria del proyecto)
- Empresa a cargo de la supervisión
- Empresa a cargo de la ejecución (considerando los profesionales de todas las áreas involucradas)
- Beneficiarios (población de Curahuasi)
- Ministerio de Vivienda
- Entes controladores
- Construcción Civil – Frente de defensa

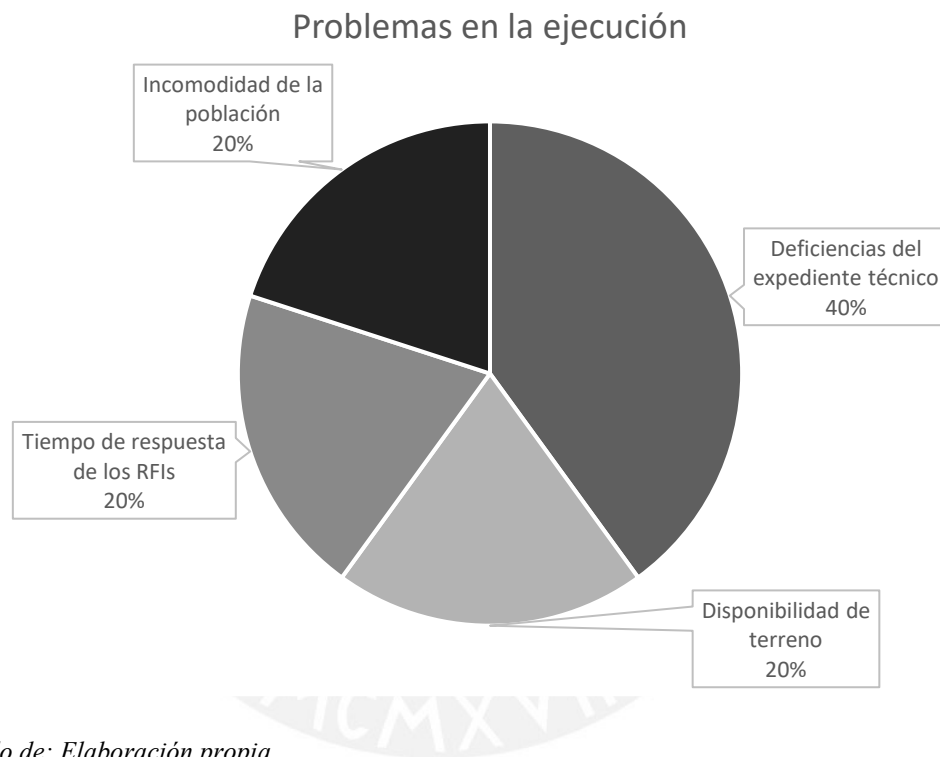
Asimismo, P-1 y P-2 mencionaron que, internamente (solo la empresa ejecutora), se utilizan las **redes sociales** para un intercambio rápido de la información. Pero, para el intercambio de información externo (con las partes involucradas), utilizan el **cuaderno de obra** virtual al cual solo ellos tienen acceso, considerando que existen **tiempos de respuesta establecidos por la ley de contrataciones del estado**. De igual manera, P-3, P-4 y P-5 informaron que las reuniones internas de la empresa se dan semanalmente y tienen una duración entre 1 a 2 horas aproximadamente.

#### 4.3.2.4. Problemas en la ejecución del proyecto

En este inciso, la entrevista estaba diseñada para tratar de recopilar toda la información posible de los problemas que se han generado hasta la fecha en la ejecución del proyecto evaluado. Por lo tanto, la frecuencia de las respuestas encontradas se expresa en la figura N°13:

**Figura 13:**

*Análisis de los Problemas en la ejecución*



Finalmente, para una mejor evaluación y contraste de las variables consideradas en esta investigación, con respecto a las respuestas de cada uno de los entrevistados, se presenta la tabla N° 7, que presenta la frecuencia de respuestas de cada profesional:

**Tabla 7:***Análisis de variables*

<b>Recurrencia de respuestas de los entrevistados</b>							
<b>Respuesta</b>	<b>Variable</b>	<b>Entrevistados</b>					<b>Total</b>
		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	
Diagrama de Gantt y PERT/CPM	Planificación	X	X		X		3
Detección de interferencias	Planificación	X	X				2
Disponibilidad de partidas	Planificación	X	X	X		X	4
Presupuesto	Planificación	X	X	X	X	X	5
Metrados y valorizaciones	Seguimiento y control	X	X	X	X	X	5
Curva S	Seguimiento y control	X		X			2
Cronograma valorizado	Seguimiento y control	X	X	X		X	4
Reuniones semanales	Partes involucradas	X	X		X	X	4
Reuniones mensuales	Partes involucradas	X					1
Reuniones según se requiera	Partes involucradas		X	X			2
Deficiencias del expediente técnico	Problemas en la ejecución	X	X	X	X		4
Retraso en la absolución de consultas	Problemas en la ejecución	X	X			X	3
Incomodidad de la población	Problemas en la ejecución	X	X	X	X	X	5
Disponibilidad de terreno	Problemas en la ejecución		X	X	X	X	4

*Adaptado de: Elaboración propia.*

### **4.3.3. Sección BIM**

La tercera y última sección de la entrevista, instrumento de la presente investigación, tuvo por objetivo percibir si es que los profesionales entrevistados conocen, están capacitados o tuvieron experiencia previa con los conceptos de la metodología BIM, y si les motivaría ahondar más en este sistema.

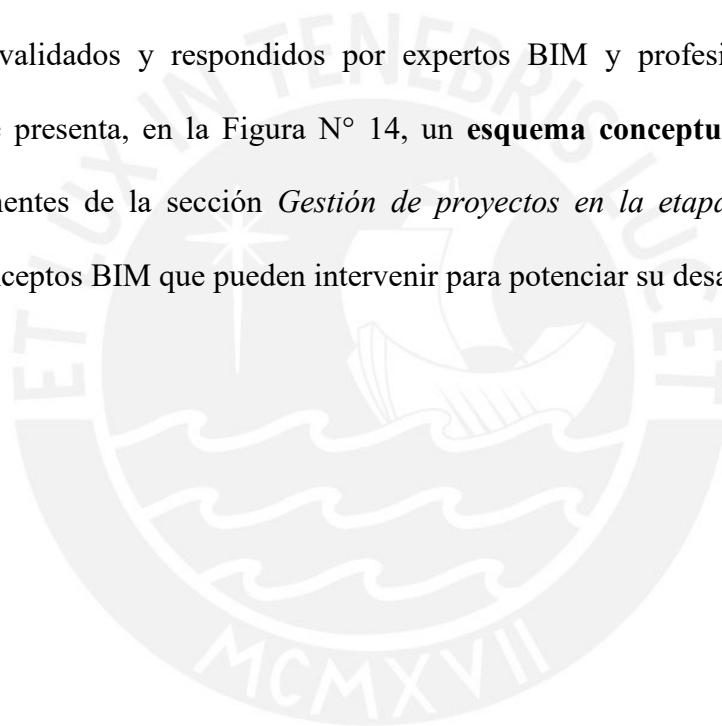
Es así que, los entrevistados P-1, P-2 y P-3, mencionaron que habían oído que esta nueva tecnología estaba entrando al mercado de la construcción, mientras que, P-4 y P-5, no tuvieron la oportunidad de estudiar el tema ni estuvieron relacionados con ningún otro proyecto que utilice esta metodología. No obstante, la entrevista se diseñó con preguntas acerca de los principios y usos que se le da a la metodología BIM, sin utilizar conceptos extraños para los profesionales entrevistados. Es así que se pudieron obtener datos relevantes, los cuales también servirán como punto de partida para poder crear un plan de uso de BIM en el caso de estudio. Esta información fue la siguiente:

- Existe disposición para capacitarse y capacitar a su personal en nuevas tecnologías de información.
- El mínimo nivel de detalle con el que trabajarían sería un LOD 300; no obstante, sería óptimo poder llegar a un LOD 500.
- Es necesario, si se llega a implementar esta metodología, un Plan de ejecución BIM (BEP), donde se definan las bases, reglas y normas a seguir para realizar el proyecto estrictamente bajo la metodología BIM.
- Una de las dificultades para usar BIM es que no se dispone de información previa de las redes de agua potable y alcantarillado existentes, por lo que dificultaría la realización del modelo 3D.

#### 4.4. Esquema Conceptual: Aplicación BIM en la gestión de proyectos

En este acápite, se centran los esfuerzos en evaluar y analizar cada uno de los componentes de la sección principal de la entrevista (*Gestión de proyectos en la etapa de ejecución*), puesto que el objetivo de esta es determinar la metodología con la que se gestiona el desarrollo de los trabajos en la obra, con el fin de identificar las oportunidades de mejora en las que la metodología BIM pueda intervenir.

Por ello, partiendo de los conceptos y herramientas BIM desarrollados en el marco teórico, y de los factores validados y respondidos por expertos BIM y profesionales entrevistados respectivamente, se presenta, en la Figura N° 14, un **esquema conceptual** que concentra los principales componentes de la sección *Gestión de proyectos en la etapa de ejecución* de la entrevista y los Conceptos BIM que pueden intervenir para potenciar su desarrollo:



**Figura 14:**

*Esquema conceptual: Factores Relevantes vs. Conceptos BIM*

Factores relevantes	Componentes esenciales de la entrevista	Conceptos BIM	Modelo BIM		USOS BIM			Reuniones colaborativas ICE	Entorno de datos compartidos (CDE)
			Dimensiones BIM	Nivel de desarrollo	Extracción de metrados y costos	Detección de interferencias	Visualización		
Planificación	Diagrama de Gantt y PERT/CPM	4D	LOD 350						
	Presupuesto	5D	LOD 350						
	Replanteo del proyecto	3D	LOD 350						
	Disponibilidad de partidas								
Seg. y control	Control del cronograma	4D	LOD 350						
	Metrados y valorizaciones	5D	LOD 350						
	Cronograma valorizado	5D	LOD 350						
Part. Invol.	Reuniones con las partes								
	Intercambio de información								
Problemas	Deficiencias del expediente técnico	3D 4D 5D	LOD 350						
	Retraso en la absolución de consultas								
	Incomodidad de la población								

*Adaptado de: Elaboración propia.*

A continuación, se explicará cómo es que los conceptos BIM pueden aportar y/o subsanar cada oportunidad de mejora y/o componente que se pudo identificar en las entrevistas a los profesionales involucrados en el proyecto.



#### 4.4.1. Planificación

El primer factor a evaluar es la *Planificación* en la ejecución del proyecto en estudio. En la entrevista, cada uno de los entrevistados tuvo distintas respuestas en lo que respecta a la programación o planificación de las actividades para ejecutar el proyecto, teniendo, principalmente, 3 réplicas:

La primera manera de planificar el cronograma y el costo del proyecto es mediante el uso de Diagramas de Gantt y el presupuesto respectivamente, que son gráficos de barras y cuadros de Excel que sirven para representar visualmente el cronograma y el costo del proyecto. A pesar de ser herramientas ampliamente utilizadas en proyectos de construcción, es necesario la utilización de conceptos complementarios para mejorar y potenciar su uso. A continuación, describimos algunos usos y conceptos BIM que pueden impulsar estas herramientas de planificación:

- La *detección temprana de interferencias* y el poder de *visualización* que otorgan los **modelos BIM** en el proyecto, permitirían programar de mejor manera la ejecución de las partidas tanto en plazo como en costo, ya que se evitarían los cambios inoportunos en la programación, generando que se tenga mucha más holgura en el desarrollo del proyecto y se evite llegar a la ruta crítica.
- Las **reuniones colaborativas ICE** ayudarían a que la planificación en diagramas de Gantt sea mucho más precisa y con la menor cantidad de inconvenientes, debido a que lograrían reunir todos los especialistas del proyecto de manera periódica para evaluar la programación de actividades.
- Finalmente, el **entorno de datos compartidos CDE** va a permitir que cada uno de los profesionales e involucrados del proyecto tengan toda la información que

otorgan los diagramas de Gantt y el presupuesto en cualquier dispositivo electrónico y en tiempo real.

La segunda respuesta clave que dieron los profesionales entrevistados fue que es necesario un replanteo del proyecto para detectar interferencias, debido a las tantas deficiencias del expediente técnico. Los conceptos y herramientas BIM capaces de lograr un replanteo mucho más preciso son las siguientes:

- Un correcto manejo de las **dimensiones BIM** y de los **niveles de desarrollo LOD**, permitirían que el replanteo del proyecto logre mejores entregables y un nivel de detalle mucho más específico, logrando que se alcance un nivel superior en el alcance, memoria de cálculo y memoria descriptiva replanteados (*detección de interferencias y visualización*).
- Las **Reuniones colaborativas ICE** lograrían que el replanteo del proyecto se realice de manera más rápida y dinámica debido a la participación de todos los profesionales involucrados.
- El **Entorno de datos compartido CDE** va a permitir que todos los entregables del replanteo estén disponibles para todos los trabajadores y profesionales del proyecto al alcance de su smartphone y/o computadora, y en tiempo real, logrando que se resuelvan rápidamente los problemas que se presentan día a día en la ejecución de partidas.

La última respuesta recurrente de los profesionales entrevistados fue que la planificación y/o programación de las actividades a realizarse en cada día, depende en gran manera a la disponibilidad que se tiene para ejecutar estas. Esto se da, debido a que el expediente técnico

presenta una amplia lista de deficiencias que se tuvieron que replantear y los cambios propuestos para partidas específicas no son aprobados por la entidad. A continuación, se desarrolla cómo es que las herramientas BIM pueden dar solución a este gran problema presente en este proyecto:

- En un futuro cercano, la Integración del ciclo de vida del proyecto propone ser una herramienta muy utilizada e incluso obligatoria, ya que esta permitiría que las etapas de diseño (expediente técnico), ejecución y operación/mantenimiento participen conjuntamente en todo el ciclo de vida de los proyectos, logrando que se eviten los errores de diseño y presupuesto, que generalmente presentan los proyectos públicos del Perú.
- No obstante, una solución cercana a este problema son las **Reuniones colaborativas ICE**, que, al reunir a los involucrados del proyecto de manera frecuente y periódica, pueda lograr llegar a acuerdos entre las partes, y los permisos se otorguen de manera más rápida y no solo dependan del tiempo de respuesta establecido por la ley de contrataciones del estado.

#### **4.4.2. Seguimiento y control**

El siguiente factor a evaluar es el *Seguimiento y control* de la ejecución del proyecto en estudio. Cada uno de los profesionales expresó, en la entrevista, distintos métodos y/o procesos para dar seguimiento y controlar la realización de partidas del proyecto. Se tuvieron 4 respuestas principales.

La primera manera de dar seguimiento y controlar el cumplimiento de las actividades es mediante el metrado de las partidas realizadas (Avance físico del proyecto). Se mencionó que, un equipo encargado, realiza de manera semanal (acumulativo mensualmente) el metrado de cada una de las partidas ejecutadas y es comparado con el metrado meta que se estableció al inicio de cada

mes para cada uno de los frentes de trabajo. Esta manera de controlar los avances del proyecto es muy tradicional, además de ser muy trabajosa. Las siguientes herramientas que dispone la metodología BIM aportarían de gran manera para dar seguimiento a las actividades:

- Mediante el uso de las **Dimensiones BIM** y los **Niveles de desarrollo LOD**, es posible alcanzar un nivel muy alto de exactitud en los *metrados*, haciendo que el control de los avances del proyecto tenga la mínima cantidad de errores; de igual manera, el uso de las herramientas mencionadas, con un **modelo BIM (visualización)** facilitarían exponencialmente la obtención de los *metrados* de manera mucho más rápida, comparada con la tradicional.
- Un **Entorno de datos compartidos CDE** implementado en el proyecto haría que los *metrados* de las partidas ejecutadas estén al alcance de los profesionales autorizados y que los gerentes del proyecto puedan dar un seguimiento más estricto. Asimismo, los cambios en tiempo real agilizarían la *detección de interferencias* para su posterior corrección.

La siguiente forma mencionada para dar seguimiento al desarrollo de las actividades que se realizan en la obra es mediante un *Cronograma valorizado*. Este es un documento, en el cual se plasman las valorizaciones de las partidas del proyecto por periodos determinados (en este caso mensualmente), y se presentan dichos resultados en distintos gráficos, como la *Curva S*. Este documento también parte de la extracción de *metrados*, pero, a diferencia de la anterior respuesta, este se basa en un avance netamente monetario de las partidas. Es por ello que, las herramientas plasmadas para una mejor extracción de *metrados* van en cadena para mejorar esta forma de controlar y seguir los avances del proyecto.

Finalmente, es importante recalcar que los profesionales entrevistados no mencionaron un control del cronograma, por lo que el uso de la metodología BIM podría implementar un seguimiento del cronograma mediante el uso herramientas como la comparación del plan semanal con el porcentaje de plan cumplido que entrega el *Modelo BIM*.

#### **4.4.3. Partes involucradas**

El tercer factor evaluado es la comunicación con las *Partes involucradas* en la ejecución del proyecto. En la entrevista aplicada a los profesionales, se pudo evidenciar que los entrevistados si tienen correctamente identificados a cada uno de los involucrados, sin embargo, no se dispone de un plan para relacionarse exitosamente con estos.

Consecuentemente, se mencionaron los pilares para transmitir la información con las partes involucradas:

El primero, son las reuniones que se dan a lo largo del desarrollo del proyecto. Una de las respuestas más repetidas fue que las reuniones con las partes involucradas externas se realizan según la necesidad; de igual manera se mencionó que internamente (solo la empresa contratista) las reuniones semanales son obligatorias, ya que en ellas se evalúan avances, se planifican metas, se solucionan problemas, etc. Por lo tanto, varias de las herramientas y principios BIM son capaces de potenciar la relación con las partes involucradas, siendo una de estas las ***Reuniones colaborativas ICE***, que impulsan a que se posea o implemente un Plan de acción para relacionarse de manera correcta y efectiva con las partes involucradas al proyecto. Asimismo, impulsa que se programen sesiones colaborativas periódicamente, con la asistencia obligatoria de todos los involucrados, con el fin de mejorar la gestión del proyecto en su etapa de ejecución (planificación, seguimiento y control).

El segundo pilar de este factor es el intercambio de información. Esta actividad, como mencionaron los entrevistados, generalmente se realiza documentalmente (físico), por las redes sociales (WhatsApp) y mediante el Cuaderno de obra digital. Es evidente que, esta manera de intercambiar información, tiene un alto potencial para ser mejorada por una de las herramientas BIM. El *Entorno de datos compartido CDE* tiene la capacidad de establecer el uso de softwares y plataformas digitales, con la finalidad de que todas las partes involucradas puedan tener acceso inmediato a la información que se les permita, puedan intercambiar cualquier formato de archivo actualizado en tiempo real y puedan coordinar de manera mucho más dinámica cualquier identificación de interferencia y dar solución a cualquier tipo de problema presente en el desarrollo de la ejecución del proyecto.

#### **4.4.4. Problemas en la ejecución del proyecto**

El último factor a evaluar son los *Problemas en la ejecución del proyecto*. La entrevista realizada para los profesionales involucrados en el proyecto tuvo mucho énfasis en este factor, debido a que era importante encontrar o identificar cuáles serían las oportunidades de mejora en las que la metodología BIM pueda suplir. Por ello, los entrevistados mencionaron los 3 problemas más recurrentes en la ejecución del proyecto hasta el momento.

El problema más mencionado en la entrevista fue las *Deficiencias del expediente técnico*. Como también se afirmaba en el marco teórico de la presente investigación, este problema está presente en la gran mayoría de proyectos públicos en el Perú, y es que este se origina por el poco presupuesto que se dispone para el diseño de los proyectos y la falta de experiencia de las empresas consultoras que lo realizan. Una de las soluciones a largo plazo es la Integración del ciclo de vida del proyecto que va a permitir que todas las etapas de los proyectos públicos en el Perú, puedan integrarse y generar entregables (expediente técnico) acordes a la importancia y profesionalismo

que se merecen este tipo de proyectos. De igual manera, usar los principios que dispone BIM (*Dimensiones, LOD, CDE*) harían que, tanto el diseño como la construcción, operación y mantenimiento, tengan entregables con un altísimo nivel de calidad y de detalle.

El segundo problema, claramente identificado por los entrevistados, fue el *Retraso en la absolución de consultas* de parte de la entidad. Esto se debe a que el tiempo de respuesta de los requerimientos de información está establecido por la Ley de contrataciones del estado, siendo a veces tiempos exagerados; este retraso, genera que no se permita trabajar de manera adecuada, originando incumplimiento de los plazos y costos por parte del contratista. La solución inmediata a este problema es el uso de un *Entorno de datos compartido CDE*, ya que, este permitiría transmitir los requerimientos de información de manera inmediata y se podrá ver el estado del trámite en tiempo real. Así mismo, establecer las *Reuniones colaborativas ICE* de manera periódica en el proyecto, generaría que estas consultas puedan resolverse sin la necesidad de esperar el tiempo establecido por norma.

Finalmente, uno de los problemas en que se tiene que hacer énfasis es la incomodidad de la población. Este problema social se da generalmente por desconocimiento de la población sobre el tipo de trabajo que se está haciendo y las incomodidades que tienen que soportar para que la obra sea exitosa. Es por ello que, con los *usos BIM (visualización)*, el *Entorno de datos compartidos CDE*, las *Reuniones colaborativas ICE* y un adecuado manejo de las partes involucradas, se facilitaría la tarea de transmitir el real alcance del proyecto y los beneficios que conlleva el trabajo que se viene realizando.

## Capítulo V: Propuesta de un plan para el uso de BIM

Recapitulando, para proponer un plan para el uso de la metodología BIM, primeramente, se definieron distintas variables/factores teóricos (*Planificación, Seguimiento y Control, Partes involucradas y Problemas en la ejecución*), con el fin de generar un cuestionario, el cual, luego de pasar por una validación de expertos y haber levantado las observaciones, se aplicó, mediante una entrevista, a los profesionales involucrados en el proyecto de estudio; consecuentemente, a través de las respuestas de los entrevistados (componentes), las variables teóricas y los distintos conceptos BIM, se realizó un **esquema conceptual** para definir, específicamente, qué herramientas son aplicables para repotenciar la gestión de proyectos en la ejecución de un proyecto público de saneamiento, siendo estas herramientas la base para la construcción de un Plan de uso BIM.

### 5.1. Plan de uso BIM preliminar

El Plan de uso BIM preliminar parte de la formulación de una Hoja de Ruta la cual especifica el mapeo de los pasos o etapas a seguir para usar de manera adecuada la metodología BIM en el caso de estudio (proyecto de saneamiento). Por ello, es necesario justificar cada paso o etapa elegida, con la finalidad de estructurarlo lógicamente y secuencialmente:

En primer lugar, Ricardo Zepeda (2020), especialista de la Academia BIM Chile (la cual se especializa en capacitar, implementar y desarrollar la tecnología BIM en profesionales y empresas de la industria de la construcción chilena), indica que, para una correcta implementación BIM, en principio, es necesario considerar tres componentes fundamentales: las personas, los procesos y las tecnologías. Por lo tanto, la vinculación de estos componentes es inminente, ya que, se parte de la asignación de distintas funciones y responsabilidades (roles) a las personas del proyecto, las cuales, a través del uso de herramientas tecnológicas, podrán establecer cada uno de



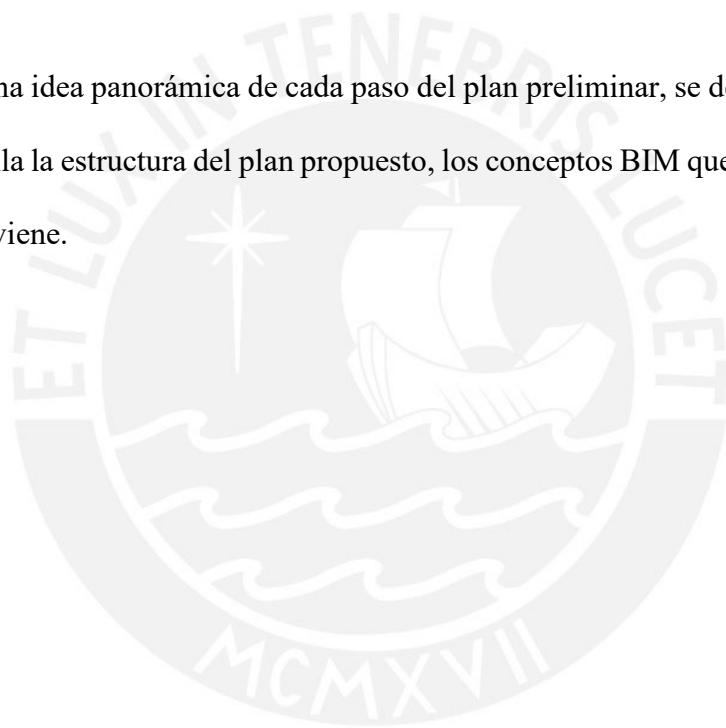
las mejoras que requieren los procesos del proyecto. De igual manera, Zepeda afirma que el trabajo de implementación de herramientas BIM a flujos y/o procesos de un proyecto, parte por la definición de los objetivos que se pretenden lograr con la implementación. Es así que, el **Primer Paso** del plan de uso de BIM toma por nombre: ***Implementación de personas y herramientas, y la definición de sus objetivos***, y contiene las *Entradas*, el *Procedimiento Propuesto* y los *Objetivos* de cada uno de los componentes necesarios (Personas, Herramientas y Procesos) para una correcta adopción BIM en la obra analizada.

En segundo lugar, según señala la Guía Nacional BIM, es necesario elaborar un modelo en un espacio virtual, el cual debe representar gráficamente el proyecto a realizarse y, además, debe contener las especificaciones de la documentación desarrollada durante la etapa de pre-inversión del proyecto. Este modelo BIM tiene por finalidad proporcionar a la construcción una mejora en los siguientes parámetros: eficiencia en el desarrollo del proyecto, capacidad en el manejo de los recursos y ahorro en los costos y tiempos del proyecto. Es así que, el modelo BIM y los parámetros que logra potenciar este, están relacionados directamente con las personas/herramientas implementadas y cada uno de los objetivos trazados en el paso previo. Por lo tanto, el **Segundo Paso** del plan de uso de BIM toma por nombre: ***Construcción del modelo BIM***, y desarrolla las *Entradas* y el *Procedimiento Propuesto* para la construcción del Modelo BIM, pero a diferencia del anterior paso, esta no contiene objetivos, sino comprende las *Consideraciones* a tener presente al momento de realizar del Modelo BIM.

Finalmente, como se detalló en capítulos previos, el uso de la metodología BIM se da gradualmente, ya que se modifican distintos procesos y flujos, los cuales la empresa y los trabajadores tienen que adoptar progresivamente. Es así que, habiendo justificado los dos primeros pasos del plan de uso de BIM, es inminente el desarrollo de distintos programas informáticos y/o

herramientas, los cuales están basadas en: la identificación de oportunidades de mejora identificadas en la entrevista, los objetivos BIM trazados anteriormente, la implementación de personas e instrumentos y el modelo BIM concluido. Es por esto que el último y **Tercer Paso** del plan para el uso de BIM es el *Desarrollo de herramientas BIM*, el cual despliega dos herramientas BIM que tienen la capacidad de atender los problemas más recurrentes identificados en la entrevista de los profesionales del caso de estudio, además de contribuir/repotenciar directamente a las variables analizadas en el marco teórico.

Para tener una idea panorámica de cada paso del plan preliminar, se desarrolla la tabla N°8 en la que se desarrolla la estructura del plan propuesto, los conceptos BIM que utiliza y los factores valorados que interviene.



**Tabla 8:**

*Estructura del Plan Preliminar*

Pasos	Concepto BIM	Factores Valorados	Componentes Esenciales		
<b>Paso 01: Implementación de personas y herramientas, y definición de objetivos</b>	Proceso Inicial de Adopción	Personas	Equipos BIM		
		Herramientas	Hardware y Softwares		
		Objetivos	Delimitación de propósitos		
		Planificación	Diagrama de Gantt y PERT/CPM		
			Detección de interferencias		
			Presupuesto		
		Dimensiones BIM y Nivel de Desarrollo LOD	Seguimiento y Control	Metrados y Valorizaciones Cronograma Valorizado Control del cronograma	
			Problemas en la Ejecución	Deficiencias del Expediente Técnico Retraso en la absolución de consultas	
		<b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b>	Extracción de metrados y costos	Seguimiento y Control	Metrados y Valorizaciones Cronograma Valorizado Presupuesto
				Problemas en la Ejecución	Deficiencias del Expediente Técnico
Planificación	Detección de interferencias				
Detección de interferencias / Visualización	Seguimiento y Control			Metrados y Valorizaciones Cronograma Valorizado Control del cronograma	
	Problemas en la Ejecución		Deficiencias del Expediente Técnico Retraso en la absolución de consultas Incomodidad de la población		
			Planificación	Detección de interferencias Disponibilidad de partidas	
Reuniones Colaborativas ICE	Partes Involucradas		Reuniones con las partes Intercambio de información		
	Problemas en la ejecución		Deficiencias del Expediente Técnico Retraso en la absolución de consultas		
	<b>Paso 03: Desarrollo de herramientas BIM</b>		Entorno de Datos Compartidos (CDE)	Planificación	Diagrama de Gantt PERT/CPM Planos del replanteo Presupuesto
Seguimiento y Control				Metrados y Valorizaciones Cronograma Valorizado Control del Cronograma	
Partes Involucradas		Intercambio de información			
Problemas en la ejecución		Retraso en la absolución de consultas			

*Adaptado de: Elaboración propia.*

## 5.2. Validación del plan

Para validar el plan de uso BIM preliminar, se recurrió al método de juicio de expertos. Para esto, se invocó a distintos profesionales con una experiencia mínima de 06 años en el uso, aplicación o implementación de la metodología BIM y más de 08 años en ejecución de proyectos de saneamiento o infraestructura en el Perú. En cada entrevista que se realizó con cada uno de los expertos BIM, se expuso el **Plan Preliminar**, con el objetivo de que cada experto BIM pueda analizar este plan y, consecuentemente, brindarnos sus observaciones y recomendaciones con el fin de mejorar el plan de uso de BIM.

Con respecto a la hoja de ruta, mencionaron que es conveniente fijar los problemas que se quiere abarcar con el plan de uso BIM para que este tenga los objetivos bien definidos, según los usos planteados a utilizar. Asimismo, sugieren estandarizar los términos usados en la hoja de ruta para mejorar la comunicación entre los profesionales que usarán el plan y que la adopción de este plan pueda realizarla cualquier empresa constructora.

En cuanto al Paso 01, mencionaron que los objetivos de cada componente deben establecerse de forma gradual y a partir de ello se debe destinar una inversión para la implementación. También recomendaron que el Coordinador o BIM Manager también podría hacer la tarea de Capacitador de los profesionales de la empresa y así poder disminuir costos. Además, añadieron que, al ser una obra de saneamiento, la cual tiene distintos frentes de trabajo en lugares distintos, se tenga más de un modelador BIM. También mencionaron que es conveniente especificar cada software a utilizar y explicar para qué sirve el programa en el plan.

En lo que respecta la Paso 02, recomendaron ser más específicos con los objetivos a alcanzar con cada dimensión BIM y detallar las razones por las cuales serían útiles en proyectos

de saneamiento. Además, agregaron que es necesario considerar plantillas o familias de programas para este tipo de proyectos de saneamiento, ya que no son muy comunes.

En lo que respecta al Paso 03, recomendaron que para una correcta adopción de estas herramientas, es necesario el compromiso de cada una de las partes interesadas (Entidad y Supervisión) para así alcanzar menores tiempos de respuesta a la absolución de consultas. Además, mencionaron evaluar la recurrencia de reuniones con algunos involucrados, ya que algunas no son necesarias realizarlas periódicamente. Reconsiderar la plataforma CDE planteada, ya que existen programas mucho más amigables que podrían facilitar la adopción de esta metodología; también evitar terminologías muy pesadas en el uso de esta herramienta.

Finalmente, cada uno de los expertos BIM llenaron una encuesta tipo LIKERT, la cual tenía por objetivo medir el grado de conformidad del experto encuestado con el plan inicial propuesto, herramienta por la cual nos permite tener una mejor retroalimentación al momento de levantar las observaciones para el plan de uso de BIM final.

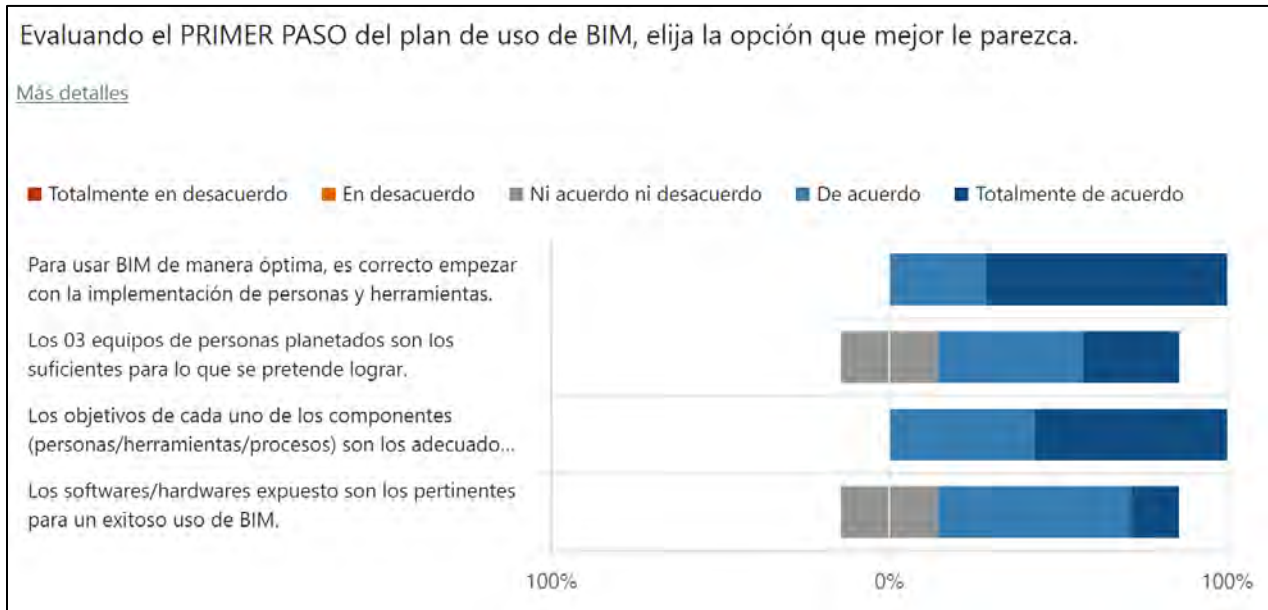
A continuación, en las siguientes figuras se muestran los resultados de la escala de Likert utilizada con los expertos BIM. Cabe recalcar que las recomendaciones y observaciones de los 07 expertos entrevistados se encuentran en: ANEXO N°8, ANEXO N°9, ANEXO N°10, ANEXO N°11, ANEXO N°12, ANEXO N°13 Y ANEXO N°14.

De igual manera, el detalle de la encuesta con escala de Likert se encuentra en la siguiente dirección:

*“<https://forms.office.com/Pages/AnalysisPage.aspx?AnalyzerToken=q9wpTYUJZjLWbvkrCHVrcMempuYM3d2m&id=DQSIkWdsW0yxEjajBLZtrQAAAAAAAAAAAAAAAAAATSD5ChURE02VzZWRVMwSzZKQTM3VFhCNUVEVkvHVS4u>”*

**Figura 15:**

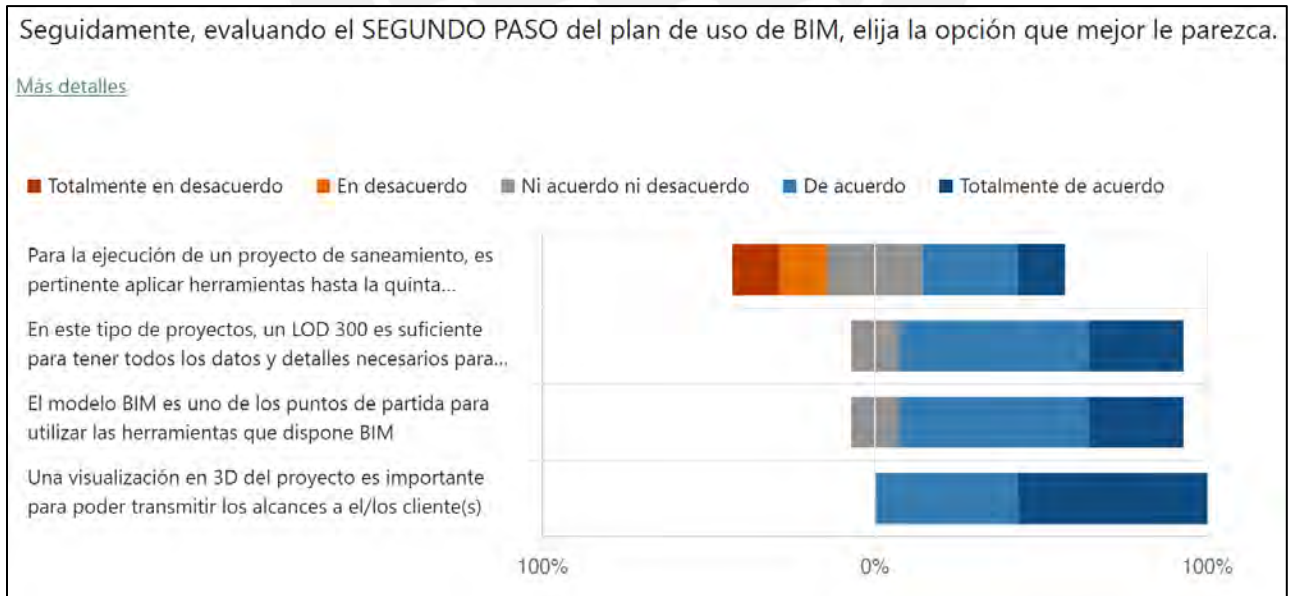
*LIKERT - Paso 01*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 16:**

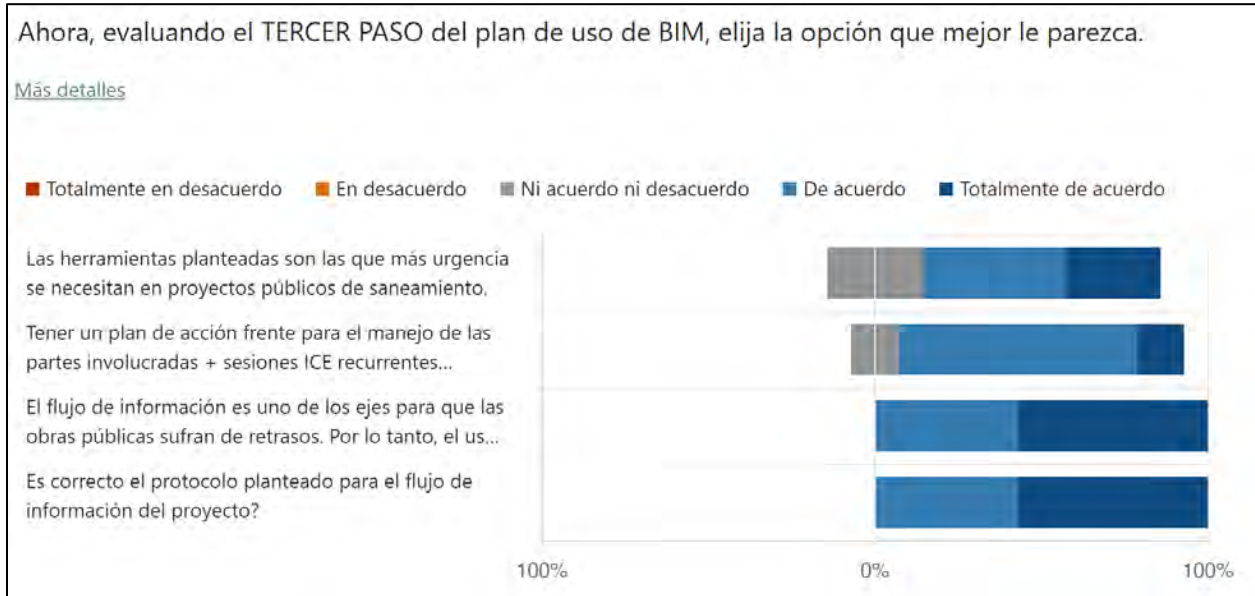
*LIKERT - Paso 02*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 17:**

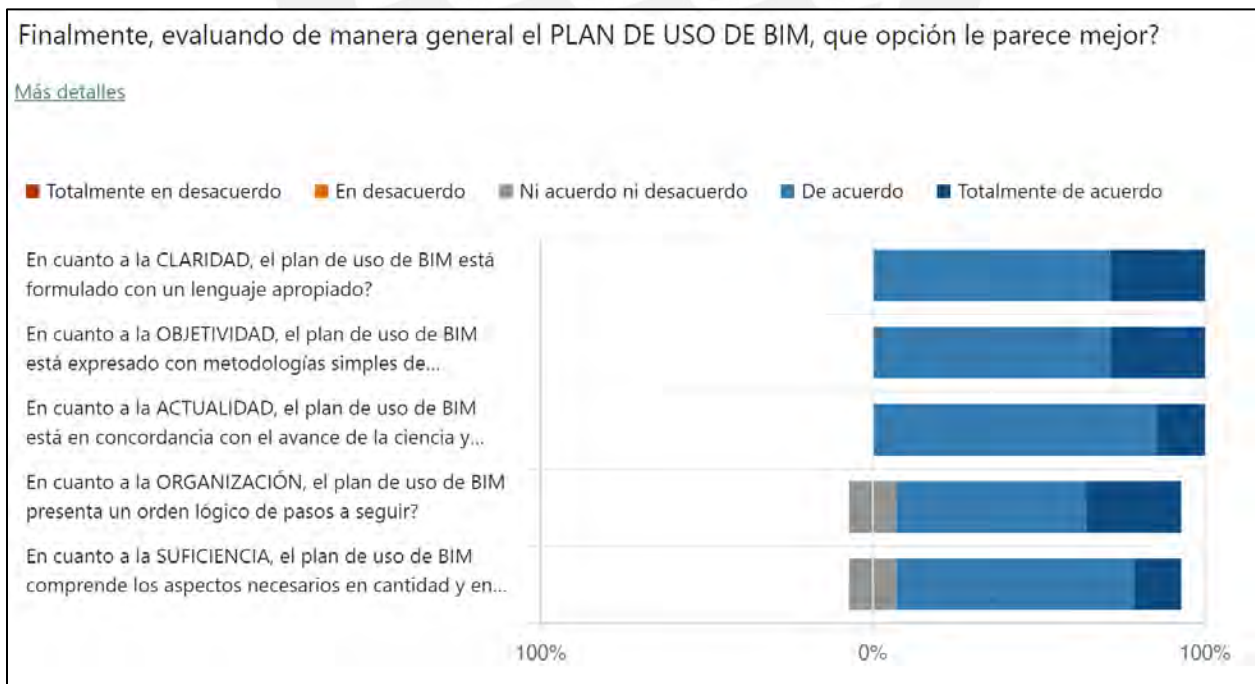
*LIKERT - Paso 03*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 18:**

*LIKERT - Plan general*

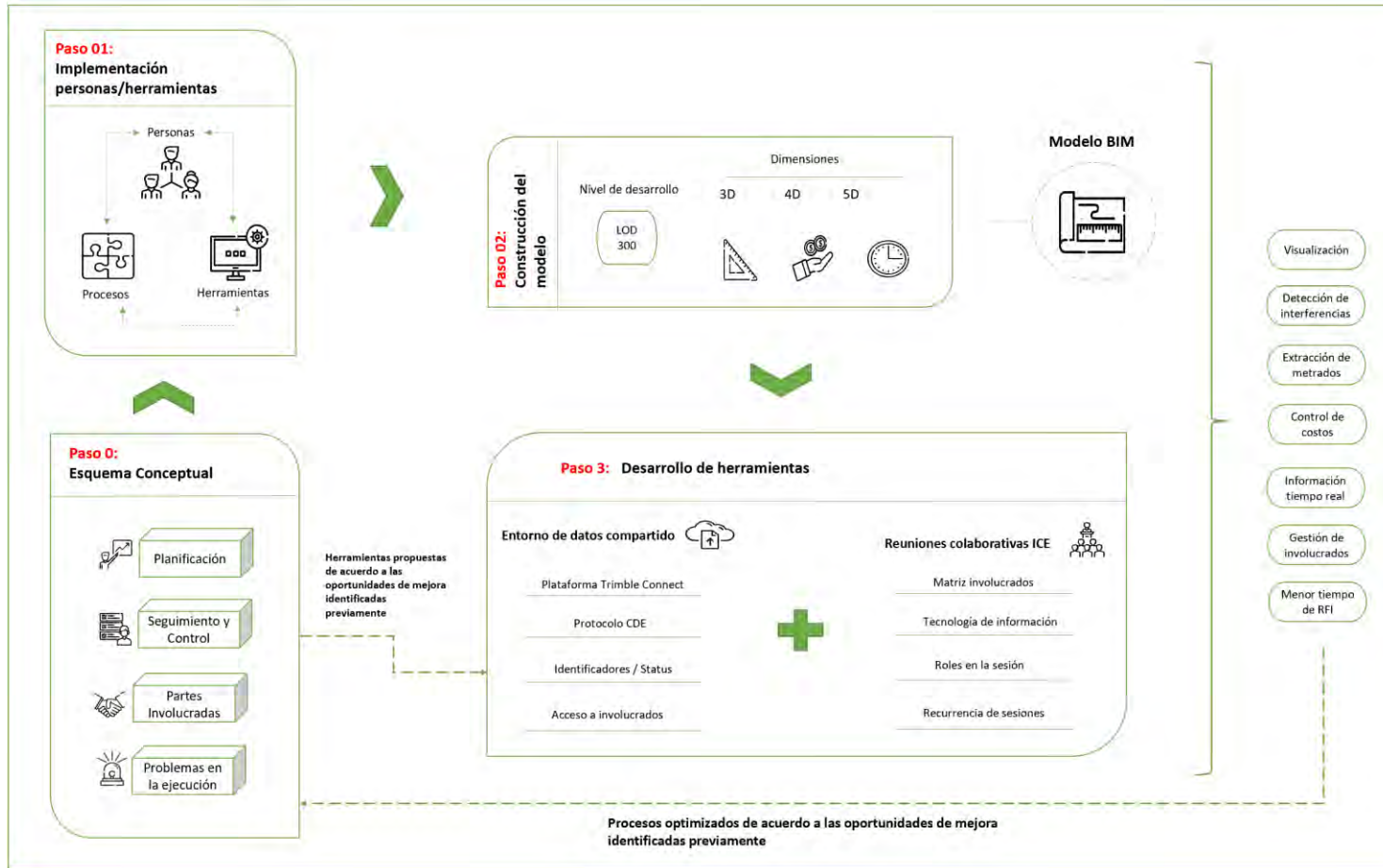


*Adaptado de: Elaboración propia.*

### 5.3. Plan de uso BIM final

Figura 19:

Hoja de Ruta final del Plan para el uso de BIM



Adaptado de: Elaboración propia.



### 5.3.1. PASO 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos:

La implementación de personas y herramientas, complementada con la definición de lo que se quiere lograr en cada uno de estos componentes, va a contribuir para lograr un correcto uso de la metodología BIM:

#### 5.3.1.1. Personas

##### ✓ Entradas

- **Modeladores BIM** con conocimientos o experiencia constructiva en obras de saneamiento. (**02 personas**, ya que en el caso de estudio se evidenció frentes de trabajo en distintas zonas o lugares)
- **BIM Manager** o coordinador BIM (**01 persona**, que también cumplirá la tarea de capacitación/introducción BIM)

##### ✓ Procedimiento propuesto

Para empezar a implementar BIM, es indispensable que el equipo de profesionales y/o personal técnico que trabaja en la empresa ejecutora se introduzca, de manera gradual, al uso de la metodología BIM y sobre los distintos conceptos, procesos y herramientas que podrá disponer para realizar sus actividades.

De igual manera, es necesario el ingreso de personal experto en el uso e implementación de BIM, con el fin de que lideren los siguientes equipos/roles dentro del proyecto:

- **Equipo de Modelación BIM (02 personas):** encargado de desarrollar modelos BIM, utilizando distintos mecanismos de representación y extracción de información de los documentos técnicos ya existentes.
- **Equipo de Coordinación BIM (01 persona):** o también llamado *BIM Manager*, se encarga de desempeñar la función coordinadora del proyecto, desarrollando

habilidades de integración de los distintos grupos de profesionales. Este lidera el flujo de trabajo y vela que todos los involucrados cumplan lo estipulado en la planificación. Asimismo, se encargará del rol de “*Capacitador BIM*”, motivando a los profesionales de la empresa a que quieran aprender a ejecutar sus actividades con la ayuda de BIM y tratar de no confundirlos o agobiarlos por la gran cantidad de información que demanda aplicar esta metodología.

Es conveniente que el *Equipo de Coordinación BIM* trabaje de manera paralela y conjunta con el Residente de obra, ya que es necesaria la experiencia en obras de saneamiento del residente para poder orientar al Equipo de Modelación.

#### ✓ **Objetivos**

Habiendo completado la implementación de *Personas* en la empresa, se espera que el equipo de profesionales y expertos BIM logren:

- Un mejoramiento considerable en sus capacidades para tomar decisiones, mejorar la comunicación y aumentar la calidad en las actividades que realizan.
- Un entorno/espacio colaborativo adecuado para el correcto desarrollo de BIM.
- Un manejo de tecnología eficiente y competitivo para cubrir cualquier tipo de necesidad.

### 5.3.1.2. Herramientas e instrumentos

#### ✓ Entradas

Seguidamente, se realiza la implementación de herramientas e instrumentos, los cuales contribuirán al desarrollo tecnológico de la empresa ejecutora, permitiendo un uso de BIM óptimo.

A continuación, se listan los requerimientos mínimos:

#### **HARDWARES:**

- Computadoras portátiles con mínimas condiciones para el uso de programas de ingeniería.
- Smartphones o tabletas con acceso a internet y condiciones mínimas para poder visualizar sin ningún tipo de problemas planos, modelos, metrados, etc.
- Proyector, pizarra inteligente.

#### **SOFTWARES:**

- Softwares que permitan representar gráficamente el proyecto



**Revit:** software de modelado que permite diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico.



**Navisworks:** software que permite a los usuarios combinar los modelos 3D, navegar en ellos en tiempo real y así poder detectar interferencias.



**Infraworks:** software de diseño conceptual de infraestructuras y construcción, que permite a los usuarios modelar, analizar y visualizar contenidos de un entorno 3D.



**BIM Collaborate Pro:** software de coordinación y colaboración que permite compartir información en tiempo real, a través de un espacio compartido.

### ✓ **Objetivos**

Habiendo completado la implementación de *Herramientas e instrumentos*, se espera que se cumpla lo siguiente:

- Manejo de la información en tiempo real, con disponibilidad inmediata.
- Una adecuada integración de *Personas y Procesos*.
- Lograr un alto nivel de detalle en los entregables del proyecto.

#### **5.3.1.3. Procesos**

Finalmente, el último de los pilares para desarrollar exitosamente el uso de BIM, son los procesos desarrollados en el proyecto (planificación de obra, diseño de sistemas constructivos, fabricación digital, seguimiento y control de las actividades, y la modelación As Built). Por ello, para este tipo de proyecto, ejecutar los procedimientos bajo los lineamientos de la metodología en mención, tiene como objetivos lo siguiente:

- Incrementar la calidad de los entregables solicitados.
- Aumentar el valor del proyecto.
- Reducir tiempos de respuesta de requerimiento de información.
- Cumplir con los plazos y costos pactados.
- Mejorar la productividad en el desarrollo de partidas.
- Reducir las pérdidas.

### 5.3.2. PASO 02: Construcción del Modelo BIM

Luego de haber instaurado los Equipos de Modelación y Coordinación, y los instrumentos necesarios, se procede a construir el Modelo BIM del proyecto. Para construir un modelo, es conveniente adoptar dos conceptos que garanticen que se cumplan las condiciones mínimas exigidas para que un proyecto se desarrolle bajo la metodología BIM. Estos conceptos son desarrollados a continuación:

#### 5.3.2.1. Dimensiones BIM

##### ✓ Entradas

Las entradas necesarias para el correcto uso de este concepto son las siguientes:

- Expediente técnico
- Partes involucradas
- Herramientas de modelado
- Herramientas de colaboración
- Equipo de modelación

##### ✓ Procedimiento propuesto

#### Tercera Dimensión (3D):

Partiendo de los planos encontrados en el expediente técnico del proyecto, se solicita al *Equipo de Modelación* representar la obra en un espacio virtual en 3 dimensiones, logrando cumplir con los siguientes usos BIM:

- Visualización 3D del proyecto:
- Detección de incompatibilidades
- Detección de interferencias entre especialidades

Para elaborar el modelo, se usa un software de fácil acceso como el *Autodesk Revit* o *Infraworks*, con enfoque a proyectos de saneamiento. Dicho modelo, será continuamente actualizado según el avance de la ejecución del proyecto y también si se identifican interferencias entre especialidades o si el terreno físico es diferente al señalado por el expediente. Asimismo, este modelo será importante para transmitir de manera óptima los avances del proyecto a los participantes o involucrados con poca experiencia en construcción, ya sea en una reunión con el equipo BIM del proyecto o incluso por cuenta propia al brindarles acceso al CDE donde podrán visualizar el modelo 3D de manera sencilla.

**Figura 20:**

*Vista general del modelo del reservorio*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 21:**

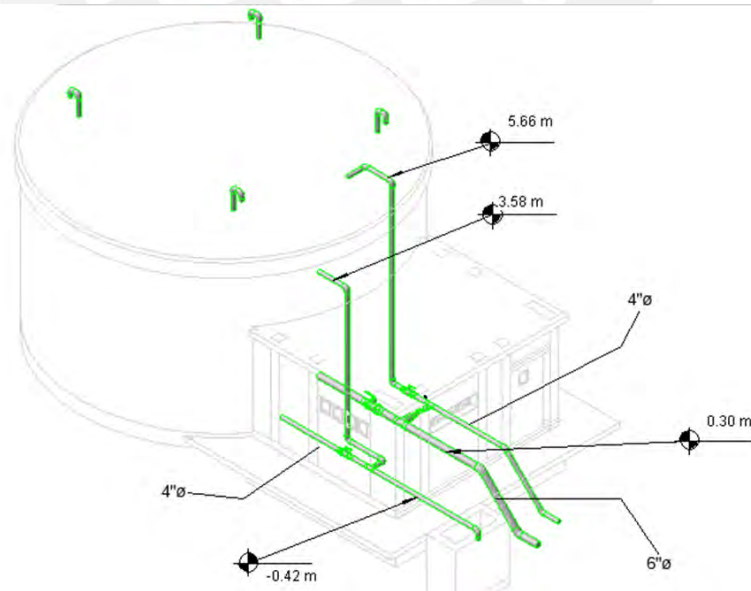
*Vista específica del modelo de estructuras del reservorio.*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 22:**

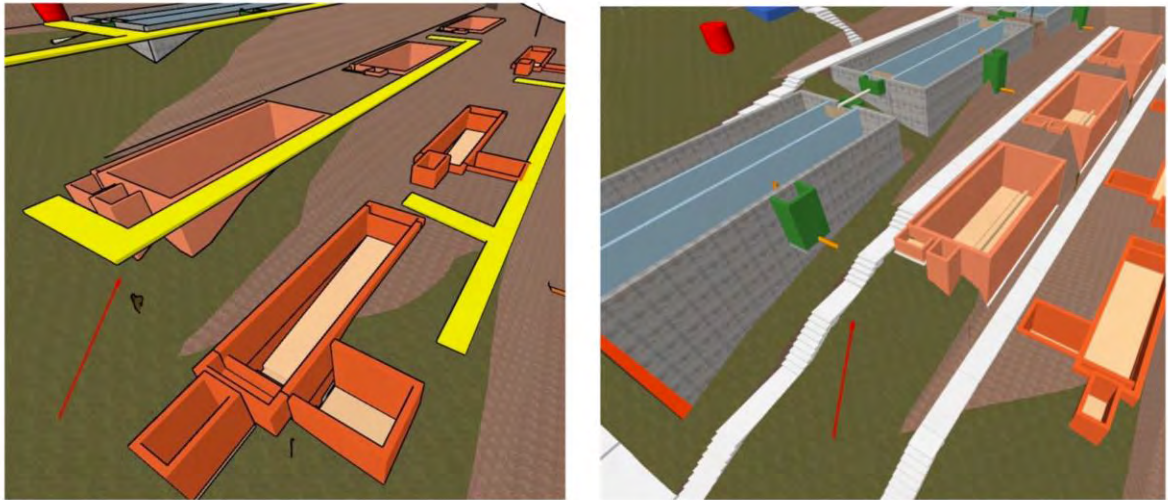
*Vista de coordinación para identificación de incompatibilidades entre especialidades.*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 23:**

*Detección de Incompatibilidades con el expediente técnico y actualización*



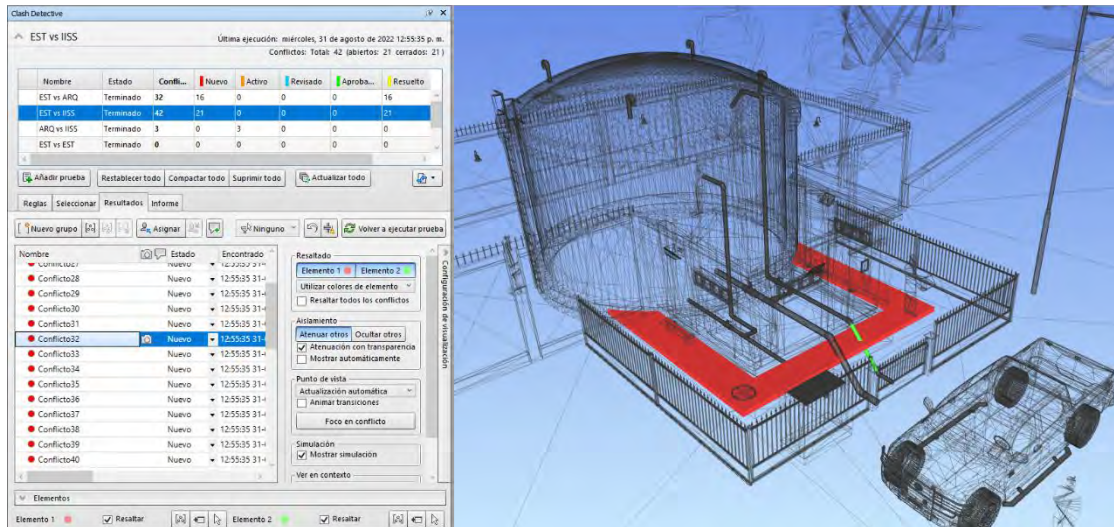
*Adaptado de: Elaboración propia.*

Para una búsqueda e identificación de interferencias más detallada, se empleará el programa *Navisworks Manage*, con el cual es posible unir los modelos de las distintas especialidades en un modelo federado. En este archivo colaborativo, se utilizará la herramienta *Clash Detective*, propia de este software, para agrupar las interferencias en conjuntos, como, por ejemplo: Estructuras vs Sanitarias, Estructuras vs Arquitectura, Arquitectura vs Sanitarias e incluso entre las mismas especialidades (Est vs Est). Incluso es posible discretizar la cantidad de incompatibilidades al desestimar las que son propias del proceso constructivo (Por ejemplo: las tuberías de aducción o conducción que van embebidas en muros de concreto)



**Figura 24:**

*Detección de interferencias usando el software Navisworks Manage*



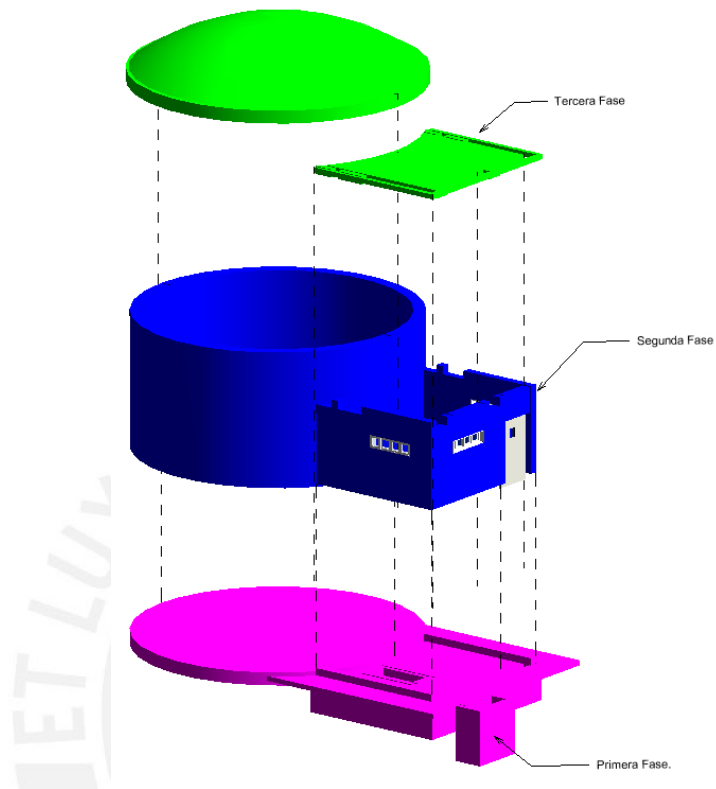
*Adaptado de: Elaboración propia.*

#### **Cuarta Dimensión (4D):**

Una vez realizado satisfactoriamente el modelo en 3 dimensiones, es posible continuar con la dimensión 4D. En primer lugar, se pueden usar los filtros del programa Revit para asignar una sectorización a los distintos elementos de una determinada partida y así establecer una secuencia de trabajos tentativa.

**Figura 25:**

*Sectorización para secuencia de ejecución de trabajos.*

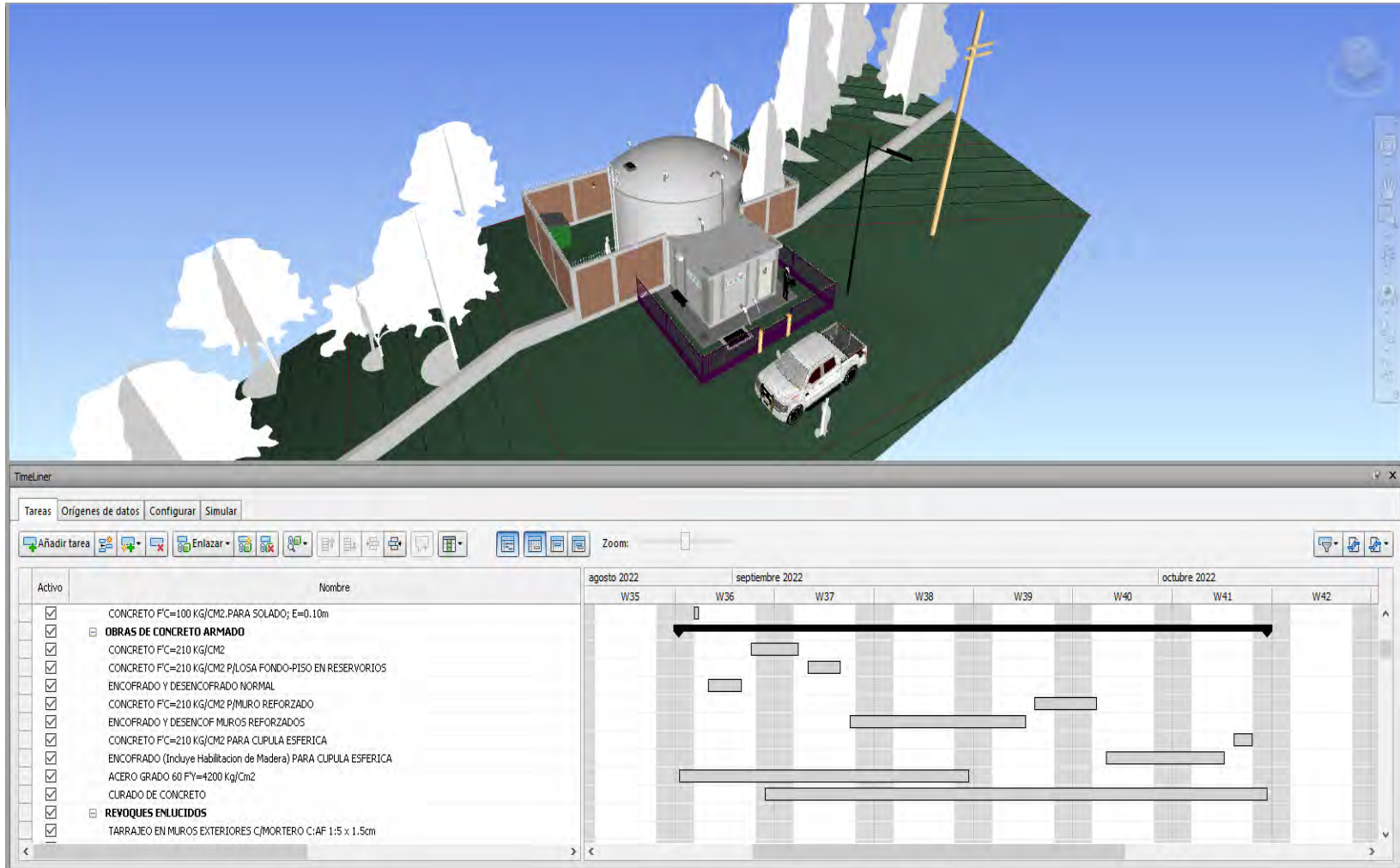


*Adaptado de: Elaboración propia.*

Luego, es factible emplear el software *MS Project*, que permite representar visualmente la programación o **planificación del cronograma** de la obra, la cual normalmente se realiza con un diagrama de Gantt. Este se vincula con el programa *Navisworks*, que permite relacionar dicho diagrama con el proceso constructivo a realizarse, de acuerdo a los sectores o frentes de trabajo que se tengan, obteniéndose una simulación en formato de video que ayude a: verificar visualmente la planificación, mostrar a la población u otros *stakeholders* como se ejecutará la obra y controlar los avances realizados.

**Figura 26:**

*Modelo federado en Navisworks para realizar la simulación 4D usando el programa Ms Project*



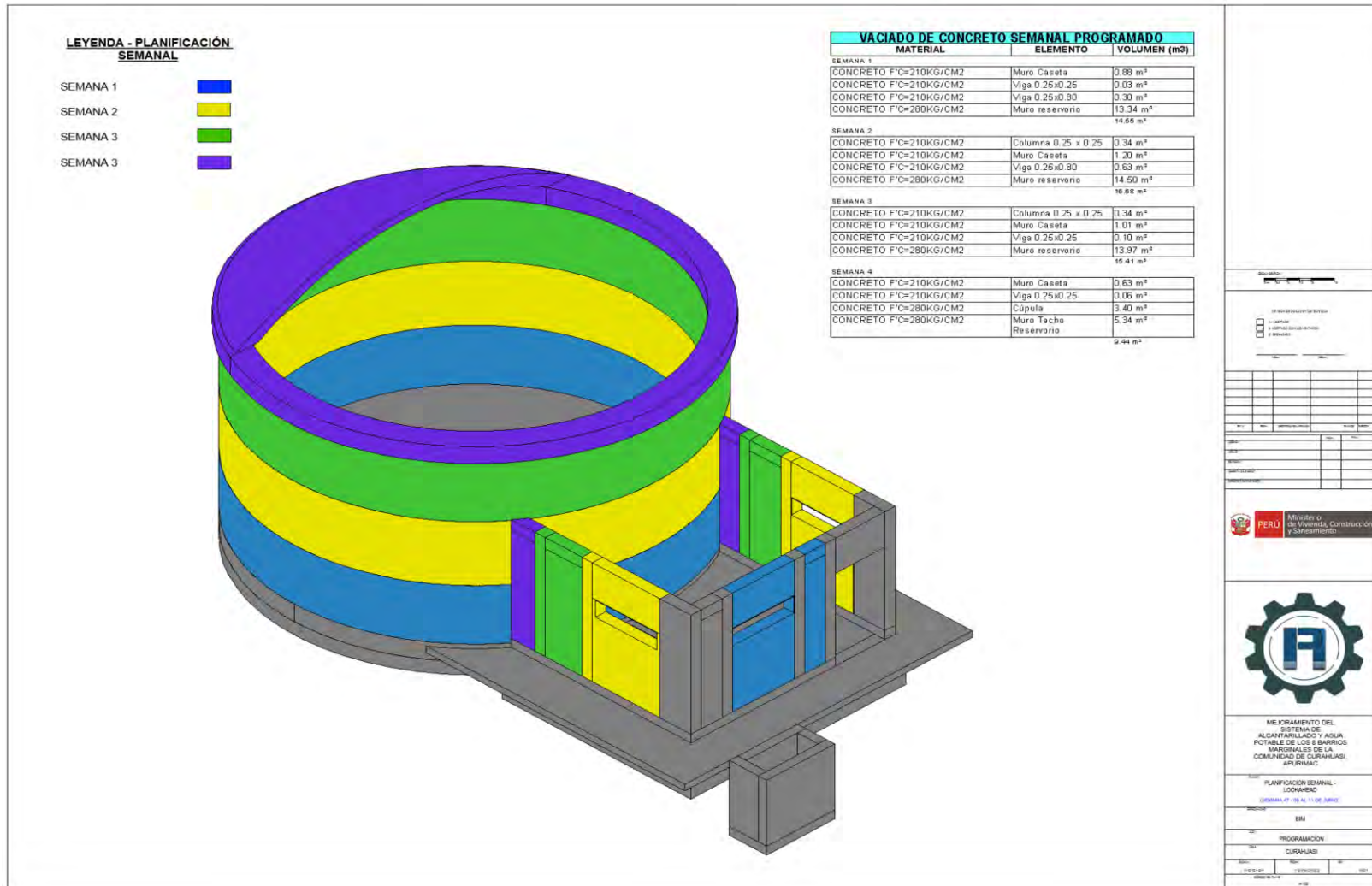
*Adaptado de: Elaboración propia.*

Aprovechando la capacidad del programa Revit de convertir los elementos en “piezas”, se pueden elaborar planos para mostrar los avances de un periodo de tiempo determinado (mensual, semanal o diario, dependiendo de las necesidades del ejecutor) y, también, es posible construir la programación semanal con la versatilidad de los parámetros y filtros propios de este programa. Con ello se pueden generar planos que serán de utilidad para darle seguimiento al avance del proyecto sin la necesidad de visitar cada sector, ya que, en este tipo de obras (saneamiento), usualmente los frentes de trabajo se encuentran considerablemente distanciados uno de otro.



**Figura 27:**

*Modelo de plano de planificación semanal*

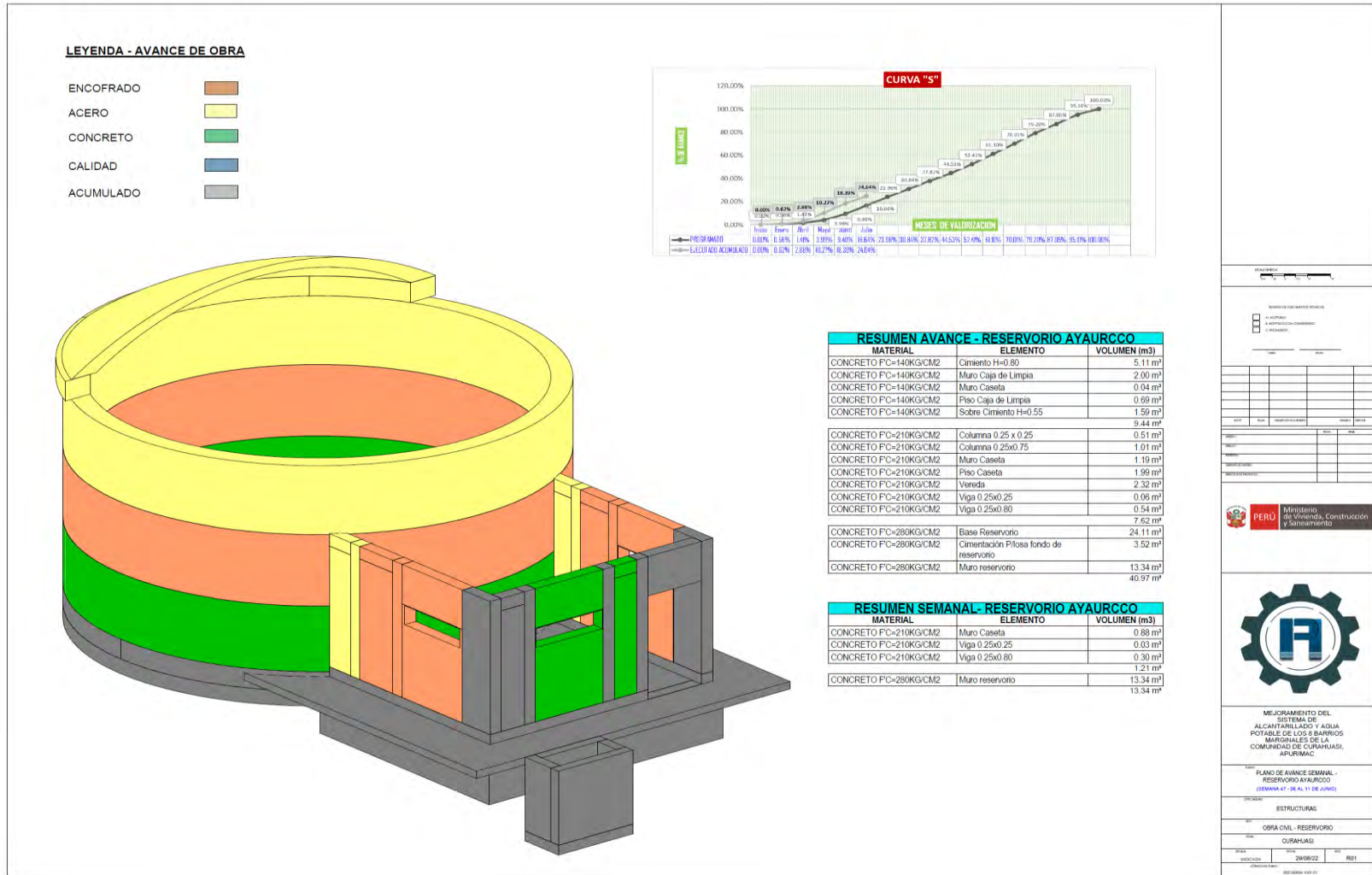


*Adaptado de: Elaboración propia.*



**Figura 28:**

*Modelo de avance de obra*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

Asimismo, estos planos de control pueden ser complementados con tablas de metrados que se generan dentro del mismo programa. En dichas tablas es posible cuantificar de manera precisa los avances físicos estimados y reales, los cuales pueden ser comparados mediante indicadores de control para identificar el ritmo con el que se está ejecutando cada partida dentro de la obra (**control del cronograma**). Con ello, también se abre la posibilidad de controlar la planificación semanal o mensual que se viene dando en el proyecto para alertar posibles retrasos o confirmar el correcto desarrollo de los trabajos.

**Figura 29:**

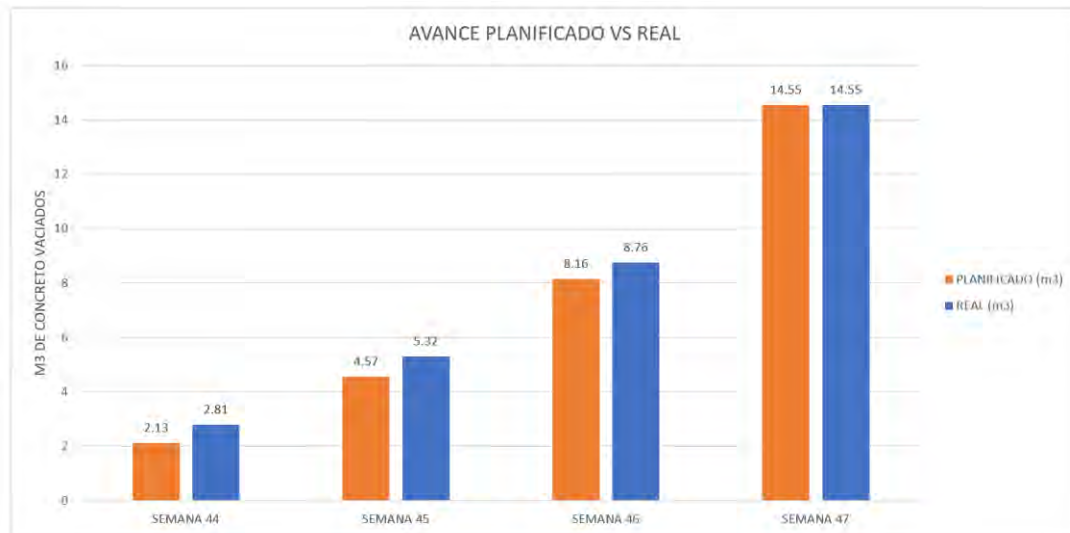
Uso de metrados BIM para el control del Cronograma

CONTROL DE PRODUCCION Y PLANIFICACIÓN EN OBRA - RESERVORIO AYAURCCO				
FECHA:	SEMANA 47	5/07-12/07		
Name - RESUMEN SEMANAL- RESERVORIO AYAURCCO				
MATERIAL	ELEMENTO	VOLUMEN (m3)		
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Muro Caseta	0.88		
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Viga 0.25x0.25	0.03		
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Viga 0.25x0.80	0.30		
CONCRETO F'C=280KG/CM2		Muro reservorio	13.34	
			14.55	
Name - VACIADO DE CONCRETO SEMANAL PROGRAMADO				
MATERIAL	ELEMENTO	VOLUMEN (m3)	% AVANCE	
SEMANA 1				
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Muro Caseta	0.88	100	
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Viga 0.25x0.25	0.03	100	
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Viga 0.25x0.80	0.30	100	
CONCRETO F'C=280KG/CM2	Muro reservorio	13.34	100	
		14.55	100	
RESUMEN CONTROL DE PLANIFICACIÓN - AVANCE REAL				
SEMANA		PLANIFICADO (m3)	REAL (m3)	%
SEMANA 44	12/06 - 19/06	2.81	2.13	76%
SEMANA 45	20/06 - 27/06	5.32	4.57	86%
SEMANA 46	28/06 - 04/07	8.76	8.16	93%
SEMANA 47	05/07 - 12/07	14.55	14.55	100%

*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 30:**

Control del Cronograma



*Adaptado de: Elaboración propia.*

### **Quinta Dimensión (5D):**

El modelo 3D permite llegar a la dimensión 5D, que engloba todo lo relacionado a la **planificación de los costos** y el **control** de estos.

Gracias a los parámetros asignados en el programa Revit (desarrollado líneas abajo: Nivel de desarrollo), se pueden extraer metrados precisos según material, sector, fecha de ejecución, entre otros, lo que permite una mejor **planificación de los costos** durante la ejecución de las partidas.

Por ejemplo, se puede cuantificar la totalidad o el saldo restante de concreto de resistencia  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$  para culminar con la cimentación de un reservorio, con lo que es posible obtener el precio estimado de los materiales, herramientas y mano de obra para completar dicha partida, lo que ayudará también en la procura y planificación de las actividades. Incluso, gracias a la planificación realizada en el modelo (4D), se extraen fácilmente los metrados necesarios para los



trabajos en las semanas planificadas, es decir, apoyándose en los precios unitarios presentados en el presupuesto, es posible estimar los gastos totales en los que se incurrirá en la semana en cuestión.

**Figura 31:**

*Ejemplo de tabla de obtención de metrados de volúmenes de concreto.*

<METRADO DE VOLUMEN DE CONCRETO>	
A	B
ELEMENTO	VOLUMEN (m3)
<b>CONCRETO F'C=140KG/CM2</b>	
Cimiento H=0.80	5.11 m <sup>3</sup>
Muro Caja de Limpia	2.00 m <sup>3</sup>
Muro Caseta	0.04 m <sup>3</sup>
Piso Caja de Limpia	0.69 m <sup>3</sup>
Sobre Cimiento H=0.20	0.06 m <sup>3</sup>
Sobre Cimiento H=0.55	1.59 m <sup>3</sup>
	9.50 m <sup>3</sup>
<b>CONCRETO F'C=210KG/CM2</b>	
Columna 0.25 x 0.25	1.18 m <sup>3</sup>
Columna 0.25x0.75	1.01 m <sup>3</sup>
Muro Caseta	4.03 m <sup>3</sup>
Piso Caseta	1.99 m <sup>3</sup>
Techo Caseta	2.60 m <sup>3</sup>
Vereda	2.32 m <sup>3</sup>
Viga 0.25x0.25	0.23 m <sup>3</sup>
Viga 0.25x0.80	1.17 m <sup>3</sup>
	14.53 m <sup>3</sup>
<b>CONCRETO F'C=280KG/CM2</b>	
Base Reservoirio	24.11 m <sup>3</sup>
Cimentación P/losa fondo de reservorio	3.52 m <sup>3</sup>
Cúpula	12.79 m <sup>3</sup>
Muro reservorio	41.81 m <sup>3</sup>
Muro Techo Reservorio	5.34 m <sup>3</sup>
	87.57 m <sup>3</sup>
	111.60 m <sup>3</sup>

*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 32:**

Planificación de Costos

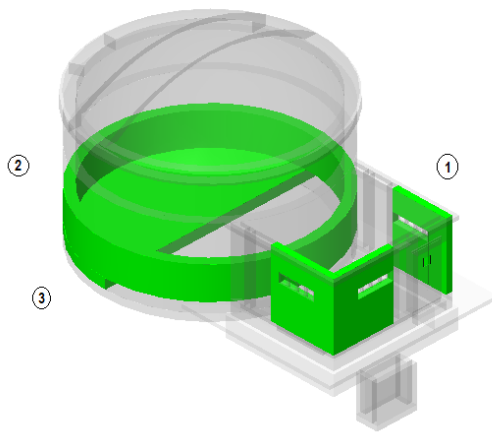
RESERVIORIO AYAURCO					
PLANIFICACIÓN DE COSTOS SEMANA 46 (13/07 - 20/07)					
SEMANA 46					
PARTIDA	ELEMENTO	UNIDAD	METRADO	P. UNIT S/.	PRESUPUESTO S/.
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Columna 0.25 x 0.25		0.34		
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Muro Caseta		1.20		
CONCRETO F'C=210KG/CM2	Viga 0.25x0.80		0.63		
CONCRETO F'C=210KG/CM2		m3	2.17	460.40	999.07
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL	(RATIO = 0.87)	m2	1.89	34.68	65.47
CONCRETO F'C=280KG/CM2	Muro reservorio	m3	14.50	437.93	6349.99
ENCOFRADO Y DEENCOF MUROS REFORZADOS	(RATIO = 6.3)	m2	91.785	38.43	3527.30
ACERO GRADO 60 F'Y=4200 KG/CM2	(RATIO = 145.35)	KG	2422.98	5.24	12696.44
GASTO ESPERADO SEMANA 46				S/	23,638.26

*Adaptado de: Elaboración propia.*

Consecuentemente, mediante la rápida y precisa obtención de los metrados del modelo 3D, es posible controlar los costos incurridos de las partidas planificadas. Para ello, continuando con el uso de “piezas”, se les asigna un parámetro que identifica la valorización en la que el elemento/partida será considerado; luego, usando los filtros de Revit, se representarán en el modelo 3D para que el stakeholder encargado de la revisión de la valorización mensual pueda identificar y corroborar los metrados de manera rápida la partida valorizada. De esta manera se utiliza el modelo como sustento de las cantidades presentadas en el documento y además garantiza la transparencia del mismo ya que puede ser auditado fácilmente.

**Figura 33:**

*Ejemplo de tabla de obtención de metrados de volúmenes de concreto.*



<b>&lt;RESUMEN METRADOS BIM - VALORIZACION 10&gt;</b>		
A	B	C
PARTIDA	ELEMENTO	VOLUMEN (m3)
CONCRETO FC=210 KG/CM2	Columna 0.25 x 0.25	0.34 m³
CONCRETO FC=210 KG/CM2	Columna 0.25x0.75	1.01 m³
① CONCRETO FC=210 KG/CM2	Muro Caseta	2.09 m³
CONCRETO FC=210 KG/CM2	Viga 0.25x0.25	0.03 m³
CONCRETO FC=210 KG/CM2	Viga 0.25x0.80	0.93 m³
		<b>4.40 m³</b>
② CONCRETO FC=280 KG/CM2 PILOSA FONDO-PISO EN RESERVORIOS	Base Reserorio	12.05 m³
		12.05 m³
③ CONCRETO FC=280 KG/CM2 PMURO REFORZADO	Muro reserorio	13.34 m³
		13.34 m³
		<b>29.80 m³</b>

*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 34:**

*Valorización con el sustento de metrados obtenidos con Revit*

VALORIZACION MENSUAL DE OBRA N° 10														
DEL 01 AL 30 DE JUNIO DE 2022														
Subpresupuesto 001 AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE														
OBRA : AMPLIACION, MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LOS OCHO BARRIOS URBANO MARGINALES DE LA LOCALIDAD CURAHUASI, DISTRITO DE CURAHUASI - ABANCAY - APURIMAC														
EJECUTOR	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI			PLAZO DE EJECUCION:	450	AMPLIACION DE PLAZO:	500							
CONTRATISTA	POLO INGENIEROS CONTRATISTAS S.R.L.			INICIO DE OBRA:	09/01/2021	NUOVO PLAZO DE EJECUCION:	500							
RESIDENTE	ING. GIMRA POLO RIVAS			UBICACION:	LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA	REGION						
SUPERVISOR	ING. AURELIO ESPINOZA CACERES				CURAHUASI	CURAHUASI	ABANCAY	APURIMAC						
ITEM	PARTIDAS	UND	METRADO	METRADO BIM	P. UNIT SI	PRESUPUESTO SI	ANTERIOR			ACTUAL				
							METRADO	METRADO BIM	VALORIZ	%	METRADO	METRADO BIM	VALORIZ	%
						8,448,327.97			3,425,008.54	40.55%			218,911.88	2.59%
01.08	RESERVOIR DE ABANCOLO (OP. 01000)													
01.08.01	OBRAS CIVILES EN RESERVOIRS PRINCIPALES													
01.08.01.01	OBRAS PRELIMINARES													
01.08.01.01.01	TRAZO Y REPARTIDO DE ESTRUCTURAS	M2	88.00	NO APLICA	1.40	133.04	58.00	NO APLICA		81.20	61.02%	0.00	0.00	0.00
01.08.01.01.02	EXPLANACIONES													
01.08.01.02.01	EXCAVACION MANUAL	m3	11.24	11.98	40.10	461.74	11.34	11.98	451.74	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=30 M	m3	12.36	12.10	20.48	253.28	12.36	12.10	253.28	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS													
01.08.01.03.01	EXCAVACION MANUAL	m3	58.70	68.84	48.10	2,238.58	55.70	58.84	2,238.58	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.03.02	EMPLAZACION INTERIOR ARBORDADO MANUAL	M2	84.00	84.00	17.08	1,433.64	84.00	84.00	1,433.64	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=30 M	m3	69.84	69.35	27.49	1,909.55	69.84	69.35	1,909.55	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.04	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE													
01.08.01.04.01	CONCRETO F=180 KG/CM2 PARA SOLADO E=115M	M2	84.00	84.00	34.21	2,875.74	84.00	84.00	2,875.74	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO													
01.08.01.05.01	CONCRETO F=210 KG/CM2	m3	25.05	24.05	480.40	11,533.02	9.83	9.72	4,433.05	38.44%	5.35	5.26	2,483.14	21.36%
01.08.01.05.02	CONCRETO F=210 KG/CM2 PLOBA FONDO PRDO EN RESERVOIRS	m3	23.97	24.11	427.04	10,965.33	15.09	15.78	6,700.20	66.57%	7.88	8.33	3,365.08	33.43%
01.08.01.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	M2	29.12	33.75	34.88	1,039.86	22.38	12,229	428.84	42.44%	8.85	8.39	259.98	29.70%
01.08.01.05.04	CONCRETO F=210 KG/CM2 PARA MURO REFORZADO	m3	51.32	41.88	437.83	22,419.55	11.99	10.22	4,199.85	21.00%	4.53	4.41	1,983.82	8.83%
01.08.01.05.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MUROS REFORZADOS	M2	303.16	297.11	38.43	11,850.44	87.84	68.34	2,810.53	22.41%	27.24	27.58	1,048.83	8.96%
01.08.01.05.06	CONCRETO F=210 KG/CM2 PARA CUPULA ESFERICA	m3	14.24	12.92	427.83	5,238.12	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.05.07	ENCOFRADO INCLUIRE HABILITACION DE MADERA PARA CUPULA ESFERICA	M2	115.63	110.73	38.27	4,193.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00%
01.08.01.05.08	ACERO BRANCO 60 P Y=4000 KG/CM2	kg	1589.50	NO APLICA	5.24	79,048.02	2,717.53	NO APLICA	14,229.86	18.01%	1,897.67	NO APLICA	9,943.70	12.58%

*Adaptado de: Elaboración propia.*

Asimismo, será posible modelar y añadir, siempre que el nivel de detalle elegido lo permita, algún trabajo adicional o deductivo que no haya sido considerado en el expediente técnico y, de ser el caso, poder solicitar, justificadamente, un aumento de presupuesto a la entidad.

✓ **Consideraciones**

Para facilitar los procesos dentro del 5D, se recomienda usar plugins tales como *Prestout*, *CostIt* o *Arquimedes* según la preferencia del equipo. Estos programas, no fueron incluidos dentro del plan, debido que, al ser relativamente nuevos, no es sencillo encontrar personal capacitado que pueda aplicarlos correctamente, ni se tendría la certeza de que puedan aportar valor al caso de estudio.

No se recomienda aplicar las dimensiones 6D y 7D en este proyecto por la dificultad y por la etapa en la que se encuentra. Por un lado, sería muy complicado implementar la 6ta dimensión, que comprende todo lo relacionado al cuidado del medio ambiente, ya que, los materiales ya fueron adquiridos previamente y ya se seleccionaron los terrenos a intervenir, por lo que la reducción del

impacto en la calidad del ambiente sería mínima. Por otro lado, la 7ma dimensión, que involucra la integración de todas las fases del proyecto, no se puede aplicar, debido a que ya se concluyó la etapa de pre inversión y diseño, y, además, el plan que se presenta trata de comprender principalmente la etapa actual que viene a ser la de ejecución.

### **5.3.2.2. Nivel de desarrollo (LOD)**

#### **✓ Entradas**

- Especificaciones técnicas de las partidas
- Planos correspondientes
- Memoria descriptiva
- Herramientas de modelado
- Equipo de Modelación

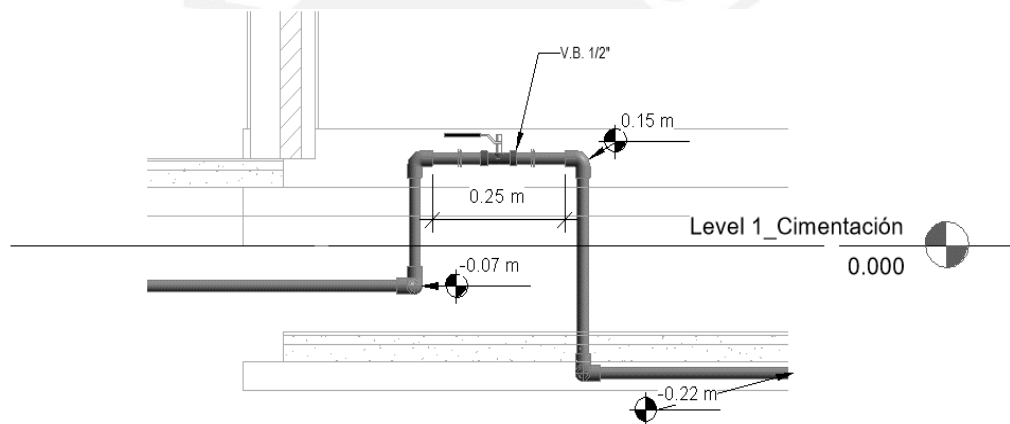
#### **✓ Procedimiento propuesto**

Para la etapa de ejecución del proyecto, los planos obtenidos del modelo 3D con las correcciones levantadas, deben tener un nivel de detalle que permita que los trabajadores de cada frente de trabajo entiendan cómo ejecutar sus actividades. Por ello, al ser la primera vez que la empresa ejecutora trabajara con BIM y según los requerimientos de los profesionales, se propone llegar a un nivel de desarrollo *LOD300* para el modelo y los planos necesarios durante la ejecución de la obra, pues con estos se garantiza que los parámetros importantes solicitados (medidas, materiales y ubicación) puedan ser obtenidos y entendidos desde los planos extraídos. Para la elección de este LOD, se siguió la definición que brinda el BIM Forum (2021), el cual describe que en este nivel: “la cantidad, el tamaño, la forma, la ubicación y la orientación del elemento diseñado se pueden medir directamente desde el modelo sin hacer referencia a información no modelada. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo”.

Con este nivel de información, donde se tienen las propiedades geométricas de los elementos a construir, se garantiza que los trabajadores en cada frente de trabajo cuenten con los datos necesarios para cumplir con sus labores y se reduzcan la cantidad de dudas o consultas internas, lo que agiliza el proceso constructivo. Asimismo, servirá para poder comunicar de manera más precisa, a los participantes externos a la empresa, cuáles son los trabajos que se realizarán y cómo afectarán los terrenos intervenidos, ya sea durante reuniones ICE o cuando ellos lo soliciten. A continuación, se mostrará un ejemplo del LOD esperado para los planos durante la ejecución:

**Figura 35:**

*Ejemplo de nivel de detalle en modelado BIM (LOD 300)*



## 2 DETALLE VALVULA BOLA

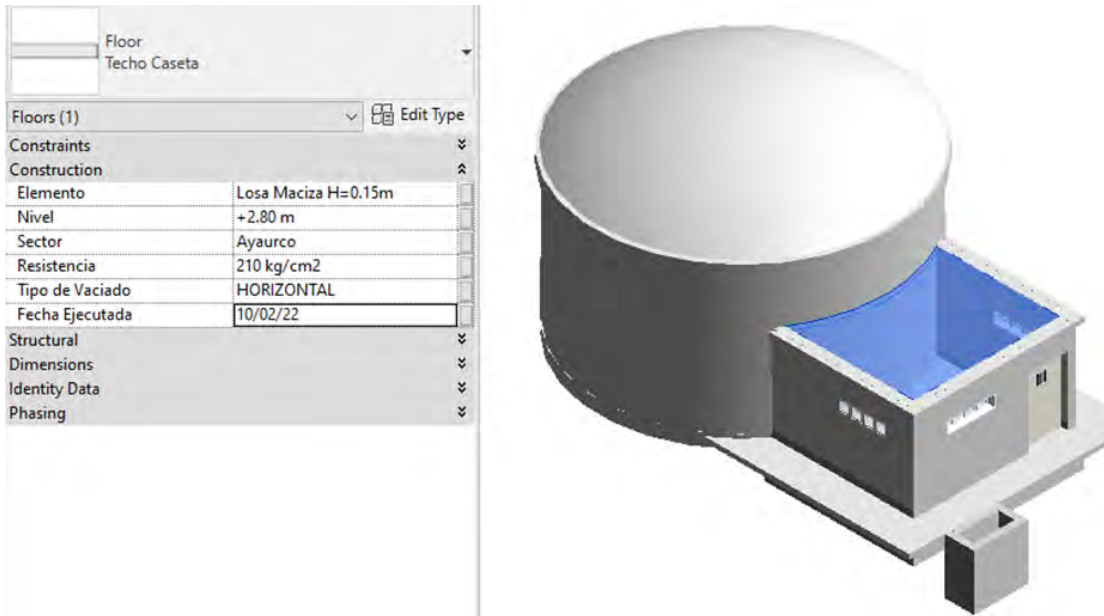
1 : 10

*Adaptado de: Elaboración propia.*

Adicionalmente softwares de modelado en 3D tales como el *Autodesk Revit* permiten introducir parámetros compartidos que pueden usarse para otros proyectos y de esa forma obtener plantillas para este tipo de obras. Con la finalidad de no sobrecargar de información se proponen parámetros necesarios para el modelo de estructuras y el de instalaciones de tuberías que permitirán una mejor organización de la información para los metrados y llevar a cabo el control y seguimiento.

**Figura 36:**

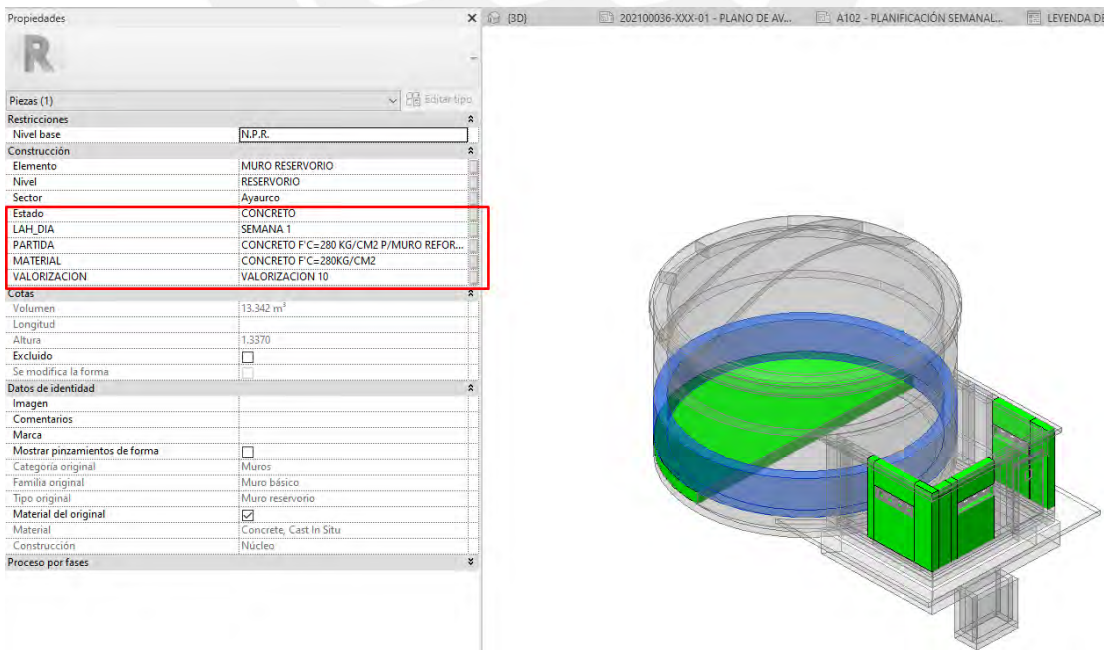
*Ejemplo parámetros principales para obras de concreto armado*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 37:**

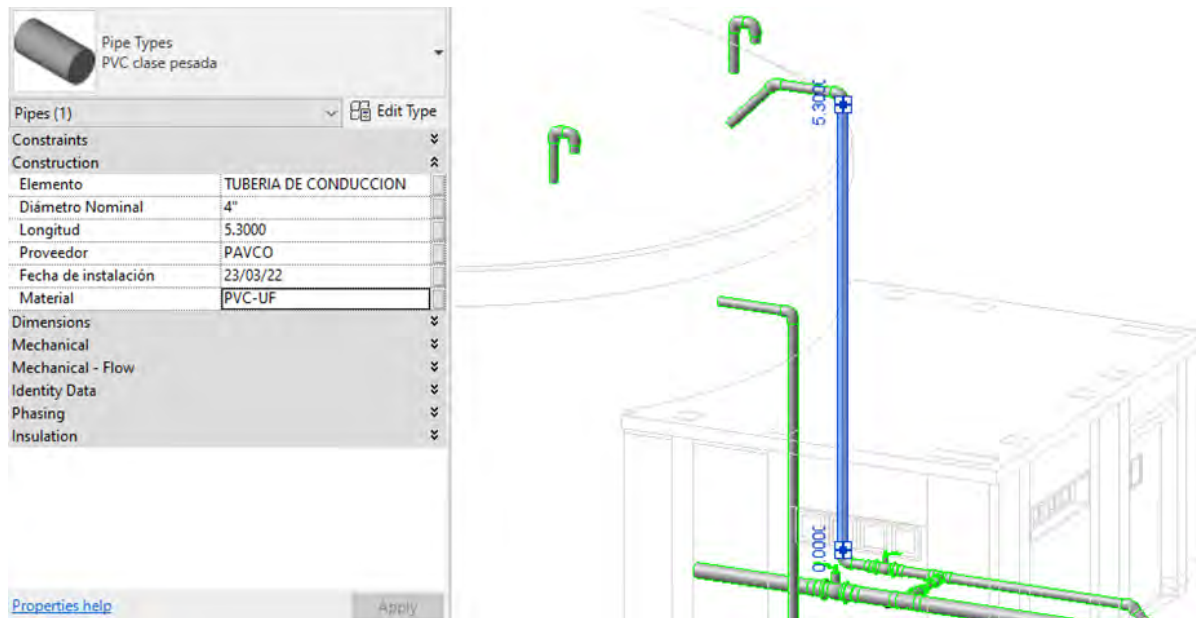
*Ejemplo parámetros para apoyo de las obras de concreto armado*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

**Figura 38:**

*Ejemplo parámetros principales para líneas de tuberías*



*Adaptado de: Elaboración propia.*

Al finalizar la ejecución del proyecto, se deben entregar los planos “As-built”, los cuales deberán contener información acerca de los costos, adquisición de los materiales y demás información no gráfica, complementándose con la información geométrica exacta de lo que se ha construido. Por ese motivo para la entrega de la obra se debe seguir contando por lo menos con un LOD300, con el fin de garantizar la transparencia de la ejecución de la obra y que esta información sirva en un futuro para la operación y mantenimiento de todo el proyecto.

### ✓ Consideraciones

Un mayor nivel de LOD, además de una mejor calidad de los planos, también significa un mayor gasto y tiempo para la elaboración del modelo virtual. Por ello, se debe ser cuidadoso a la hora de



seleccionar el LOD necesario para el proyecto, porque se podría tener mayor o menor cantidad de información de la necesaria, lo que supondría un mayor costo.

Pese a que el nivel de detalle sugerido para la fase de ejecución del proyecto es un LOD300, se puede recomendar usar niveles inferiores de LOD, como el 100 y 200, para la etapa de pre inversión y elaboración del expediente técnico de futuros proyectos, ya que, estos niveles ofrecen la cantidad de información suficiente para poder estimar cantidades y costos aproximados durante el desarrollo conceptual de la obra, los que se obtienen a un menor costo y menor tiempo, pero que dejarán de ser útiles para la etapa de ejecución.

### **5.3.3. PASO 03: Desarrollo de herramientas BIM**

Completados los pasos previos, es posible el desarrollo y la aplicación de las herramientas BIM en la ejecución del proyecto caso de estudio. Cabe recalcar que la elección de estas dos herramientas BIM, parte de la identificación de los problemas más reincidentes causantes de una incorrecta gestión de proyectos: Inadecuado manejo de las partes involucradas e Ineficiente gestión de la información.

#### **5.3.3.1. Reuniones colaborativas ICE**

##### **✓ Entradas**

- Matriz Poder/Interés
- Tecnología de información (proyector, computador, pizarra inteligente, CDE, etc.)
- Agenda de sesión ICE
- Líder de la sesión
- Recorder: persona neutral encargada de tomar nota de la información importante
- Facilitador: persona encargada de ayudar a coordinar la comunicación entre las partes involucradas.





Esta matriz contiene información del vínculo que se debe tener con cada parte involucrada. Los involucrados que tengan alta capacidad de poder y alto interés en el proyecto (Entidad y supervisión), es adecuado administrarlos y controlarlos de bastante cerca, ya que podrían influir severamente en el desarrollo del proyecto. Seguidamente, los involucrados que tengan una alta capacidad de poder, pero un bajo interés en el proyecto (MVCS, entes controladores), es conveniente mantenerlos satisfechos con la información que se les brinda, debido a que, aunque no centren todos sus esfuerzos en solo un proyecto en específico, es necesario tenerlos complacidos con la información que se les entrega. Por otro lado, los involucrados que posean una baja capacidad de poder, pero tengan un alto interés en el proyecto (Comunidad de Curahuasi), es necesario mantenerlos debidamente informados de los sucesos relevantes que suceden en el proyecto, ya que, aunque ellos por sí mismos no tengan el poder para tomar decisiones relevantes del proyecto, debido a su alto interés podrían influir circunstancialmente en las otras partes involucradas, afectando con el desarrollo del proyecto. Finalmente, los involucrados que no tienen una alta capacidad de poder, ni un alto interés en el proyecto (Empresa Diseño, Construcción Civil, Frente de defensa), es apropiado monitorearlos con un mínimo esfuerzo, ya que aún representan partes involucradas que no se les debe dejar desatendidas.

El siguiente paso a seguir, es generar el protocolo que se llevará a cabo en las sesiones ICE. En primer lugar, los participantes de estas reuniones se organizan de la siguiente manera:

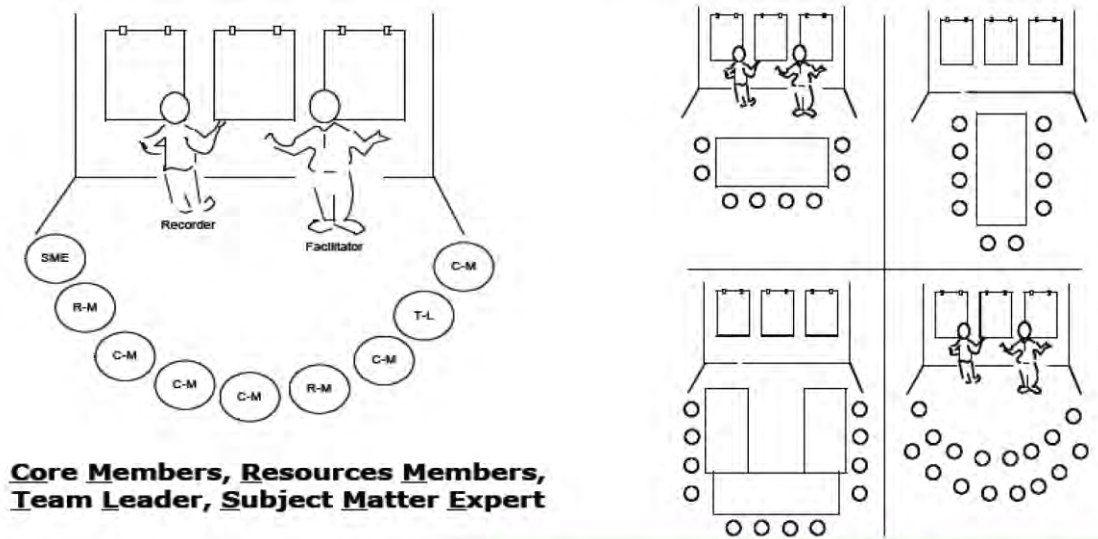
- **Líder de la sesión:** profesional de la empresa ejecutora del proyecto que se encarga de controlar los objetivos, contenido y resultados de cada sesión, buscando la participación de cada parte involucrada presente.
- **Facilitador:** profesional de la empresa ejecutora encargada de ayudar a coordinar la comunicación entre las partes involucradas.

- **Recorder:** persona neutral encargada de tomar nota de toda la información importante compartida en la sesión (decisiones tomadas, compromisos de las partes, datos importantes, etc.)
- **Miembros de la sesión:** profesionales y/o personas que representan a las partes involucradas y que contribuyen al desarrollo adecuado del proyecto.

En segundo lugar, con las herramientas tecnológicas pertinentes para un óptimo desarrollo de la sesión, es conveniente contar con un espacio/lugar que promueva la colaboración multidisciplinaria de todos los presentes. A continuación, en la Figura N° 37 se especifican distintas configuraciones de distribución del espacio y las herramientas tecnológicas a utilizar:

**Figura 40:**

*Layouts que promueven ICE.*



*Adaptado de: The role of reduced latency in integrated concurrent engineering. (Cachere, Kunz y Levitt, 2009)*

Finalmente, se propone la siguiente recurrencia para las Sesiones ICE, de acuerdo con la ubicación en la matriz de interesados:

- Especialidades y Equipo técnico de la empresa ejecutora – *Sesiones semanales obligatorias*
- Supervisión y Municipalidad – *Sesiones semanales obligatorias o según se requiera*
- Comunidad de Curahuasi – *Sesiones según se requiera (para aperturar frentes de trabajo)*

De acuerdo con las oportunidades de mejora identificadas en la evaluación de las entrevistas a los profesionales involucrados en el proyecto, la implementación de esta herramienta BIM intervendrá directamente con:

- Eliminación de las demoras por parte de la entidad para absolver las consultas del contratista. Es decir, los requerimientos de información ya no dependerán de los tiempos estipulados por la Ley de contrataciones del estado.
- La incomodidad de la población cesará, ya que, al pactar sesiones previas para la apertura de frentes de trabajo o la intervención de calles o terrenos, se logrará transmitir el verdadero alcance y los beneficios que trae consigo el proyecto.

#### ✓ **Consideraciones**

- Para cada una de las sesiones ICE, todas las partes involucradas que estén presentes deben enviar, por lo menos, a uno de sus representantes que sea capaz de tomar decisiones relevantes para el desarrollo del proyecto.
- Es necesario recalcar que, para las Sesiones con la población, es necesaria la presencia de un representante de la Supervisión y de la Municipalidad.

### 5.3.3.2. Entorno de datos compartidos

#### ✓ Entradas

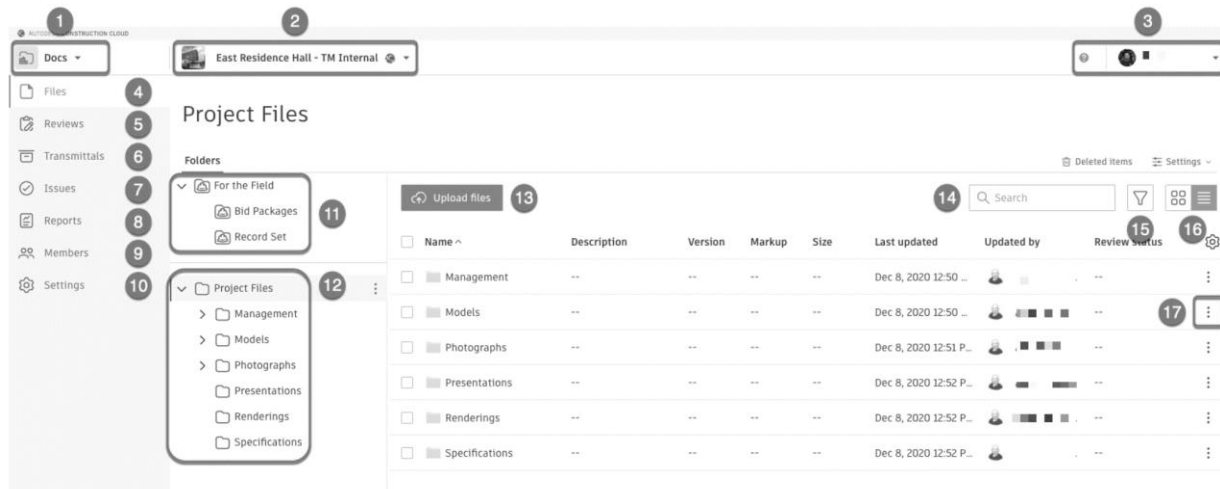
- Usuarios de las partes involucradas
- Todo tipo de información/documentación concerniente al proyecto
- Programa de colaboración (Trimble Connect, Notion, etc.)
- Dispositivos/plataformas tecnológicas (computador, portátil, smartphone, Tablet, etc.)
- Equipo de Modelación
- Equipo de Coordinación

#### ✓ Procedimiento propuesto

Esta herramienta de la metodología BIM busca establecer una plataforma virtual en la que las partes involucradas puedan acceder, consultar, modificar y actualizar la información del proyecto, desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Es así que, el primer paso del plan de uso de un CDE es establecer el ecosistema colaborativo a utilizar; para el caso de estudio se eligió la plataforma BIM Collaborate Pro.

**Figura 41:**

*Interfaz del programa BIM Collaborate Pro (Docs).*



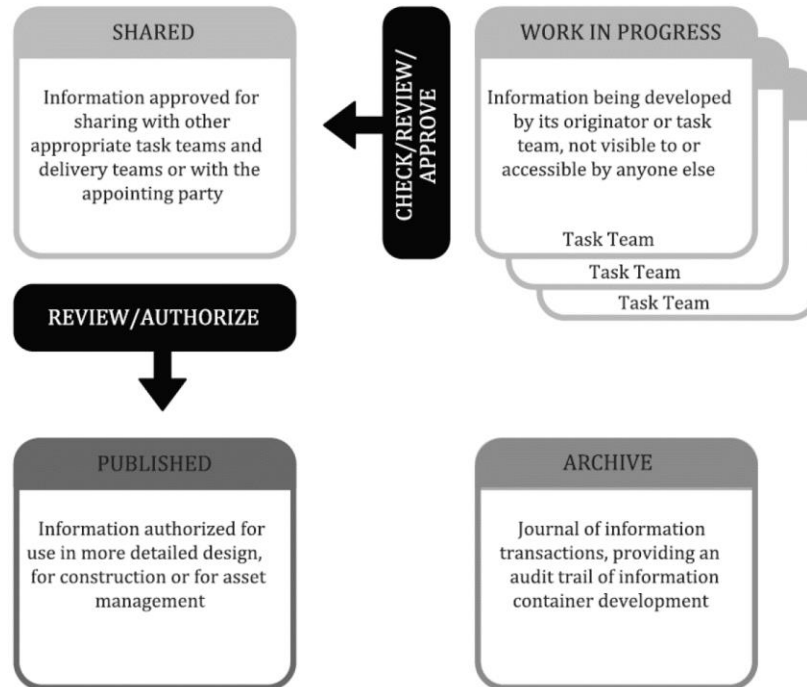
*Adaptado de: Autodesk*

Esta plataforma fue la elegida, debido a que permite visualizar, revisar y hacer referencia a modelos, dibujos y demás información referida al proyecto. Además, posee almacenamiento ilimitado en la nube, acceso de proyectos y participantes ilimitados, herramientas avanzadas BIM, extensiones y aplicaciones, haciendo que el flujo de trabajo en esta plataforma sea el óptimo. Asimismo, al ser un programa desarrollado por Autodesk, la compatibilidad con archivos existentes será inmediata.

Habiendo definido la plataforma a utilizar durante el proyecto, es conveniente definir el protocolo del concepto mismo de una CDE, que es el siguiente:

**Figura 42:**

*Common data environment (CDE) concept*



*Adaptado de: BS EN ISO 19650*

A continuación, se describirá cada una de las etapas que conforman el concepto CDE:

- **Trabajo en progreso:** Este es el primer contenedor de información y refiere a cuando los archivos están en progreso/desarrollo en su área respectiva. Este mismo equipo tiene la tarea de **chequear/revisar/aprobar** cualquier archivo generado por ellos mismos, comparando la información que desean subir con los estándares, métodos y/o procedimientos que se establecen previamente. Cabe recalcar que la información que aún está en este contenedor aún no es visible para miembros fuera del equipo que está generando el archivo.

- **Trabajo compartido:** En este contenedor, la información es consultada por la gerencia y las otras especialidades, con el fin de verificar si se requiere un cambio antes de ser publicada (si requiere un cambio, debe volver al contenedor previo). Antes de seguir al siguiente contenedor, existe la transición **revisión/autorización** en la cual se busca comparar la información con los requerimientos de información para la coordinación, validando que estén completos y correctos. Cabe recalcar que, en esta sección, la información ya es visible para las partes que tengan acceso; sin embargo, aún no es editable.
- **Trabajo publicado:** En este último contenedor, la información ya está autorizada para su visualización, modificación y actualización de las partes involucradas que tengan los permisos para hacerlo.
- **Archivo:** Finalmente, existe un contenedor aparte, el cual se utiliza para mantener el historial de toda la información compartida y publicada en los contenedores previos, durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Consecuentemente, es conveniente y útil establecer nombres que identifiquen cada contenedor de información. Un identificador completo tiene el siguiente formato:

**Nombre proyecto – Autor/Creador – Zona/Bloque – Tipo de información – Versión**

Como ejemplo, de acuerdo a la información del caso de estudio:

**Saneamiento Curahuasi – Residente de obra – Sector Quiscapampa – Plano de desagüe – 12/10/2021**

Inicialmente, no se utilizarán los códigos de status para los contenedores de información, ya que al usar por primera vez BIM en la empresa ejecutora, es agobiante el manejo de tantos términos. Sin embargo, para proyectos futuros de la empresa, se podrán establecer códigos que indican el



estatus en el que se encuentra la información del contenedor. Uno de los más usados, son los códigos del Plan BIM Chile:

**Figura 43:**

*Código de status para los contenedores de información.*

Code	Description	Revision
<b>Work in progress (WIP)</b>		
S0	Initial status	Preliminary revision and version
<b>Shared (non-contractual)</b>		
S1	Suitable for coordination	Preliminary revision
S2	Suitable for information	Preliminary revision
S3	Suitable for review and comment	Preliminary revision
S4	Suitable for stage approval	Preliminary revision
S5	Withdrawn	N/A
S6	Suitable for PIM authorization	Preliminary revision
S7	Suitable for AIM authorization	Preliminary revision
<b>Published (contractual)</b>		
A1, An, etc.	Authorized and accepted	Contractual revision
B1, Bn, etc.	Partial sign-off (with comments)	Preliminary revision
<b>Published (for AIM acceptance)</b>		
CR	As constructed record document	Contractual revision

*Adaptado de: Plan BIM Chile*

De acuerdo con las oportunidades de mejora identificadas en la evaluación de las entrevistas a los profesionales involucrados en el proyecto, la implementación de esta herramienta BIM intervendrá directamente con:

- Sustitución del cuaderno de obra virtual por una plataforma mucho más amigable y óptima para el intercambio y gestión de la información entre todas las partes involucradas que participan en el proyecto.
- Sustitución de las redes sociales (Whatsapp) como medio para intercambiar información relevante en la ejecución del proyecto.

- Detección temprana de incompatibilidades, lo que conlleva a una correcta planificación de actividades y metas durante el mes.

✓ **Consideraciones**

- No todas las partes involucradas tienen acceso a toda la información del proyecto. Es conveniente establecer qué información es compartida y quiénes tienen acceso para visualizarla, modificarla y actualizarla.



## Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Se concluye que la propuesta del plan de uso de BIM para un proyecto público de saneamiento durante su etapa de ejecución, realizada como producto final del trabajo de investigación, desarrolla detalladamente los pasos a seguir para la adopción progresiva de la metodología BIM en este tipo de proyectos. A través de la validación de expertos (entrevistas), se certifica que el Plan de uso BIM es de gran utilidad como iniciativa de uso de esta metodología y que es formulado y explicado de manera correcta en lo que respecta en claridad, objetividad, actualidad, organización y suficiencia.

De acuerdo al **primer objetivo específico**, se concluye que fue posible identificar las variables y herramientas relevantes de gestión de proyectos y usos BIM aplicables a obras de saneamiento en su etapa de ejecución, los cuales son: *Planificación del cronograma y del costo*, *Seguimiento y Control del cronograma y del costo*, y *Partes involucradas*. De la misma manera, se identificaron las siguientes herramientas: Diagrama de Gantt, método PERT/CPM, Curva S y Cronograma Valorizado. Esta información fue obtenida de distintas fuentes bibliográficas, de las cuales se destacan la 6ta edición del PMBOK, la revista científica Iberoamerican Journal of Project Management, el libro Métodos de Planificación y Control de obras (Del diagrama de barras al BIM), y el estándar internacional ISO 9001:2015. Asimismo, todas las variables y herramientas mencionadas fueron validadas por expertos en gestión de proyectos de infraestructura e implementación BIM, quienes por unanimidad mencionaron que estas variables son las adecuadas para conocer cómo es que una empresa constructora desarrolla sus trabajos en una obra de saneamiento.

Con respecto al **segundo objetivo específico**, es posible concluir que se pudo determinar las técnicas o herramientas de gestión de proyectos valoradas por el staff del caso de estudio y se identificaron los problemas más recurrentes en la ejecución del proyecto.

En cuanto al factor *Planificación*, los profesionales valoran el cumplimiento del plazo y costos contractuales establecidos en el expediente técnico, mediante los diagramas de Gantt - PERT/CPM y el presupuesto del proyecto, herramientas que otorgan una visión general y ordenada del proyecto (Project Management Institute, 2013) y están abiertas a la posibilidad de relacionarlas con el modelo BIM para obtener una simulación de la secuencia de los trabajos a realizar y una proyección de los costos incurridos. No obstante, el expediente técnico es realizado en la etapa de diseño (etapa previa a la de ejecución), en la que la empresa contratista no tiene ningún tipo de participación, por lo que considera necesario el replanteo del documento recibido con el fin de detectar deficiencias e incompatibilidades. Esto genera que el cumplimiento del cronograma dependa de la aprobación de los cambios propuestos al expediente y de los problemas presentes al planificar la ejecución de las partidas: mala definición del alcance, falta de permisos y problemas sociales.

En el factor *Seguimiento y Control*, el staff de profesionales valora el control del costos de forma periódica, aplicando herramientas como la Curva S y los cronogramas valorizados. Para ello, obtiene metrados de manera convencional (planos de Autocad y conteo en campo) y los plasma en hojas de cálculo, para, posteriormente, reportarlos a la Entidad Municipal responsable del proyecto en valorizaciones mensuales, las cuales contienen una comparación de las metas proyectadas y el avance real de la obra, con el fin de establecer puntos de control en la programación y evitar retrasos en el proyecto (Osuna, 2019). De la misma manera, se valora el seguimiento y control del cronograma, sin embargo, esta actividad no es desarrollada de manera

óptima, lo que origina distintos problemas como: cronograma del proyecto desactualizado, deficiente procura de recursos y retrasos en la ejecución de actividades debido a los cambios.

Para el factor *Partes Involucradas*, el staff de profesionales del caso de estudio valora la comunicación con los interesados a través de reuniones organizadas según la necesidad requerida y el intercambio de información con los interesados mediante el cuaderno de obra digital (formalmente) y las redes sociales (informalmente). Sin embargo, la manera en la que gestionan a los involucrados aún genera problemas como el retraso en la absolución de consultas y la información deficiente o con errores.

En cuanto al **tercer objetivo específico**, se concluye que se logró desarrollar un esquema conceptual de usos BIM con los factores valorados del caso de estudio. Esta sinergia se dio a partir de la información obtenida en el marco teórico, la cual fue validada por expertos (*objetivo específico 1*), y los datos sustraídos al Staff de profesionales de la obra caso de estudio (*objetivo específico 2*), resultando en la elección de distintos conceptos BIM que puedan intervenir en cada uno de los factores y poderlos repotenciar, teniendo como base a los Usos BIM propuestos.

Para el factor *Planificación*, intervienen los siguientes conceptos:

- Dimensión 3D para la detección de interferencias del proyecto
- Dimensión 4D para la Planificación del Cronograma (Diagrama de Gantt y PERT/CPM)
- Dimensión 5D para la Planificación del Costo (Presupuesto)
- Nivel de desarrollo (LOD 300) para el nivel de detalle del Modelo

Para el factor *Seguimiento y Control*, los conceptos BIM que intervienen son:

- Dimensión 4D para el Control del Cronograma
- Dimensión 5D para el Control del Costo

- Nivel de desarrollo (LOD 300) para el nivel de detalle del Modelo

Para el factor valorado *Partes Involucradas*, las herramientas BIM que intervienen son:

- Reuniones Colaborativas ICE
- Entorno de Datos Compartidos CDE

La vinculación de cada uno de los objetivos específicos de este trabajo de investigación resulta en la creación de un Plan para el uso de BIM en proyectos públicos de saneamiento durante su etapa de ejecución. Como el uso de esta metodología es prácticamente nuevo para la gran mayoría de profesionales del staff del caso de estudio, es necesario establecer una hoja de ruta y lineamientos que establezcan la manera adecuada de usar BIM. Es así que, a partir de la información obtenida en acápite previos, fue posible construir un plan preliminar de uso BIM para proyectos de saneamiento, el cual indica las entradas, procesos y recomendaciones a seguir para un correcto uso de BIM. La hoja de ruta de dicho plan comienza con la implementación un equipo de *Personas* calificadas en la metodología BIM que, mediante las *Herramientas* tecnológicas adecuadas y una manera óptima de gestionar los procesos propios del proyecto, generen un *Modelo BIM* para la obra de saneamiento objeto de estudio. Consecuentemente, a raíz del modelo BIM ya generado, es posible instaurar las **herramientas BIM** (*Entorno de Datos Compartidos CDE* y las *Reuniones Colaborativas ICE*), con la finalidad de aprovechar todos los beneficios que los usos de BIM traen consigo: visualización, extracción de metrados, gestión de partes involucradas, control de costos, disminución del tiempo de repuesta, etc.

## 6.2. Recomendaciones

- Para profundizar el uso de BIM en proyectos de saneamiento, se recomienda expandir este trabajo de investigación evaluando más casos de estudio, con la finalidad de recoger información mucho más precisa acerca de la gestión y ejecución de estos, con el fin de poder construir planes de uso BIM que puedan ser moldeables y aplicables a todo tipo de proyecto de saneamiento. De esta manera, cualquier empresa constructora podrá tener un hito del cual guiarse para poder usar BIM en el proyecto que desarrolla.
- Para incentivar la adopción de herramientas de gestión de proyectos y el uso de conceptos BIM en las empresas constructoras, se recomienda que el Estado Peruano tome como referencia este trabajo de investigación para exigir requerimientos mínimos a todas las constructoras que postulen a los procesos de selección para ejecutar las inversiones públicas de infraestructura de todo el país.
- Para investigaciones futuras, es recomendable realizar un estudio en el cual se puedan evaluar y/o medir los beneficios alcanzados con el plan de uso de BIM, de tal manera que se contribuya a la mejora continua del uso de BIM en proyectos públicos de saneamiento y se pueda justificar el uso del plan con datos estadísticos.
- En cuanto al Plan de uso de BIM, es recomendable seleccionar los softwares que sean más sencillos de manejar y más asequibles de adquirir para cada empresa constructora que quiera utilizar el plan, con el fin de evitar demoras en su implementación y que no sea complicado o trabajoso encontrar personal capacitado. Asimismo, se recomienda que el BIM Manager/Coordinador Manager tenga la capacidad de tomar decisiones importantes en el proyecto, para así liderar de manera óptima los equipos técnicos y transmitir correctamente sus conocimientos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, S. (2020, 10 junio). *Implementación de BIM en infraestructura: la necesidad de abordarlo desde el sector público*. Universidad de Los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/39728>.
- BIM FORUM (2021). *Level of Development (LOD) Specification For Building Information Models*. Fundamental LOD definitions, pp 16. <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2022/02/LOD-Spec-2021-Part-I-FINAL-2021-12-28.pdf>
- Calvo, E. (2020). *Influencia de Stakeholders en el Proyecto*. BSG Institute. <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/influencia-de-stakeholders-en-el-proyecto-69>
- Cantú, A., Moreno J., & Podestá, M. (2020). Identificación y análisis de los factores que influyen en la productividad de obras civiles. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 11, 55-74.
- Cerpa, N., & Verner M.J. (2009) . Why did your project fail? Communication of the ACM, 52 (12).
- Choquesa, L. (2019). Mejora de la productividad en proyectos de edificación mediante el sistema de gestión BIM-LEAN. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Chu, M., Matthews, J., & Love, P. E. D. (2018). Integrating mobile Building Information Modelling and Augmented Reality systems: An experimental study. *Revista Automation in Construction*, 85 (October 2017), 305–316. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517301218>



- Díaz, H. P., Rivera, O. G. S., & Guerra, J. A. G. (2015). Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías “Building Information Modeling”. *Revista GTI*, 14(38), 59-73.
- Dodge Data & Analytics. (2018). *The Business Value of BIM for Water Projects*. <https://www.awwa.org/Portals/0/AWWA/ETS/Resources/BusinessValueofBIMforWaterProjectsSMRFinal.pdf?ver=2019-01-03-142115-797>
- DUOC Universidad Católica de Chile (2018). Definición y propósito de la investigación aplicada. <https://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>
- ESAN Graduate School of Business. (2020). *Stakeholders de proyectos: su impacto en la organización*. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2020/02/stakeholders-de-proyectos-su-impacto-en-la-organizacion/>
- Lesmes Fabián, Camilo & Gonzales, Wilmer. (2017). Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. *Revista L'Esprit Ingenieux* 8 (1) 2017.
- Lia, Y., & Jing, M. (2019). Application research of BIM technology in water supply and drainage engineering. *Journal of Physics: Conference Series*, 1168. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1168/2/022045>
- Madrid, J. A. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of BIM* n 15, 1, 40-56.
- Martín, C. M. (2021). Generación Automática de Diagramas de Gantt. [Trabajo Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Madrid.

- Mattos, A. D., & de Valderrama, F. G. F. (2019). Métodos de planificación y control de obras. Reverté.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Obras paralizadas de saneamiento urbano. Junio 14, 2021, de Programa nacional de saneamiento urbano Sitio web: [https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/agua\\_saneamiento/agua\\_y\\_saneamiento.html](https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). Plan BIM - PERÚ. Mayo, 2021, del Ministerio de Economía y Finanzas Sitio web: [https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=es-ES&Itemid=102596&lang=es-ES&view=article&id=5898](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=102596&lang=es-ES&view=article&id=5898)
- Murguía, D. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao. Junio 14, 2021, de Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Murguía, D. (2020). Apuntes del curso Modelado de información para la construcción. [Diapositivas de Power Point]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Oficina de Inversiones del MVCS. (2021). Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento. Junio, 2021, de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistema de gestión de calidad* (ISO 9001).

- Ortégón, E., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas (Vol. 42). United Nations Publications.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2013). Project Management Body of Knowledge. (6ta. Edición)
- Rutté, A. G. D. De, Cabrera, C., Judith, G., Lengua, C., Edmundo, P., González, D. R., & Eduardo, R. (2018). Como mejorar la productividad durante la ejecución de una obra de saneamiento. Caso: obra de saneamiento Esquema Cajamarquilla. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.
- Sánchez, J , & Cuadros, A (2014). Análisis de técnicas de seguimiento y control de proyectos. Aplicación en la industria de construcción de botes. Revista Ciencias Estratégicas, 22(31),51-66.
- Serpell, A. (1985). Productividad en la construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 1, 53-59.
- Serpell, A (2002). Administración de operaciones de construcción, Alaguara, México.
- Trindade, V. A. (2016). Entrevistando en investigación cualitativa y los imprevistos en el trabajo de campo: de la entrevista semiestructurada a la entrevista no estructurada. P. Schettini, & I. Cortazzo (Coords.), Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa, 18-34.
- Villamil, W. R. G., & Fabian, C. A. L. (2017). Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. *L'esprit Ingénieur*, 8(1).

- 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. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/100/1/012117>

- Zulueta Pérez, P., Sánchez Lite, A., Blanco Caballero, M., & Sánchez Allende, F. J. (2018). PLAN DE EJECUCIÓN BIM (PEB): UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA DESDE UN ENTORNO ACADÉMICO.





## Anexo N°01: Propuesta inicial del guion de la entrevista semi estructurada

Entrevista Inicial					
Sección	Factores	N°	Preguntas		
Generalidades del proyecto	Identificación del proyecto	1	¿Cuál es el nombre del proyecto?		
		2	¿De qué trata el proyecto?		
		3	¿Qué especialidades se han visto involucradas hasta ahora?		
	Magnitud del proyecto		4	¿Considera que el proyecto es de gran magnitud según su alcance?	
			5	¿Considera que el proyecto es de gran magnitud según su presupuesto?	
	Etapas del proyecto		6	¿Cuántas etapas tiene el proyecto?	
			7	¿En cuántas etapas ha participado hasta el momento?	
	Gestión de proyectos en la etapa de ejecución	Planificación	8	¿Cómo planifican/programan el desarrollo de las actividades en la obra?	
			9	¿De qué manera se distribuyen los frentes de trabajo?	
			10	¿Qué maquinarias y/o herramientas tecnológicas son utilizadas en el proyecto?	
			11	¿Cómo gestionan la adquisición de materiales/recursos?	
			12	¿Cuál es la manera de gestionar a los proveedores y sub contratistas?	
			13	¿Cómo es que se gestiona toda la información necesaria para la ejecución del proyecto?	
Seguimiento y control				14	¿De qué manera se controlan los avances en el proyecto?
				15	¿Existen hitos/metras relevantes en esta etapa del proyecto?
Partes involucradas				16	¿Con cuántos stakeholders o partes involucradas cuenta el proyecto?
				17	¿Con qué frecuencia se realizan reuniones con ellos?
				18	¿Participan varias partes en la misma reunión o se hace una reunión separada con cada una?
				19	¿Cada cuánto tiempo solicitan información sobre el avance del proyecto?
				20	¿Qué mecanismos emplea la empresa para comunicarse con ellos?
	21	¿Qué parte interesada es la más influyente?			
	22	¿Qué incompatibilidades con el expediente se han encontrado?			
Problemas en la ejecución del proyecto		23	¿Percibe que existen problemas relacionados con deficiencias administrativas?		
		24	¿Ha tenido dificultades para intercambiar información con los trabajadores/gerencia/supervisión/entidad?		
		25	¿La productividad en su área de trabajo es la esperada?		

	26	¿Se han presentado problemas con la población u otros colectivos?
Oportunidades de mejora	27	¿Cuál ha sido la mayor dificultad durante la ejecución del proyecto hasta el momento?
	28	¿Qué aspecto cree que podría mejorar para agilizar la ejecución del proyecto?
Introducción	29	¿Tuvo experiencia previa con el concepto de la metodología BIM o conoce de qué trata?
	30	¿Conoce sobre el Plan BIM Perú? ¿Qué opina al respecto?
Tecnologías de información	31	¿Conoce algunos softwares de modelado, colaboración o simulación?
	32	¿Estaría dispuesto a capacitarse en nuevas TI de la construcción?
Gestión de la información	33	¿Considera importante el trabajo colaborativo?
	34	¿Qué opina acerca de la integración de todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto?
Nivel de desarrollo (LOD)	35	¿Qué nivel de detalle en las especificaciones de los planos cree que es necesaria para que pueda realizar sus trabajos adecuadamente?
	36	¿Considera que un modelo 3D del trabajo a realizar sería importante para tener claro el método de ejecución del proyecto?
Uso de modelos	37	¿Qué tipos de entregables y/o requerimientos se le solicitan comúnmente?
	38	¿Qué tipo de responsabilidades le son asignadas?
Sesiones ICE	39	¿Considera necesario una reunión en la que participen todos los involucrados en el proyecto?
	40	¿Cuál es el tiempo común de respuesta cuando usted solicita algún tipo de información a otro involucrado?
	41	Comúnmente, ¿usted necesita de otros profesionales para tomar decisiones relevantes?
CDE	42	¿Cómo intercambian información acerca del proyecto?
	43	¿Conoce alguna herramienta que le permita intercambiar información en tiempo real?
Madurez BIM	44	¿Puede identificar oportunidades de mejora en la que se eleve el nivel de madurez BIM?
	45	¿Considera que el uso de la metodología BIM y sus herramientas mejoraría la gestión de este proyecto?

**Anexo N°02: Validación de la entrevista y observaciones sobre el cuestionario inicial  
brindadas por el Experto 01**

<b>Validación del cuestionario para la identificación de oportunidades de mejora para una propuesta de implementación BIM</b>		
<i>Experto N°01</i>	<i>Arq. Lizzet Macedo Valladares</i>	<i>CAP: 19271</i>
<p><i>Arquitecta colegiada de la Universidad Nacional Federico Villareal, certificada en Virtual Design &amp; Construction (VDC) por la Universidad de Stanford y la Universidad de Lima, instructora en el uso de la metodología BIM para la Gestión de Proyectos, con más de 8 años de experiencia en el sector de la construcción usando la metodología BIM, llegando a trabajar para importantes empresas como COSAPI, Grupo A&amp;E y en paquetes educativos de la ARCC.</i></p>		
<p><b>Observaciones sobre el cuestionario inicial:</b></p> <p><b>Sección Generalidades</b></p> <p>- Añadir la pregunta: ¿En qué etapa se encuentra el proyecto?</p> <p><b>Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</b></p> <p>-En la pregunta 16, especificar en qué etapa del proyecto intervienen las partes interesadas.</p> <p>-En el factor de Problemas en la ejecución del proyecto, ser más abiertos en cuanto a la pregunta de incompatibilidades (pregunta 22), para que el entrevistado se exprese más y mencione la mayor cantidad de problemas que ha encontrado mientras trabajaba.</p> <p><b>Sección BIM</b></p> <p>-En nivel de detalle (LOD), empezar con una pregunta si es que el entrevistado conoce sobre el significado de este término.</p> <p>-En Uso de documentos se debe añadir a la pregunta de entregables que le son solicitados, para que etapa del proyecto y para qué fin.</p> <p>-En Sesiones ICE, empezar con una pregunta sobre si conoce de qué tratan estas sesiones o es algo nuevo para el entrevistado.</p> <p>-En Sesiones ICE, en la pregunta de solicitud de información, se debe agregar en qué etapa del proyecto y a quien se le solicita la información.</p> <p>-En la parte de CDE, se debe abrir con una pregunta sobre si el entrevistado conoce este término. También añadir una pregunta para saber si está enterado sobre alguna plataforma de entorno de datos compartidos</p> <p>-En madurez BIM, presentar los niveles de madurez para luego solicitar al entrevistado que reconozca en qué nivel se encuentra actualmente y a cuál le gustaría llegar.</p>		



**Anexo N°03: Validación de la entrevista y observaciones sobre el cuestionario inicial  
brindadas por el Experto 02**

<b>Validación del cuestionario para la identificación de oportunidades de mejora para una propuesta de implementación BIM</b>		
<i>Experto N°02</i>	<i>Ing. Jhon Marreros Aguilar</i>	<i>CIP: -</i>
<i>Ingeniero civil con más de 6 años de experiencia en el uso de la metodología BIM. Actualmente labora en COSAPI SA como Ingeniero BIM. Ha participado en proyectos de infraestructura como coordinador BIM durante las fases de diseño y construcción en importantes empresas tales como BESCO, COSAPI y URBIMAJA</i>		
<b>Observaciones sobre el cuestionario inicial:</b>		
<b>Sección Generalidades</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplazar la pregunta 02 por: ¿cuál es el alcance del proyecto?</li> <li>- BIM se puede aplicar en todo tipo de proyectos, independientemente de la magnitud, debido a que se puede definir cuál será el alcance de la implementación BIM</li> </ul>		
<b>Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratar de entender cuáles son las actividades actuales que están realizando los profesionales entrevistados. Es decir, con la entrevista, poder identificar las actividades principales en las cuales es posible implementar BIM</li> <li>- Disponer de una entrevista abierta, es decir, que el profesional entrevistado pueda explayarse al explicar los procesos o actividades que realiza y así poder obtener información mucho más valiosa a cerca de la metodología con la cual se está realizando el proyecto.</li> <li>- La pregunta 10, 13 y 15, engloban tanto el factor de Planificación como el factor de Seguimiento y Control. Es por eso que se puede volver a repetir esta pregunta en los dos factores.</li> <li>- Al preguntar sobre los avances del proyecto (pregunta 14), también preguntar sobre el tipo de formatos usados para controlarlos.</li> <li>- Preguntar cómo es que se sustentan los avances del proyecto.</li> <li>- Preguntar si la información relevante del proyecto es compartida todas las partes involucradas.</li> <li>- Preguntar la duración de las reuniones entre las partes del proyecto y si estas fueron 100 % efectivas, es decir si lograron tomar decisiones importantes o si resolvieron los problemas presentados.</li> <li>- Preguntar acerca del tiempo de latencia usual cuando se requiere una respuesta de las otras partes involucradas.</li> <li>- Cambiar la pregunta 18 por: ¿las reuniones son colaborativas?</li> <li>- Mover la pregunta 19 al factor de Seguimiento y Control</li> <li>- En la pregunta 20, cambiar la palabra “mecanismos” por una palabra más técnica</li> </ul>		

- Cambiar la pregunta 21 por: ¿cuál es la actividad o la partida que más impacta en el costo y tiempo de la ejecución del proyecto?
- Preguntar si la comunicación entre las partes del proyecto es unidireccional o bidireccional y a través de qué medios.
- En la pregunta 22, tratar de especificar o dar opciones a los entrevistados sobre los principales problemas encontrados en proyectos similares, y así hacer que ellos den respuestas con el porcentaje de los problemas más recurrentes.
- Fusionar las preguntas 23 y 24 en: ¿la parte administrativa representa un obstáculo para intercambiar información entre las partes involucradas?
- Adicionar la pregunta: ¿cuál es el proceso habitual para intercambiar información?
- Cambiar la pregunta 25 por: ¿Tienen presente la variabilidad en el proyecto? ¿Qué actividades realizan para reducir la variabilidad? ¿Qué actividades realizan para mejorar la productividad?
- Complementar la pregunta 26 con: ¿logran transmitir a la población el alcance del proyecto?

### **Sección BIM**

- Brindar una introducción básica de cada tópico si es que el profesional no tiene conocimiento de BIM, ya que es posible sacar mejores conclusiones si se muestran distintos conceptos de BIM
- Al profesional que posee conocimiento de BIM, tratar de profundizar más el tema.
- Preguntar primero por las etapas BIM antes de preguntar por la madurez BIM.

**Anexo N°04: Validación de la entrevista y observaciones sobre el cuestionario inicial  
brindadas por el Experto 03**

<b>Validación del cuestionario para la identificación de oportunidades de mejora para una propuesta de implementación BIM</b>		
<i>Experto N°03</i>	<i>Ing. Yimmy Chipana Molina</i>	<i>CIP: 86146</i>
<i>Ingeniero Civil de la UNSAAC, colegiado y habilitado con maestría en dirección de la construcción por la UPC. Cuenta con más de 6 años de experiencia como especialista de ingeniería vial en el gobierno regional del cusco y ha participado en importantes proyectos viales implementando la metodología BIM dentro del sector público.</i>		
<b>Observaciones sobre el cuestionario inicial:</b>		
<p>-Se debe identificar plenamente los stakeholders del proyecto antes de la implementación de BIM y verificar que ellos conozcan al menos un poco de esta metodología o en todo caso capacitarlos lo necesario, con el fin de que no existan inconvenientes o posiciones adversas a la hora de solicitar software o equipos necesarios para el desarrollo de esta metodología.</p> <p>-Es muy diferente aplicar la metodología BIM en edificaciones que en obras lineales como saneamiento o carreteras debido a que las condiciones de modelado son distintas. También es diferente aplicarlo en un proyecto privado a uno público, ya que este último no siempre se cuentan con los recursos o la logística necesaria para tener las herramientas disponibles.</p> <p>-Es necesario destinar un porcentaje del presupuesto para la capacitación en BIM del personal involucrado y también para la adquisición de software para el modelado y el entorno de datos compartidos propios de BIM.</p> <p>-Preguntar a qué nivel de LOD, los entrevistados creen que debería llegar la obra para evitar un sobre detallado innecesario que signifique un mayor costo.</p> <p>-Añadir como factor el BEP (Plan de ejecución) dentro de la entrevista.</p> <p>-Recomendable aplicar BIM en la parte de control y seguimiento, especialmente en el control de metrados. También es posible controlar el avance físico con el uso de drones según disponibilidad.</p>		

**Anexo N°05: Validación de la entrevista y observaciones sobre el cuestionario inicial  
brindadas por el Experto 04**

<b>Validación del cuestionario para la identificación de oportunidades de mejora para una propuesta de implementación BIM</b>		
<i>Experto N°04</i>	<i>Ing. Germán Alonso Palomino Negrón</i>	<i>CIP: 249844</i>
<p><i>Ingeniero Civil de la UPC con más de 7 años de experiencia en la metodología BIM, cuenta con una especialización en BIM Management por la misma casa de estudios y cuenta con certificado de Virtual Design Construction – VDC por la universidad de Stanford. Ha trabajado como gestor, especialista y coordinador en numerosas empresas del medio tales como Fase BIM, ENMACON, JE Construcciones Generales, entre otras.</i></p>		
<p><b>Observaciones sobre el cuestionario inicial:</b></p> <p><b>Sección Generalidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preguntar en que etapa se unieron al proyecto para conocer el tiempo que lleva en este y ver si tiene interacción con áreas diferentes a la suya.</li> </ul> <p><b>Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preguntar si hay alguna actividad que les resulta repetitiva o que les gustaría automatizar para facilitar sus actividades diarias</li> <li>- Proponer las preguntas de tal manera que el profesional pueda explayarse acerca de las actividades que ha venido realizando y explique libremente los problemas que ha ido encontrado durante su estadía en el proyecto.</li> <li>- Considerar en la pregunta de incompatibilidades con que otra especialidad es mas común que encuentre conflictos entre los planos que tienen-</li> <li>- Al preguntar sobre los avances del proyecto (pregunta 14), también preguntar sobre el tipo de formatos usados para controlarlos.</li> <li>- Preguntar cómo o que métodos utilizan para ir controlando el avance del proyecto y si este se encuentra en lo planeado o se tiene algún retraso</li> </ul> <p><b>Sección BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Al empezar esta sección sería recomendable darles una pequeña introducción a los entrevistados pues se corre el riesgo de no obtener mucha información útil para la investigación de esta parte de la entrevista.</li> <li>- Preguntar que tipos de informes o entregables le son solicitados para evaluar en cuales de estas solicitudes se podría aplicar alguna herramienta de la metodología BIM.</li> <li>- Preguntar si constantemente tiene que buscar información de manera física y/o virtual para definir que tipo de CDE les sería más útil a los profesionales dentro del proyecto.</li> <li>-Hacer una pregunta sobre el nivel de detalle y el grado de información necesaria en los planos con los que ejecutan sus partidas, esto ayudara a definir un LOD adecuado para esta obra</li> </ul>		

**Anexo N°06: Validación de la entrevista y observaciones sobre el cuestionario inicial  
brindadas por el Experto 05**

<b>Validación del cuestionario para la identificación de oportunidades de mejora para una propuesta de implementación BIM</b>		
<i>Experto N°05</i>	<i>Ing. Jordy Manuel Príncipe Gonzales</i>	<i>CIP: 86146</i>
<i>Ingeniero Civil de la PUCP especializado en proyectos de obras públicas bajo contratos colaborativos (NEC3), metodología BIM/VDC, y herramientas de Gestión PMO. Cuenta con la certificación VDC de la universidad de Stanford y acredita experiencia de más de 6 años trabajando con la metodología BIM en importantes empresas tales como Urbitec, Viva Gym y se desempeña actualmente como Especialista BIM en la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC)</i>		
<b>Observaciones sobre el cuestionario inicial:</b>		
<b>Sección Generalidades</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una de las preguntas debería ser sobre si tiene claro el alcance del proyecto.</li> <li>- Preguntar su experiencia en este tipo de proyectos de saneamiento y en esta modalidad (obra pública)</li> </ul>		
<b>Sección Gestión de proyectos en la etapa de ejecución</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Darle la libertad a los entrevistados para que se explayen esta sección de las preguntas. Es necesario conocer todos los detalles de la manera en la que ejecutan sus actividades diarias para mejorar sus flujos de trabajo.</li> <li>- Agregar preguntas en la sección de Seguimiento y Control sobre que sistemas utilizan para gestionar y registrar la información en esta área, además conocer si les ha resultado sus métodos hasta el momento de la entrevista.</li> <li>- Añadir una pregunta para saber si usan algún formato establecido para elaborar sus informes, registros o cualquier otra documentación.</li> <li>- Preguntar acerca del tiempo que toman las reuniones con personal interno y con los stakeholders. En esta última ahondar en quienes participan por parte de la empresa, si se toman registros de lo conversado y si se logran tomar acuerdos relevantes para el desarrollo del proyecto.</li> <li>-Aumentar una pregunta para determinar la o las partidas que más tiempo o problemas les esta ocasionando desde que empezaron a participar en el proyecto.</li> <li>- Consultar sobre el tiempo de respuesta que tienen la supervisión o entidad cuando hacen alguna consulta respecto al diseño o proponer un cambio a este.</li> <li>- Complementar la sección de Problemas en la ejecución con una sobre si se han logrado mostrar los avances y el alcance del proyecto a la población beneficiada.</li> </ul>		

### **Sección BIM**

- En caso de que no tengan mayor experiencia o conocimiento en la metodología BIM, sería ideal brindarles una pequeña introducción con los conceptos principales.
- En caso no muchos conozcan del tema mostrarles con las preguntas que se puede dar solución a problemas que seguramente mencionaran.
- Identificar con las preguntas cuales son las áreas o flujos de trabajo en la que encuentran más dificultades o inconvenientes para darles solución con el nuevo plan.
- Preguntar primero o explicar sobre las etapas BIM antes de preguntar por la madurez BIM a la que les gustaría llegar.



## Anexo N°07: Propuesta final del guion de la entrevista semi estructurada

Entrevista Final			
Sección	Factores	Preguntas	
Generalidades del proyecto	Identificación del proyecto	1	¿Cuál es el nombre del proyecto?
		2	¿Cuál es el alcance del proyecto?
		3	¿Qué especialidades se han visto involucradas hasta ahora?
	Magnitud del proyecto	4	¿Considera que el proyecto es de gran magnitud según su alcance?
		5	¿Considera que el proyecto es de gran magnitud según su presupuesto?
	Etapas del proyecto	6	¿Cuántas etapas tiene el proyecto?
		7	¿En cuántas etapas ha participado hasta el momento? ¿En qué etapa se encuentra ahora?
Gestión de proyectos en la etapa de ejecución	Planificación	8	¿Cómo planifican/programan el desarrollo de las actividades en la obra?
		9	¿De qué manera se distribuyen los frentes de trabajo?
		10	¿Cómo gestionan la adquisición de materiales/recursos?
	Seguimiento y control	11	¿Cuál es la manera de gestionar a los proveedores y sub contratistas?
		12	¿De qué manera se controlan los avances en el proyecto?
		13	¿Cómo se sustentan dichos avances? ¿Utilizan algún formato? ¿Qué tipo de formato?
		14	¿Cada cuánto tiempo solicitan información sobre el avance del proyecto?
		15	¿Qué herramientas tecnológicas y/o softwares son utilizadas en el proyecto?
	Partes involucradas	16	¿Existen hitos/metras relevantes en esta etapa del proyecto?
		17	¿Cómo se gestiona toda la información del proyecto?
			18

	19	¿Con qué frecuencia se realizan reuniones con ellos y qué información es compartida?
	20	¿Las reuniones son colaborativas? ¿Cuánto tiempo duran aproximadamente? ¿Se logran tomar decisiones relevantes para el proyecto?
	21	En los requerimientos de información, ¿Cuál es el tiempo aproximado de respuesta?
	22	¿La comunicación entre las partes involucradas por qué medio intercambia información? ¿Esta comunicación es bidireccional?
	23	¿Qué problemas se han presentado durante la ejecución del proyecto?
	24	¿Cuál es la actividad o partida que más ha impactado en el costo y tiempo hasta ahora?
Problemas en la ejecución del proyecto	25	¿La parte administrativa representa un obstáculo para intercambiar información entre las partes involucradas?
	26	¿Tienen presente la variabilidad en el proyecto? ¿Qué actividades realizan para reducir la variabilidad? ¿Qué actividades realizan para mejorar la productividad?
	27	¿Se han presentado problemas con la población u otros colectivos? ¿Se logra transmitir a la población el alcance del proyecto?
Oportunidades de mejora	28	¿Cuál ha sido la mayor dificultad durante la ejecución del proyecto hasta el momento?
	29	¿Qué aspecto cree que podría mejorar para agilizar la ejecución del proyecto?
Introducción	30	¿Tuvo experiencia previa con el concepto de la metodología BIM o conoce de qué trata?
	31	¿Conoce sobre el Plan BIM Perú? ¿Qué opina al respecto?
Tecnologías de información	32	¿Conoce algunos softwares de modelado, colaboración o simulación?
	33	¿Estaría dispuesto a capacitarse o capacitar a su personal en nuevas TI de la construcción?
Gestión de la información	34	¿Considera importante el trabajo colaborativo interdisciplinario? ¿Por qué?
	35	¿Qué opina acerca de la integración de todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto?
Nivel de desarrollo (LOD)	36	¿Qué nivel de detalle en las especificaciones de los planos cree que es necesaria para que pueda realizar sus trabajos adecuadamente?



	37	¿Considera que un modelo 3D del trabajo a realizar sería importante para tener claro el método de ejecución del proyecto?
Uso de modelos	38	¿Qué tipos de entregables y/o requerimientos se le solicitan comúnmente?
	39	¿Para qué etapa del proyecto son estos entregables y que finalidad tienen?
Sesiones ICE	40	¿Considera necesario una reunión en la que participen todos los involucrados en el proyecto?
	41	¿Cuál es el tiempo común de respuesta cuando usted solicita algún tipo de información a otro involucrado? Comúnmente, ¿usted necesita de otros profesionales para tomar decisiones relevantes? ¿Quiénes son los más frecuentes?
	42	¿Cómo intercambian información acerca del proyecto?
CDE	43	¿Conoce alguna herramienta que le permita intercambiar información en tiempo real?
BEP	44	¿Considera importante un documento en el que se definan las bases, reglas y normas internas del proyecto bajo la metodología BIM?
	45	¿Puede identificar oportunidades de mejora en la que se eleve el nivel de madurez BIM? ¿A qué nivel le interesaría llegar?
Etapas y madurez BIM	46	¿Considera que el uso de la metodología BIM y sus herramientas mejoraría la gestión de este proyecto?
	47	¿Cree que invertir en una implementación BIM en el proyecto sería rentable?
	48	

**Anexo N°08: Observaciones y recomendaciones del Experto 01 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°01</i>	<i>Ing. Felix Alejandro Túllume Uceda</i>
<p><i>Ingeniero Civil Ambiental por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y culmino un posgrado en BIM Management de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Cuenta con más de 6 años de experiencia aplicando la metodología BIM en proyectos de edificación en empresas como ARAM Arquitectos, RIEDEL Constructora, BIMNOVA y, actualmente, se desempeña como Coordinador de proyectos BIM VDC en V&amp;V BRAVO CONSTRUCTORA, donde tiene como funciones la gestión integral desde la etapa de Anteproyecto hasta la ejecución.</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b>            Ordenar las figuras de la hoja de ruta tal que se entienda la secuencia del plan de forma más sencilla. Por ejemplo, ingresar el ítem inicial sobre personas, herramientas y procesos dentro del CDE para ganar espacio y darle un mejor orden. También colocar los factores del marco teórico como punto de partida para iniciar con el modelo BIM y enmarcarlos para resaltarlos dentro del gráfico.</p>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b>            -Respecto al equipo, sería mejor separar la función de BIM Manager y Coordinador BIM. La primera función podría ser asumida por el residente de obra de tal forma que se involucre más con la metodología, además que para este cargo es necesario tener experiencia en obras de saneamiento para orientar al equipo encargado del modelo. Las demás cantidades están ok.</p>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b>            -Recomendó establecer plazos para alcanzar los beneficios de BIM, empezando con la dimensión 3D, para luego proponer la implementación de las siguientes dimensiones propuestas.            -Por ello, resaltar en el plan que las ventajas de BIM se verán de manera progresiva y esto debe verse reflejado en la hoja de ruta. Esto ayudara a que el personal acepte la implementación de esta metodología y se interese en conocer más sobre ella.</p>	
<p><b>Paso 03:</b>            - ok</p>	

**Anexo N° 09: Observaciones y recomendaciones del Experto 02 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°02</i>	<i>Ing. Gian Carlos Tarifeño Sánchez</i>
<p><i>Ingeniero Civil egresado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, cuenta con maestría en BIM Management por la UCAM (España). Cuenta con una experiencia de 6 años aplicando la metodología BIM en la ejecución de proyectos de construcción en empresas como Obrainsa, Promotora Pimentel SAC, Puicán Zarpan Inmobiliaria y actualmente es Ingeniero BIM en V&amp;V Bravo Constructora</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de interferencias: Navisworks o BIM Collage</li> <li>- Extracción de metrados: Revit22 + Plugin (SalenGrup)</li> <li>- Eliminar control de rendimientos</li> <li>- Control de costos: Revit y designar parámetro</li> </ul>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sub contratar el modelamiento + 01 modelador en obra</li> <li>- Solo un coordinador BIM</li> <li>- Ya no los capacitadores</li> <li>- Especificar concretamente los softwares a utilizar</li> <li>- Especificar para qué sirve cada software</li> </ul>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la dimensión 5D considerar el software: Prestout o Cost It o Arquímedes.</li> <li>- Para la dimensión 4D considerar el software: Synchro</li> <li>- En parámetros: a parte del nombre del elemento, considerar el tipo de elemento.</li> <li>- Mencionar que a partir de los planos del expediente técnico se realizará el modelado del proyecto.</li> <li>- Aplicativo para ver modelos 3D: Dalux (visor)</li> </ul>	
<p><b>Paso 03:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerar el cambio de plataforma: de <b>Trimble Connect</b> a <b>Autodesk 360</b>, por la compatibilidad de archivos del proyecto.</li> </ul>	

**Anexo N° 10: Observaciones y recomendaciones del Experto 03 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°03</i>	<i>Ing. Jonattan Gomez Araya</i>
<p><i>Especialista en metodología BIM, egresado de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas y del curso de VDC por la Universidad de Stanford. Más de 8 años de experiencia como Modelador, Coordinador y BIM Manager en proyectos de infraestructura en empresas como COSAPI, Grupo Flesan y De Vicente Constructora. Actualmente se encuentra trabajando como especialista BIM en el proyecto de la re construcción de colegios del norte del país.</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Indirectamente se ha mencionado información respecto al VDC y la ISO BIM, por lo que se podría añadir más información para mejorar el proyecto.</li> <li>-Se podrían agregar métricas que ayudaran a ver si se están cumpliendo con los objetivos BIM. Como recién se está implementando, deberían ser métricas pequeñas principalmente en ICE y procesos.</li> </ul>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se debería especificar que las capacitaciones al personal de la empresa seria principalmente en el manejo del CDE y mostrarles el modelo 3D, para motivarlos a seguir aprendiendo y no confundirlos entre los distintos términos sobre esta metodología.</li> <li>-Sugiere que el Coordinador BIM o BIM manager también podría desempeñarse como capacitador de los profesionales de la empresa. Menciono que de tener mas de dos frentes de trabajo si estaría adecuado contar con más de un modelador.</li> </ul>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sugiere ser más específicos en los objetivos a alcanzar con cada dimensión y detallar la razón por la cual serian útiles para este proyecto. Resalta que las dimensiones servirían para transmitir los alcances del proyecto a la población.</li> <li>-Está de acuerdo con el LOD planteado, pero mejorar la justificación de la elección y evaluar si la empresa usara el software para la etapa de operación y mantenimiento.</li> </ul>	
<p><b>Paso 03:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Recomienda el programa BIM Collaborate Pro de Autodesk para el entorno de datos compartidos.</li> <li>-Especificar el nombre de la matriz usada para ordenar a los stakeholders.</li> <li>-Tener cuidado con los términos “sesión” y “reunión” ya que el correcto para esta herramienta es sesión, pues todos los participantes deberían participar.</li> <li>-Reemplazar el término protocolo de reunión ICE por agenda de sesión ICE.</li> </ul>	

-Evaluar la recurrencia de las sesiones ICE ya que con algunos involucrados las reuniones no serían tan frecuentes o incluso innecesarias en algunos casos.

-Evitar términos pesados en el CDE tales como el código de status y reducir el nombre de cada archivo. Esto para una primera etapa, pues se podría recomendar para un siguiente proyecto con esta metodología.



**Anexo N°11: Observaciones y recomendaciones del Experto 04 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°04</i>	<i>Ing. Heroly Luis Almeyda Gonzales</i>
<p><i>Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, desempeñando desde hace más de 6 años los cargos de Analista BIM, Facilitador BIM, Coordinador BIM/VDC y Especialista BIM en importantes empresas del sector construcción tales como: Viva GyM/Grupo Graña y Montero, COSAPI, JE Construcciones Generales, Ingeco SA, TSC Innovation, ENMACON, INGECO y De Vicente Constructora donde actualmente aplica la metodología BIM en el Paquete 4 - Educación de la Autoridad para la reconstrucción con cambios.</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <p>- Para aterrizar de mejor manera el plan de uso de BIM, es convenientes proponer flujos de trabajo para información As Built.</p> <p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <p>- En el tema de interoperabilidad, es recomendable estandarizar las aplicaciones a utilizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sesiones ICE: MIRO</li> <li>Notion: Organización de tareas y pendientes</li> <li>Google Calendar: Asignación de reuniones</li> </ul> <p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <p>- Para justificar la elección del LOD300 es conveniente utilizar/poner en el plan la idea expuesta: “Al ser la primera vez que se planteará una gestión BIM en la empresa ejecutora, de manera de introducción se propone usar el LOD 300 debido a que no impactará en el tiempo de entrega planificado en el contrato de proyecto.</p> <p><b>Paso 03: Desarrollo de herramientas BIM</b></p> <p>- En cuanto a la plataforma Trimble Connect, desarrollar el concepto CDE citando la ISO 19650.</p> <p>- En cuanto a las plataformas de almacenamiento de información en la nube, recientemente han aparecido plataformas especializadas las cuales facilitan la colaboración y contribuyen con: visualización de modelos 3D, marcas de revisión de planos o del modelo, asignación de incidencias, comprobación de versiones, inclusión de metadatos en los archivos y detección de interferencias.</p>	

**Anexo N°12: Observaciones y recomendaciones del Experto 05 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°05</i>	<i>Ing. Jesús Leiva Ramos</i>
<p><i>Ingeniero Civil con especialización en gestión de proyectos y calidad por la PUCP, se ha desempeñado en los cargos de Modelador BIM, Coordinador BIM, Implementador BIM e Ingeniero BIM con más de 6 años de experiencia, militando en empresas como PROI SAC, SCIO, C&amp;C Gerencia y Construcción y Golder, donde se encuentra actualmente como Especialista BIM.</i></p>	
<b><i>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</i></b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sugiere que se debería detallar más en el plan que este será aplicado a obras de saneamiento, con el objetivo de mejorar el aporte académico del trabajo de investigación.</li> <li>-Recomendó que sería ideal indicar cuanto será el costo de aplicar esta metodología dentro de la empresa para en un futuro evaluar el beneficio económico del BIM.</li> </ul>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mencionó que no existen en el mercado muchos profesionales especializados en BIM para saneamiento por lo que se podría recurrir a profesionales con experiencia en edificaciones que aprendan de saneamiento durante el proyecto.</li> <li>-Establecer los procesos dentro de la empresa puede tomar mucho tiempo por lo que sería ideal implementar metas.</li> </ul>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se podría proponer una plantilla en programas para Revit para que sea utilizada en proyectos de saneamiento, en busca de especificar el plan de uso.</li> <li>-Sugiere incluir el uso de Autocad Plant y Autocad advanced Steel para este tipo de obras lineales.</li> </ul>	
<p><b>Paso 03: Desarrollo de herramientas BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En cuanto a la plataforma para el CDE, mencionó que esto varía según los programas con los que cuente la empresa que desee aplicar BIM.</li> </ul>	

**Anexo N°13: Observaciones y recomendaciones del Experto 06 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°06</i>	<i>Ing. Enrique Juárez Aquino</i>
<p><i>Ingeniero Civil y Magister en ingeniería por la Pontificia Universidad Católica del Perú; es especialista y profesor en filosofía Lean y BIM. Cuenta con más de 7 años en áreas de producción, supervisión y apoyo BIM. Ha participado como Coordinador General BIM en el proyecto de la Videna para los Juegos Panamericanos y actualmente se desempeña como asesor técnico de la Dirección de Infraestructura Educativa del PEIP-EB</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recomienda fijar bien los problemas a los que se busca dar solución con esta metodología para que la investigación tenga objetivos bien definidos, según los usos planteados.</li> <li>- Intentar contactar con el supervisor y la entidad para conocer también las necesidades de los que vendrían ser los clientes y que verían ellos como beneficios de esta metodología</li> </ul>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recomendó estimar y organizar cuantas personas serían las que se van a capacitar y el personal BIM a contratar para poder tener un aproximado de lo que costaría ello.</li> <li>- Sugirió que sería ideal contar con un flujograma para cada proceso y uso BIM de tal forma que cada personal involucrado sepa sus funciones bajo esta metodología. Esto contribuirá a que se adecuen más rápido y absuelvan sus dudas.</li> </ul>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señaló que el equipo de modelación debería desarrollar o buscar familias y plantillas para este tipo de proyecto de saneamiento ya que estas no son muy comunes en el mercado peruano.</li> </ul>	
<p><b>Paso 03: Desarrollo de herramientas BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar si conceptualmente las sesiones con la población se considerarían ICE, ya que en estas deberían verse temas de ingeniería, de los cuales ellos no están muy al tanto.</li> <li>- Verificar que el CDE planteado cumpla con la definición que brinda la literatura pues no basta con que solo pueda compartir archivos, sino también visualizarlos.</li> </ul>	



**Anexo N°14: Observaciones y recomendaciones del Experto 07 para la Validación del plan preliminar de uso de BIM**

<b>Validación del plan de uso de BIM</b>	
<i>Experto N°07</i>	<i>Ing. Renzo Ríos Rugel</i>
<p><i>Ingeniero Civil egresado de la PUCP con más de 6 años de experiencia en el sector construcción aplicando la metodología BIM como modelador, coordinador, consultor y mentor. Ha trabajado en importantes empresas constructoras tales como Cosapi, HV contratistas y el grupo JJC. Actualmente se desempeña como consultor BIM y enseña cursos relacionados a esta metodología, además cuenta con grado de instructor certificado por Autodesk.</i></p>	
<b>Observaciones sobre el plan de uso de BIM</b>	
<p><b>Hoja de Ruta</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sugiere que es fundamental estandarizar los términos técnicos dentro del plan para mejorar la comunicación entre profesionales, que puedan entender las diferentes herramientas de esta metodología y para que la implementación se pueda realizar en diversas empresas constructoras.</li> </ul>	
<p><b>Paso 01: Implementación de personas/herramientas y definición de objetivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recomendó que el equipo BIM que entrara en la empresa depende del presupuesto y la complejidad del proyecto que se maneja.</li> <li>- Mencionó que los objetivos planteados deben ser escalonados y a partir de ello destinar una inversión que permita seguir una serie de pasos en la implementación.</li> </ul>	
<p><b>Paso 02: Construcción del modelo BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalo que el LOD 300 es un LOD relativamente alto para empresas que recién empiezan por lo que se debería especificar con alguna normativa o guía de algún foro estándar de BIM e indicar el año al que pertenece dicho documento.</li> </ul>	
<p><b>Paso 03: Desarrollo de herramientas BIM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No necesariamente al enviar las consultas de manera sencilla y rápida al supervisor este responderá en menor tiempo, por ello se debería especificar que se buscará compromiso por parte de esta parte involucrada dentro de las sesiones ICE e incluso establecer canales menos formales para agilizar la comunicación.</li> <li>-Para garantizar la presencia y participación de los profesionales en las sesiones ICE es recomendable realizar sesiones PRE-ICE en las que se planifica la sesión, se organizan tiempos y se citan a los involucrados que realmente tendrán una participación importante.</li> </ul>	