

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
PERÚ**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM PARA EL
DESARROLLO DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE
COSTANERA 2 EN CUSCO BAJO LA MODALIDAD DE
CONTRATACIÓN, DISEÑO, LICITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Luis Ángel Aragón Sánchez

Álvaro Alonso Granados Suarez

ASESOR:

Xavier Max Brioso Lescano

Lima, agosto de 2024

Informe de Similitud

Yo, XAVIER MAX BRIOSO LESCANO, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada ELABORACIÓN DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM PARA LA ETAPA DE DISEÑO DEL PUENTE COSTANERA 2 EN CUSCO BAJO LA MODALIDAD DE CONTRATACIÓN, DISEÑO, LICITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN, de los autores:

ARAGON SANCHEZ, LUIS ANGEL,

GRANADOS SUAREZ, ALVARO ALONSO,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 22%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 22/08/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 22 de agosto del 2024

Apellidos y nombres del asesor: Brioso Lescano Xavier Max	
DNI: 09856898	Firma 
ORCID: 0000-0002-0174-0241	

Resumen

Los puentes son estructuras fundamentales para el desarrollo del Perú, por lo que es necesario procurar un diseño y planificación adecuados para su construcción. Por ello, es fundamental la implementación de metodologías que permitan alcanzar mayor eficiencia, transparencia y calidad de la inversión pública como la metodología BIM. En consecuencia, es importante comprender el panorama de la implementación BIM en los proyectos públicos de puentes vehiculares en la etapa de elaboración del expediente técnico y elaborar un Plan de Ejecución BIM aplicado a un caso de estudio bajo los lineamientos de la Guía Nacional BIM.

Primero se realizó una revisión de la Guía Nacional BIM, el estado de la adopción BIM internacional y nacional y luego se evaluó 91 Términos de Referencia para la formulación de expedientes técnicos de puentes vehiculares publicados en el SEACE entre los años 2020 al 2023. Finalmente, se elaboró un Plan de Ejecución BIM que fue validado por medio de entrevistas a profundidad del tipo abiertas y posteriormente aplicado a un caso de estudio: puente Costanera 2.

Como resultado, se pudo conocer que entre los años 2021 al 2023 existe una disminución en la cantidad como en la calidad de los Términos de Referencia con respecto a la inclusión de BIM. Asimismo, se observó que PROVIAS Nacional demostró una notable inclusión de BIM; por el contrario, gobiernos regionales y municipales fuera de la capital presentan dificultades para ello. Por otro lado, se logró enriquecer el Plan de Ejecución BIM inicial a través de recomendaciones de los expertos entrevistados, los cuales abarcaban tanto el sector público y privado, lo que resultó en el Plan de Ejecución BIM validado. Finalmente, se comprobó que la aplicación de BIM puede aumentar el Retorno de la Inversión del proyecto. En el caso de estudio se mostró que pudo contribuir a disminuir 28 comunicaciones, 493 días calendarios de retrasos y S/ 1 199 085,67 de sobrecostos.

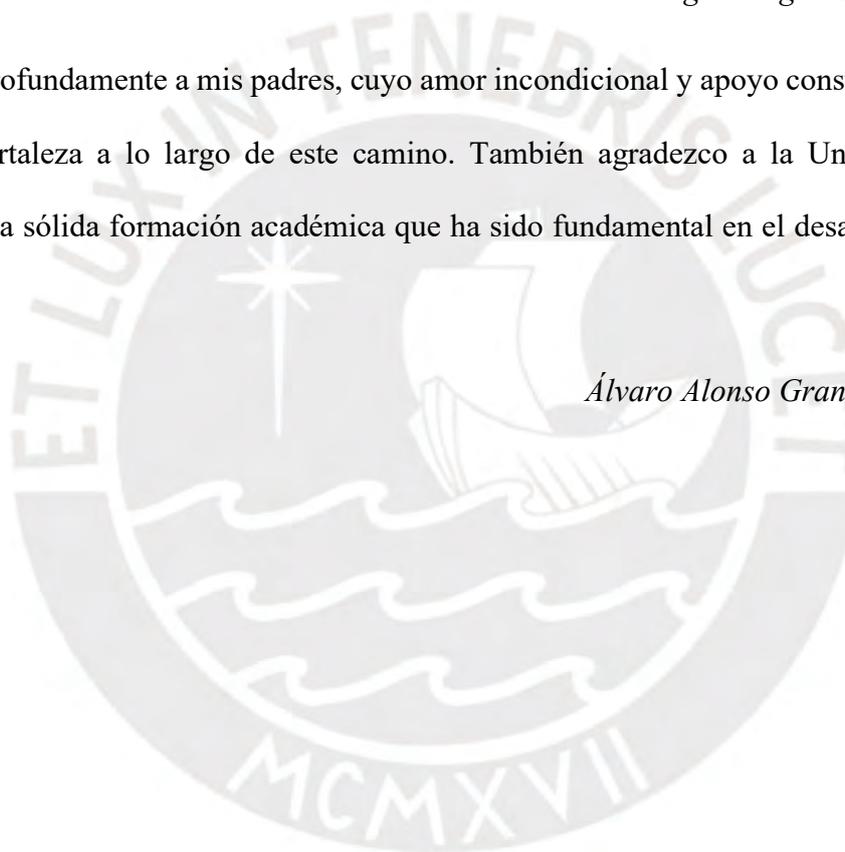
Agradecimientos

Agradezco mis experiencias educativas y personales, que me brindaron la oportunidad de conocer diferentes contextos sociales. Asimismo, agradezco especialmente a mi padre quien me mostró el impacto positivo de la ingeniería civil en la calidad de vida de las personas y cuyo apoyo fue indispensable para dotar de solidez y lógica a la presente tesis.

Luis Ángel Aragón Sánchez

Agradezco profundamente a mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino. También agradezco a la Universidad por brindarme una sólida formación académica que ha sido fundamental en el desarrollo de este trabajo

Álvaro Alonso Granados Suarez



ÍNDICE

Resumen	ii
Agradecimientos.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
Capítulo 1: Introducción.....	10
1.1. Objetivo General	11
1.2. Objetivo Específico	12
1.3. Metodología	12
Capítulo 2: Revisión Teórica.....	15
2.1. Definición de BIM.....	15
2.2. Nivel de madurez BIM.....	15
2.3. Niveles de información necesaria.....	17
2.4. Partes y Equipos	18
2.5. Roles BIM.....	18
2.6. Documentos para la Gestión de la Información BIM	19
2.7. Requisitos de Información	20
2.7.1. Requisitos de Información Organizacional (OIR).....	20
2.7.2. Requisitos de Información de los Activos (AIR).....	21
2.7.3. Requisitos de Información del Proyecto (PIR).....	21
2.7.4. Requisitos de Intercambio de Información (EIR).....	21
2.8. Usos y herramientas BIM.....	23
2.9. Entregables de Información.....	23
2.9.1. Modelo de Información del Proyecto (PIM).....	23
2.9.2. Modelo de Información de los Activos (AIM).....	24
2.10. Entorno de Datos Comunes (EDC).....	24
2.11. Plan de Ejecución BIM (PEB).....	25
2.12. Definición de puentes y su importancia.....	25
2.13. Definición de Términos de Referencia (TDR).....	26
2.14. Retorno de Inversión (ROI)	26
2.15 Definición de expediente técnico y estudio definitivo	27
Capítulo 3 Adopción BIM a nivel internacional y en el Perú.....	27
3.1. Adopción BIM en Latinoamérica y recursos internacionales	27
3.1.1. Adopción BIM en gobiernos latinoamericanos.....	27
3.1.2. Recursos para la gestión de la información con BIM.....	33
3.1.3. Proyectos internacionales con implementación BIM en puentes.....	39

3.2. Análisis de la implementación BIM en el Perú.....	40
3.2.1. Situación actual de los puentes en el Perú.....	40
3.2.2. Plan para la adopción BIM en Perú.....	41
3.2.3. Proyectos nacionales que implementaron BIM.	43
Capítulo 4: Normativas y leyes nacionales aplicables	44
4.1. Ley de Contrataciones del Estado	44
4.1.1. Métodos de Contratación.....	44
4.1.2. Sistemas de Contratación.....	45
4.1.3. Modalidades de Contratación.....	45
4.2. Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.....	45
4.2.1. Marco normativo actual de BIM.....	48
Capítulo 5: Evaluación de la inclusión de BIM en los términos de referencia de expedientes técnicos de puentes vehiculares en Perú.....	56
5.1. Objetivo de la evaluación.....	56
5.2. Obtención de la información y enfoque de la evaluación.....	57
5.3. Resultados de la evaluación	59
Capítulo 6: Diagnóstico de la implementación BIM en el proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Ovalo los Libertadores – Puente Costanera – Nodo Versalles” en las etapas de diseño y construcción	81
6.1. Evaluación de la aplicación BIM en los TDR para la etapa de diseño	81
6.2. Evaluación de la aplicación BIM en los TDR para la etapa de construcción.....	83
6.3. Incompatibilidad e interferencia encontradas en la ejecución de obra del puente Costanera 2.....	85
Capítulo 7: Proceso de elaboración y validación del Plan de Ejecución BIM	87
7.1. Alcance y objetivos	87
7.2. Metodología para la obtención del PEB validado	88
7.3. Tipos de expertos.....	89
7.4. Resultado del entrevistasprofundidad	91
7.4.3. Discrepancia entre la GNB y el proceso de licitación de SEACE.	99
Capítulo 8. Propuesta de PEB definitivo para la fase de elaboración del expediente técnico	100
8.1. Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución.....	102
8.1.1. Características de la inversión.....	102
8.1.2. Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución.....	103
8.1.3. Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución.....	104
8.2. Estrategia de entrega de información.....	107
8.2.1. Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información.....	107
8.2.2. Proceso de aplicación para cada Uso BIM del proyecto.	109
8.2.3. Lista de Recursos informáticos necesarios.....	109
8.2.4. Plan de movilización.....	110

8.2.3. Estrategia de entrega del Modelo de Información	112
8.3. Propuesta de modificación o adición de normas de información.	112
8.3.1. Normas de información.....	112
8.3.2. Métodos y procedimientos de producción de información.	118
Capítulo 9: Aplicación del PEB validado, caso: interferencia con tubería de agua de 700mm.	127
9.1. Modelado de la geometría y acero de detalle.....	128
9.2. Exportación de la información al EDC y gestión de interferencias	130
9.3. Detección de interferencias.....	132
9.4. Resultados de la aplicación BIM en el caso expuesto	135
Capítulo 10: Conclusiones y recomendaciones	139
Bibliografía.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de puentes según el Manual de Puentes.....	26
Tabla 2 Estrategia de adopción BIM nacional de países pertenecientes a la Red.....	28
Tabla 3 Tabla comparativa de PEBS.....	32
Tabla 4 Sistemas de clasificación más usados	38
Tabla 5 Sistemas de clasificación españoles.....	39
Tabla 6 Estado general de puentes: porcentajes y cantidad.....	41
Tabla 7 Variación de modalidades de contratación según el monto del proyecto en los años del 2020 al 2023	58
Tabla 8 Cantidad de TDR resultante del marco poblacional según los tipos de modalidad.....	58
Tabla 9 Ejemplo de primer tipo de tabla: comparativa de incisos seleccionados del Anexo E con TdR ..	60
Tabla 10 Ejemplo del segundo tipo de tabla: características y comentarios de implementación BIM en TdR.....	62
Tabla 11 Leyenda general de grado de aplicación	66
Tabla 12 Grado de aplicación de incisos seleccionados del anexo E de años 2020 al 2023	66
Tabla 13 Tabla de medición de cumplimiento de acciones elementales	71
Tabla 14 Análisis de cumplimiento de TDR del proyecto con el Anexo E de la GNB	82
Tabla 15 Cuadro de análisis de aplicación BIM	82
Tabla 16 Tipos de expertos para las entrevistas a profundidad	89
Tabla 17. Evaluación de expertos en base a años de experiencia aplicando BIM	90
Tabla 18. Matriz RACI implementada en el PEB validado.....	92
Tabla 19 Tabla de recursos informáticos después de las validaciones.....	93
Tabla 20 Indicadores de rendimiento antes de las entrevistas	95
Tabla 21 Indicadores de rendimiento después de las entrevistas	95

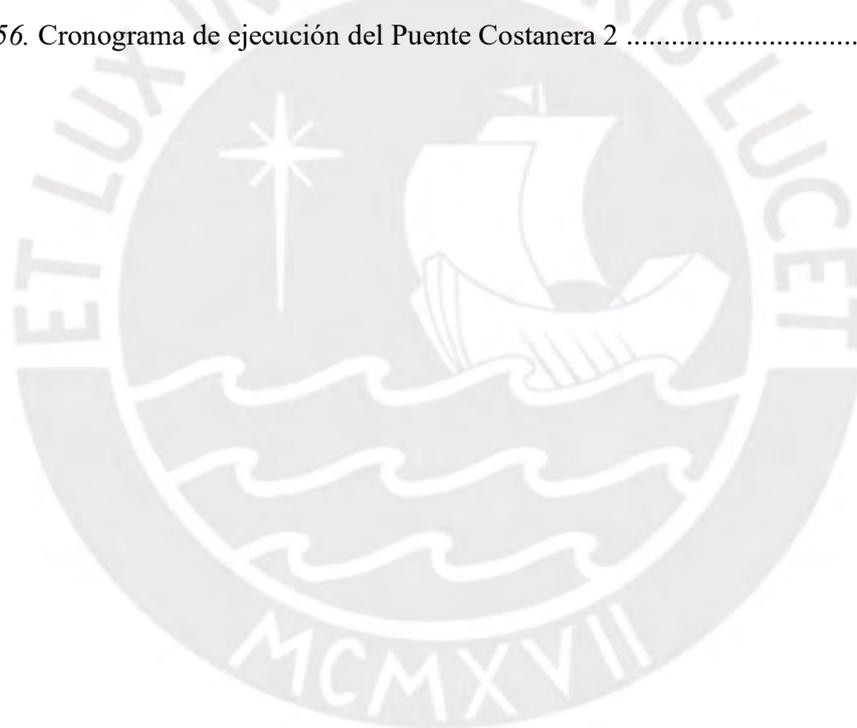
Tabla 22 Incidencia de recomendaciones de expertos por incisos.....	98
Tabla 23. Comparación de incisos entre el anexo F y el PEB validado.....	101
Tabla 24 Matriz de RACI para la gestión de la información.....	106
Tabla 25 Objetivos y usos BIM establecidos.....	108
Tabla 26 Recursos informáticos recomendados a implementar.....	109
Tabla 27 Lista de actividades que conforman la movilización.....	111
Tabla 28 Identificación de contenedores de información.....	112
Tabla 29 Requisitos de calidad generales de los modelos de información.....	115
Tabla 30 Indicadores de rendimiento del proyecto.....	116
Tabla 31 Propuesta de planes de acción.....	117
Tabla 32 Estados de avance de la interferencia.....	122
Tabla 33 Actividades principales y complementarias para las acciones de detección de interferencias.....	124
Tabla 34 Tolerancia y tipo de interferencia.....	125
Tabla 35 Códigos de seguridad.....	126
Tabla 36 Niveles de seguridad del EDC.....	126
Tabla 37 Tipo de permisos en Trimble Connect.....	127
Tabla 38 Diferencia de metrados y costos contractuales con los ejecutados.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de información necesaria.....	17
<i>Figura 2.</i> Documentación para la gestión de la información con BIM.....	19
<i>Figura 3.</i> Jerarquía de los requisitos y entregables de información.....	20
<i>Figura 4.</i> OIR, AIR, PIR, EIR, Objetivos BIM y Usos BIM.....	22
Figura 5. Niveles de madurez BIM.....	30
<i>Figura 6.</i> ISOS relacionados a los niveles de madurez BIM.....	30
<i>Figura 7.</i> Incorporación de atributos IFC a elementos de un puente.....	34
<i>Figura 8.</i> Interoperabilidad IFC con algunos programas usados para el diseño de obras lineales.....	36
<i>Figura 9.</i> Ejemplo de interoperabilidad OpenBIM con programas de distintas casas de software basado en la ISO-19650.....	38
<i>Figura 10.</i> Portal de búsqueda de SEACE y filtros base aplicados.....	57
<i>Figura 11.</i> Aplicación BIM en TDR en la etapa de diseño para la construcción de puentes vehiculares en los años 2020 al 2023.....	63
<i>Figura 12.</i> Aplicación de usos BIM en los TDR en la etapa de diseño para la construcción de puentes vehiculares en los años 2020 al 2023.....	64
<i>Figura 13.</i> Grado de aplicación de incisos seleccionados del Anexo E en los años 2020 al 2023.....	67
<i>Figura 14.</i> Beneficios, fortalezas y actividades de la GI con BIM para conseguir el BIM ROI.....	70

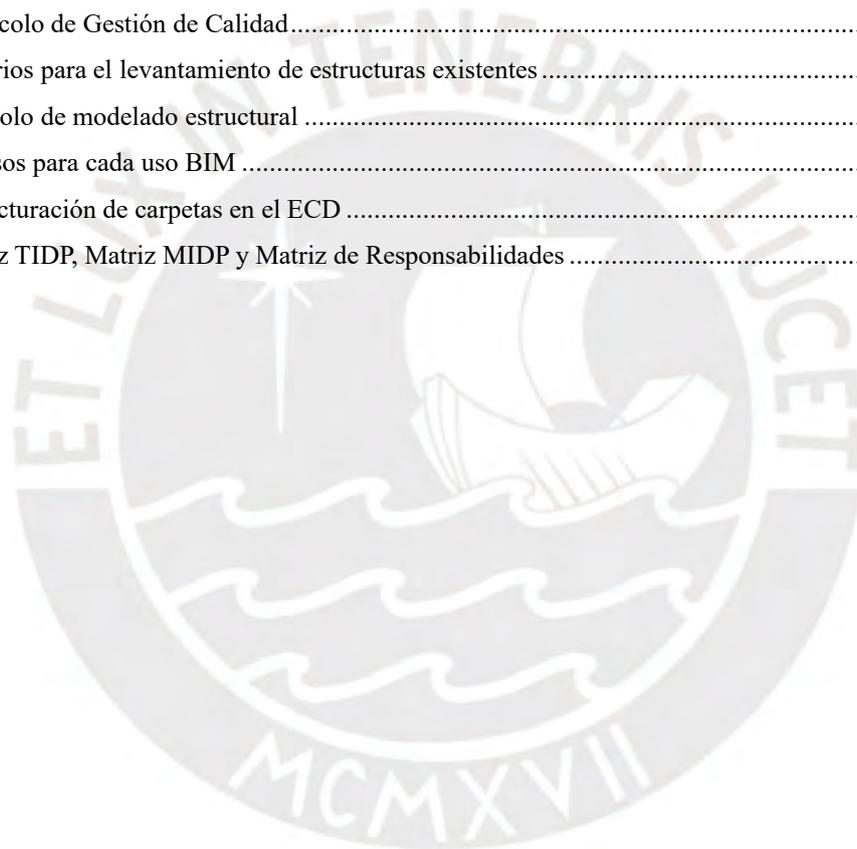
<i>Figura 15.</i> Actividades colectivas e individuales establecidas en el proyecto	72
<i>Figura 16.</i> Requerimientos del entorno de datos comunes del proyecto	73
<i>Figura 17.</i> Requerimientos a cerca del PEB.....	73
<i>Figura 18.</i> Cuadro de detalle de LOD por especialidad	74
<i>Figura 19.</i> Significado de nivel de detalle LOD350	75
<i>Figura 20.</i> Clausula de propiedad intelectual del proyecto	76
<i>Figura 21.</i> Pautas para la coordinación de especialidades	76
<i>Figura 22.</i> Términos ambiguos en la implementación BIM	77
<i>Figura 23.</i> Información insuficiente para la implementación BIM.....	77
<i>Figura 24.</i> Requerimiento de nivel de detalle	78
<i>Figura 25.</i> Muestra el contenido de información gráfica de LOD 350 de zapatas de pilares y de una cimentación estándar.....	79
<i>Figura 26.</i> Comparación de LOD 350 vs LOD 400 de la información requerida para los pilotes	79
<i>Figura 27.</i> Formas diferentes de solicitar modelos 3D en TDR.....	80
<i>Figura 28.</i> Proceso de creación del PEB validado	88
<i>Figura 29.</i> Organigrama antes de las entrevistas	92
<i>Figura 30.</i> Organigrama después de las entrevistas	92
<i>Figura 31.</i> Proceso de Estrategia de producción y federación de la información antes de las entrevistas	97
<i>Figura 32.</i> Proceso de producción de la información de ingeniería a detalle después de las entrevistas	97
<i>Figura 33.</i> Proceso tradicional de concurso en el SEACE complementado con documentos propuestos por la GNB	99
<i>Figura 34.</i> Esquema organizacional de las partes involucradas en la etapa de Elaboración del expediente técnico o documento equivalente	100
<i>Figura 35.</i> Proceso de licitación hasta el inicio de actividades complementado con documentos BIM de la GNB	101
<i>Figura 36.</i> Diagrama de organización del equipo de proyecto para el desarrollo de un E.T de puentes basados en la GNB y sus interacciones.....	105
<i>Figura 37.</i> Diagrama de Gantt para el Plan de movilización	111
<i>Figura 38.</i> Ejemplo de codificación de archivo	114
<i>Figura 39.</i> Diagrama de flujo de “Estrategia de Federación de Modelos BIM y Contenedores de Información complementarios”	119
<i>Figura 40.</i> Plan de producción de información general	120
<i>Figura 41.</i> Diagrama de flujo de “Producción de la información para la ingeniería de detalle”	121
<i>Figura 42.</i> Flujo de actividades para la detección y resolución de interferencias	123

<i>Figura 43.</i> Definición del punto base en el modelo	128
<i>Figura 44.</i> Geometría de la zapata del puente.....	129
<i>Figura 45.</i> Detallado de acero de refuerzo para la construcción	129
<i>Figura 46.</i> Separadores - detalles constructivos de acero de refuerzo.....	129
<i>Figura 47.</i> Planta de catastro de red de tuberías de agua en zona de influencia del puente.....	130
<i>Figura 48.</i> Modelado de la tubería en base al catastro importado	130
<i>Figura 49.</i> Uso del archivo base para la exportación	131
<i>Figura 50.</i> Información subida y federada automáticamente	131
<i>Figura 51.</i> Integración de modelos de información de diferentes especialidades	131
<i>Figura 52.</i> Creación tolerancia de interferencias en base a la tipología del PEB	132
<i>Figura 53.</i> Detección de interferencia automática	133
<i>Figura 54.</i> Ejemplo de interferencia llamada "TUBERÍA 700mm-AC_LAT_01"	133
<i>Figura 55.</i> Control de avance de las interferencias	134
<i>Figura 56.</i> Cronograma de ejecución del Puente Costanera 2	138



LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Metodologías complementarias aplicadas en el PEB propuesto	2
Anexo B: Tablas de grado de cumplimiento en la aplicación del Anexo E en los TDR	7
Anexo C: Tablas de detalle de la aplicación BIM de los TDR analizados	13
Anexo D: Justificación del cumplimiento de cada inciso del Anexo E.....	19
Anexo E: Grupos para el análisis cualitativo de los TDR	30
Anexo F: Propuesta de Plan de Ejecución BIM para la etapa de elaboración del expediente técnico	35
Anexo G: Protocolo de Gestión de Calidad.....	5
Anexo H: Criterios para el levantamiento de estructuras existentes	7
Anexo I: Protocolo de modelado estructural	36
Anexo J: Procesos para cada uso BIM	58
Anexo K: Estructuración de carpetas en el ECD	63
Anexo L: Matriz TIDP, Matriz MIDP y Matriz de Responsabilidades	65



Capítulo 1: Introducción

En la actualidad, las infraestructuras viales son vitales para el desarrollo comercial en el Perú y por lo tanto el desarrollo económico (PROVIAS Nacional [PVN], 2013). La magnitud de su importancia se evidencia, por ejemplo, en las pérdidas de más de 50,000 millones de soles diarios debido a la paralización de más de 10,000 buses durante protestas del año 2022 (Instituto Peruano de Economía [IPE], 2022). De hecho, los puentes contribuyen indirectamente al desarrollo de la economía y ayudan a conseguir objetivos políticos sociales y regionales (CHOO, J. & Chang, S., 2014).

Al resultar los puentes necesarios, el Estado en los últimos años fue implementando proyectos para mejorar sus condiciones. De esta manera, se pasó de contar con 1 359 puentes en estado malo a regular (PVN, 2013) a 699 puentes en la misma situación (Dirección de Gestión Vial [DGV], 2023). Además, se cuenta con un aproximado de 71% de puentes entre estados adecuado y satisfactorio (DGV, 2023); es decir, 1 724 puentes y todos ellos administrados por PROVIAS Nacional.

Por otro lado, en estructuras tan críticas como estas es imprescindible aplicar para su elaboración las mejores metodologías, herramientas tecnológicas y personal capacitado. En ese sentido, BIM se establece como una alternativa que facilita la ejecución de proyectos complejos (Fanning, B., 2014).

Frente a las evidentes ventajas de su aplicación, el Estado peruano precisó necesario incorporar BIM (del inglés, Building Information Modeling) paulatinamente a sus procesos y proyectos. Es así que, en el 2019, se comunicó por primera vez la necesidad aplicar BIM dentro del Plan Nacional de Competitividad y Productividad mediante la medida política llamada "Plan BIM" (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2019).

De esta manera, se estableció una ruta estratégica para la adopción BIM en el Perú llamada “Plan de implementación BIM y Hoja de ruta del Plan BIM Perú”, el cual reconoce la importancia de la participación de la academia y el sector privado en este proceso. Asimismo, establece 04 líneas estratégicas e hitos sobre las cuales se buscará incentivar el uso de BIM (MEF, 2021).

No obstante, debido a que una de las mayores preocupaciones de los patrocinadores es la ganancia monetaria de la ampliación de BIM (Sompolgrunk, et al., 2021) la ausencia de un marco de incentivos que evidencie los beneficios de la aplicación de la metodología podría significar una barrera para la adopción nacional (Alam et al., 2023).

Por ello, esta tesis busca mostrar y comprender el panorama de la implementación BIM en los proyectos públicos de puentes vehiculares en la etapa de elaboración de expediente técnico (ET) y demostrar cómo una adecuada implementación BIM con base en un Plan de Ejecución BIM (PEB) aplicado al diseño del puente Costanera 2 y validado a través de entrevistas a profundidad, puede generar beneficios sustanciales para el proyecto.

1.1. Objetivo General

Comprender el panorama de la implementación BIM en los proyectos públicos de puentes en la etapa de diseño y elaborar un PEB aplicado al puente Costanera 2 basado en los lineamientos de la Guía Nacional BIM (GNB) para contribuir a su adopción en el Perú.

1.2. Objetivo Específico

- Analizar la implementación BIM en los Términos de Referencia (TDR) de estudios definitivos para expedientes técnicos de puentes vehiculares y evaluar cómo esta metodología fue solicitada en dichos documentos.
- Evaluar la aplicación BIM en los TDR de diseño y ejecución del proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Óvalo los Libertadores – Puente Costanera – Nodo Versalles”, y comentar problemas relacionados al diseño suscitados en la etapa de construcción.
- Realizar un PEB inicial al puente Costanera 2 y validarlo mediante entrevistas a profundidad del tipo abiertas.
- Demostrar la implementación práctica del PEB validado mediante su aplicación a una interferencia comentada en la elaboración del ET del puente Costanera 2.

1.3. Metodología

Los pasos a seguir para cumplir con los objetivos específicos se muestran a continuación:

Revisión teórica

En la primera etapa, se examinará la GNB con el fin de comprender cómo es la gestión de la información (GI) propuesta. Para ello se conocerán los términos, definiciones y documentos a usar para la aplicación BIM en proyectos públicos. Finalmente, se mostrará la importancia y definición de puentes, las diversas maneras de clasificarlos, la diferencia entre un ET y estudios definitivos; así como, la definición del retorno de inversión (ROI) y cómo se relaciona con BIM.

Adopción BIM en el Perú y a nivel Internacional

Para la segunda etapa, se comentará el desarrollo de la adopción BIM en el ámbito público de países pertenecientes a la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos con el fin de saber cómo se encuentra la implementación BIM en Perú con respecto a los demás países y la ruta a seguir para evolucionar en cuanto la madurez BIM que se debe seguir; asimismo, se mostrarán recursos elementales para la GI con BIM desarrollados por instituciones internacionales. Después, se mencionarán proyectos de puentes internacionales en los que se aplicó BIM.

Luego, en cuanto al ámbito nacional, se comentará el estado de los puentes en el Perú, la estrategia del Plan BIM Perú para impulsar la adopción BIM y se mencionarán los proyectos nacionales de puentes más distintivos en los que se aplicó BIM. Finalmente, se revisará la vigente Ley de Contrataciones y dispositivos normativos que enmarcaron la adopción BIM nacional para entender desde una perspectiva normativa el contexto actual de la implementación y cómo se relaciona con las diversas modalidades de contratación con el Estado.

Evaluación de la inclusión BIM en los TDR de expedientes técnicos de puentes vehiculares en Perú

Se presentará el estado de la implementación BIM en los TDR para la etapa de desarrollo de ET en obras de puentes vehiculares. Para ello, se descargarán del Sistema Electrónico de Contrataciones con el Estado (SEACE) los TDR incluidos dentro del marco poblacional “TDR para el desarrollo de expedientes técnicos de la construcción de puentes vehiculares publicados en el SEACE entre los años 2020 al 2023”. Después, se agruparán

según el año de creación y serán clasificados según los rangos de montos que determinan el tipo procedimientos de contratación según el año.

Con los documentos obtenidos, se realizará una evaluación cuantitativa y cualitativa. En el enfoque cuantitativo se busca saber en qué medida se ha implementado lo establecido en el “Registro de requisitos de intercambio de información (Anexo E)” en los TDR y el panorama general de la implementación BIM. Finalmente, en el análisis cualitativo se podrá determinar si la forma en la que se incluyó la metodología fue adecuada en base al cumplimiento de actividades de la GI que representan aquellas actividades a solicitar o realizar para que la implementación BIM logre los beneficios y el ROI esperados.

Elaboración, validación y aplicación del PEB inicial

En la última etapa, se revisará si se implementó BIM en los TDR para la elaboración del ET y construcción del caso de estudio, y se comentará cómo se encuentra implementando BIM en la etapa de construcción de todo el proyecto. Luego, se evaluará una incompatibilidad y una interferencia encontradas en el puente Costanera 2 siendo la última la causante del adicional más significativo en ese puente. Después, se elaborará el PEB inicial el cuál será validado mediante entrevistas a profundidad y modificado con las recomendaciones de los expertos. Lo anterior resultará en el PEB validado. Finalmente, se aplicará este PEB para ejemplificar la manera de modelar, detectar y coordinar la interferencia mencionada en la etapa de diseño. Finalmente, se mostrará cómo la implementación BIM habría impactado positivamente al proyecto desde el punto de vista del retorno de inversión.

Capítulo 2: Revisión Teórica

2.1. Definición de BIM

Existen diversas definiciones de BIM, las cuales suelen abordar puntos en común. Según el libro “BIM Handbook”, se define a BIM como “una tecnología de modelado y procesos asociados para producir, comunicar y analizar los modelos virtuales” (Eastman et al., 2008, p. 37). Otra definición fuertemente aceptada es de Succar (2009), quien define BIM como “un conjunto de políticas, procesos y tecnologías que interactúan y generan una metodología para gestionar el diseño y los datos del proyecto en formato digital a lo largo del ciclo de vida del proyecto”(p. 2).

Asimismo, de acuerdo con la NTP-ISO 19650-1, que fue aprobada en julio de 2021 por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), explica que el BIM es el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones” (INACAL, 2021, p. 19). En ese sentido, de las definiciones anteriormente mencionadas se puede explicar al BIM como un conjunto de tecnologías, procesos colaborativos, políticas que buscan aumentar la entrega de valor, integrar los procesos y usar modelos 3D mediante la GI en todo el ciclo de vida del proyecto.

2.2. Nivel de madurez BIM

La madurez BIM se debe entender como el progreso alcanzado en la adopción de esta metodología en determinado contexto (Succar, 2009); en ese sentido, de acuerdo con este autor, existen niveles de madurez de BIM: pre-BIM, etapa de modelación, etapa de colaboración, etapa de integración y post-BIM.

En pre-BIM, las organizaciones utilizan modelos manuales o en herramientas CAD en 2D para describir la realidad; además, no es posible extraer estimaciones de los costos y cantidad, y no existe interés en promover prácticas colaborativas entre las partes interesadas y el flujo de trabajo es lineal. En la etapa de modelación, la implementación BIM es iniciada mediante objetos 3D en un software, tales como Revit, ArchiCAD o Tekla. Los modelos pueden incluir diseño arquitectónico y ser utilizados para coordinar documentación en 2D y visualización 3D, también es posible obtener tanto cantidades como costos específicos.

No obstante, el intercambio de información entre los involucrados es unidireccional. En la etapa de colaboración, los involucrados colaboran activamente entre distintas disciplinas, esto puede ocurrir dentro de una o dos etapas del ciclo de vida de la inversión, tales como pre diseño-diseño o diseño- construcción. No obstante, a pesar de que la comunicación sigue siendo asincrónica, la separación de roles y disciplinas empieza a desvanecerse.

En la etapa de integración, se crean modelos integrados, compartidos y mantenidos en colaboración durante todo el proyecto. Asimismo, los modelos se tornan a modelos interdisciplinarios al tener mayor cantidad de datos e información, de manera que se puede realizar un análisis complejo de costos, políticas ecológicas, entre otros en las etapas de diseño y construcción virtual. Por último, el post-BIM tiene como objetivo emplear la construcción y operación del diseño virtual, lo cual le permite ser la etapa más desarrollada del BIM (Succar, 2009).

2.3. Niveles de información necesaria

LOIN o *Level of Information Need* se refiere al nivel de la información requerida para cumplir con los objetivos vinculados al proceso de intercambio de información (MEF, 2023); es decir, establece y estandariza los requisitos mínimos de contenido de cada entregable. De esta manera, la información puede ser gráfica y no gráfica. La primera de ellas se refiere a elementos tridimensionales o modelos 3D, mientras que la segunda se refiere a tablas de metrados, documentación, entre otros. Así, para la información gráfica se utilizará el Nivel de Detalle (LOD) y el Nivel de Información (LOI) para la información no gráfica (MEF, 2023).



Figura 1. Nivel de información necesaria

Tomado de MEF (2023) Guía Nacional BIM.

Cabe resaltar que el Nivel de Información Necesaria va aumentando conforme avanza el proyecto, puesto que cada vez se desarrolla e incluye más información. Además, si bien la GNB propone niveles del 1 al 5, en la práctica cotidiana, las empresas constructoras peruanas utilizan niveles del 100 al 500 (MEF, 2023). De hecho, con el objetivo de conseguir la estandarización, la organización BIMFORUM ha desarrollado una guía detallada que define la información que debe contener el modelo de un proyecto según el nivel de detalle requerido (Bedrick et al., 2020).

2.4. Partes y Equipos

Dentro de la GI BIM se determina 3 tipos de partes involucradas: (1) parte que designa, (2) parte designada principal y (3) parte designada (MEF, 2023). Cada una de ellas contiene a uno o más principales involucrados en el proyecto: cliente o entidad, contratista o consultor y sub contratista o personal contratado.

Por otro lado, también se agruparon a los involucrados en equipos de manera que se hace factible poder organizar a las partes y definir sus responsabilidades e interrelaciones, esta agrupación se realizó de la siguiente manera: equipo de proyecto constituida por todos los participantes del proyecto; equipo de ejecución compuesta por la parte designada principal y la parte designada; y equipo de trabajo integrada solo por la parte designada.

2.5. Roles BIM

Al determinarse los equipos y las responsabilidades es necesario adjudicar una o más funciones a cada miembro de los diferentes equipos para poder abarcar las responsabilidades del proyecto. De este modo, cada colaborador podrá estar asociado a más de un rol ,según la dificultad del proyecto (MEF, 2023).

El número de roles BIM variarán dependiendo de las necesidades y los objetivos que el equipo planteará. Los roles establecidos por la GNB son: Líder BIM, Gestor BIM, Coordinador BIM, Modelador BIM y Supervisor BIM.

Según la GNB, el Líder BIM es aquel que establece procesos para la adopción progresiva de la metodología a nivel organizacional, mientras que el Gestor colabora al elaborar requerimientos de información (RI) de las inversiones y el PEB para definir cómo se realizará la implementación de BIM. Después, los coordinadores son encargados de que los modelos de información (MI) que se elaboren cumplan con los requisitos mínimos

establecidos en los RI para ello deberá coordinar con los involucrados, desarrollar procesos, actualizar los modelos de información, etc. Finalmente, el encargado de elaborar los MI según las directrices del PEB es el modelador. Estos MI serán revisados periódicamente por los supervisores, los cuales verificarán el cumplimiento del PEB y de los RI (MEF, 2023)

2.6. Documentos para la Gestión de la Información BIM

Los presentes documentos son necesarios para procurar la correcta transmisión de necesidades entre los involucrados durante todo el ciclo del proyecto. Estos tienen como eje transversal objetivos generales o de alto nivel, los cuales influyen en objetivos más específicos, es por ello que es necesario que exista coherencia entre los objetivos de mayor y menor nivel, puesto que unos parten del otro. La relación de estos documentos se aprecia en la siguiente figura.

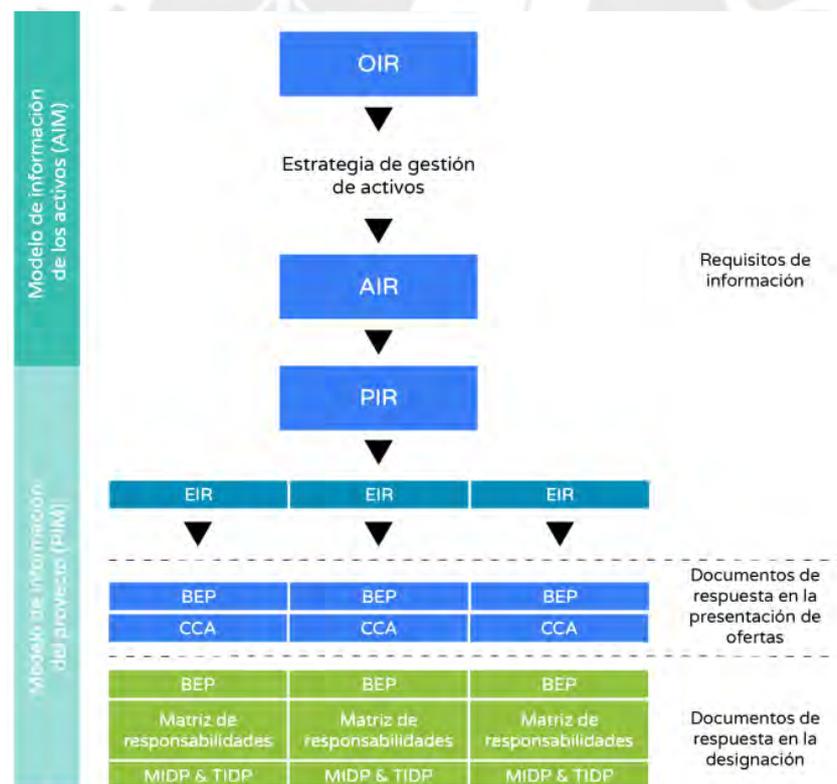


Figura 2. Documentación para la gestión de la información con BIM

Tomado de MEF (2023) Guía Nacional BIM.

2.7. Requisitos de Información

Los RI pueden ser de alto nivel o de la designación; los primeros de ellos se subdividen en RI organizacional (OIR) y RI del proyecto (PIR) mientras que los segundos en RI de los activos (AIR) y requisitos de intercambio de información (EIR). Estos son respondidos mediante los MI del proyecto y del activo (MEF, 2023).



Figura 3. Jerarquía de los requisitos y entregables de información.

Tomado de MEF (2023) Guía Nacional BIM.

2.7.1. Requisitos de Información Organizacional (OIR).

La GNB sugiere que los “OIR, por las siglas en inglés de *Organizational Information Requirements*, son los RI que hacen referencia a los objetivos de la entidad o empresa pública” (MEF, 2023, p.98); es decir, los OIR responden a la siguiente pregunta: ¿qué información se requiere para cumplir los objetivos estratégicos de la organización? Además, a partir de los OIR se obtienen los demás requisitos de la información y son elaborados por la Parte que Designa.

2.7.2. Requisitos de Información de los Activos (AIR).

El Ministerio de Economía y Finanzas (2023) explica que “los AIR, por las siglas en inglés de *Asset Information Requirements*, son los RI relacionados con la operación y el mantenimiento exitoso de un activo” (p.99). Se debe entender por activo al proyecto de inversión terminado; por lo tanto, los AIR están fuertemente vinculados a la información requerida para manejar adecuadamente el activo durante la etapa de funcionamiento del activo; es decir, los AIR especifican la información necesaria de los activos para responder a los OIR planteados y son elaborados por la Parte que Designa.

Asimismo, es posible identificar los AIR con la siguiente pregunta: ¿qué información se requiere para cumplir los objetivos del activo construido?

2.7.3. Requisitos de Información del Proyecto (PIR).

De acuerdo con la Guía Nacional BIM, “los PIR, por las siglas en inglés de *Project Information Requirements*, son los RI del Proyecto, que describen la información necesaria para lograr o responder a los objetivos estratégicos de alto nivel de la Parte que Designa” (MEF, 2023, p.100). Asimismo, los PIR son realizados por la Parte que Designa y es posible identificarlos con la siguiente pregunta: ¿qué información se requiere para lograr satisfacer los objetivos del proyecto?

2.7.4. Requisitos de Intercambio de Información (EIR).

El Ministerio de Economía y Finanzas (2023) expone que “los EIR, por las siglas en inglés de *Exchange Information Requirements*, son los Requisitos de Intercambio de Información relacionados con la designación” (p.101). Los EIR especifican cómo la producción de la información se gestionará y criterios contractuales y técnicos de esta.

Además, deben de estar alineados con los OIR, AIR y PIR, ya que a partir de los EIR se establecerán los objetivos y usos BIM para el proyecto.

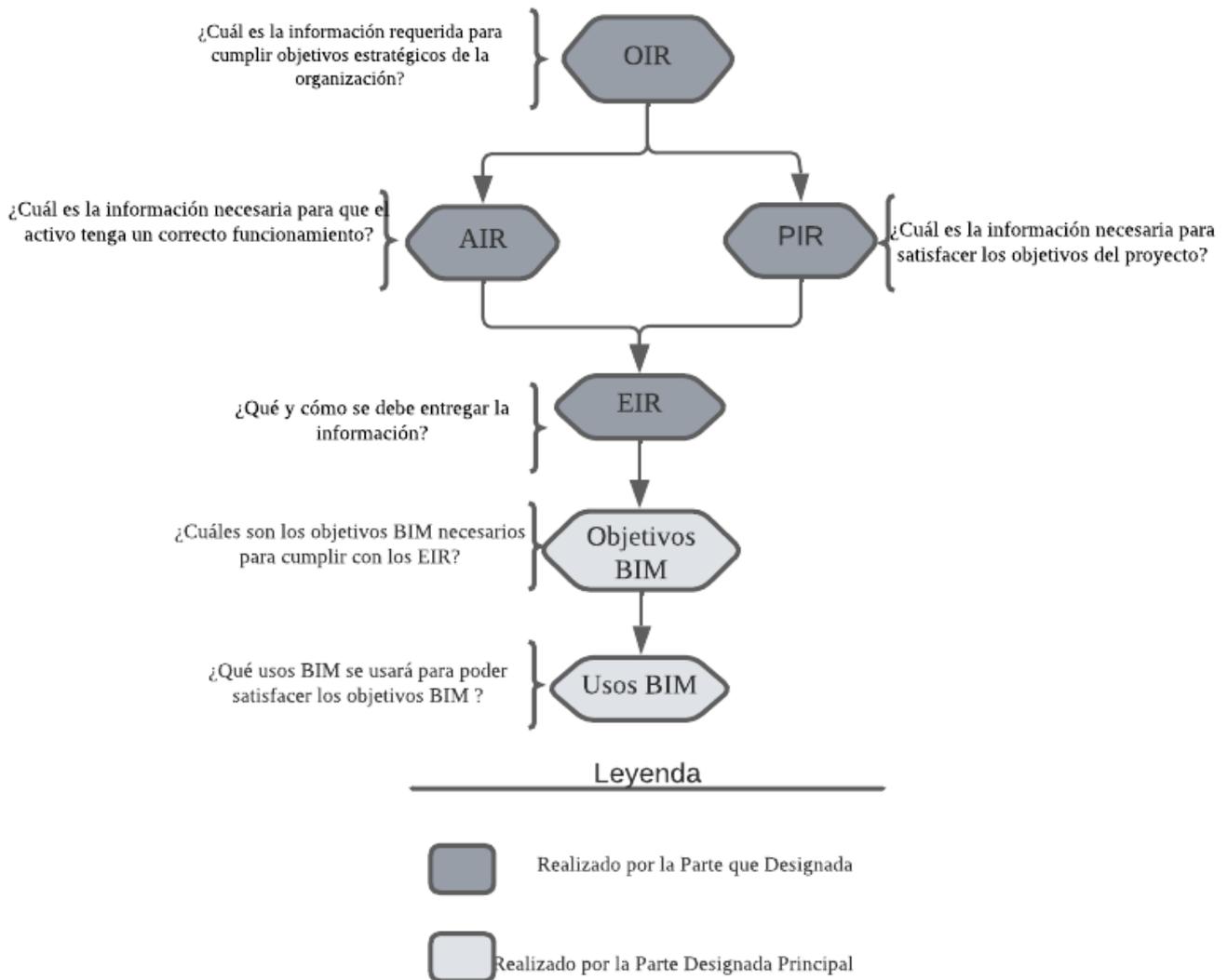


Figura 4. OIR, AIR, PIR, EIR, Objetivos BIM y Usos BIM

Elaboración propia.

2.8. Usos y herramientas BIM

Una vez recibidos los RI y los objetivos que se plasman en estos, se establecen las maneras de usar BIM para cada proceso planteado en cada fase del ciclo de vida del proyecto. Estas maneras contribuirán y facilitarán a alcanzar los objetivos propuestos para cada fase; es decir, estos usos deben ser coherentes con los RI y objetivos (MEF, 2023).

Asimismo, a medida que el nivel de madurez BIM de las entidades o empresas aumente, más usos BIM podrán realizar. A partir de ello, se entiende que a niveles de madurez tempranas corresponden usos básicos. Estos usos básicos son llamados por la guía nacional usos BIM iniciales y son “levantamiento de condiciones existentes, diseño de especialidades, elaboración de documentación, coordinación de la información, estimación de cantidades y costos, revisión de diseño, detección de interferencias e incompatibilidades, planificación de la fase de ejecución y Modelo de Información As- Built” (MEF, 2023, p.56).

2.9. Entregables de Información

Los entregables de información hacen referencia a los MI cuyos nombres variarán según la etapa en la que se elabore. De esta manera, se tiene los MI del Proyecto (en adelante PIM) que se realiza en las etapas de Formulación y Evaluación, y Ejecución del ciclo de inversiones mientras que el MI del Activo (AIM) se realiza para la etapa de Funcionamiento. Estas etapas o fases pertenecen al ciclo de inversiones propuesto por Invierte.pe (MEF, 2023).

2.9.1. Modelo de Información del Proyecto (PIM).

Se creó con el fin de responder a los EIR y proporcionar la información necesaria para que a partir de este se pueda proceder a la elaboración física del proyecto. Asimismo, se evidencia la interdependencia de ambos entregables, ya que el AIM se basará en el PIM para su elaboración (MEF, 2023).

2.9.2. Modelo de Información de los Activos (AIM).

Este modelo se crea en respuesta de los AIR, los cuales determinan qué se elaborará y qué contendrá. Asimismo, con el fin de garantizar su interoperabilidad, el Ministerio de Economía y Finanzas (2023) precisa que “[...] es importante establecer una estructura de intercambio de información abierta, que permitan la relación con otros sistemas” (p. 104). Este modelo de información debe formar parte de los documentos a entregar una vez finalizada la construcción del proyecto.

2.10. Entorno de Datos Comunes (EDC)

El EDC es un entorno virtual propuesto por la parte que designa o un tercero, pero en representación de esta parte, en este la información del proyecto es recopilada para su uso, gestión y visualización por el equipo del proyecto. Además, es aquí donde se definen primero los flujos de trabajo necesarios para una correcta GI. Luego, se opta por hacer uso de una tecnología adecuada para que se adapte al flujo planteado y sea un facilitador para realizar, de manera colaborativa, las actividades propuestas en dicho flujo (MEF, 2023).

Asimismo, con el EDC se tiene centralizada la información del proyecto que podrá ser visualizada por todos los involucrados del proyecto. El alcance de la visualización y edición de los diferentes documentos que representan la información del proyecto será determinada por un responsable que puede ser el gestor BIM. Cabe mencionar que otra forma de colaborar es a través de las sesiones ICE, las cuales consisten en sesiones presenciales e informales en las que se busca resolver las interferencias en el diseño, con una baja latencia.

2.11. Plan de Ejecución BIM (PEB)

Es un documento en respuesta de lo RI de la parte que designa que establece cómo se implementará BIM a una inversión (MEF,2023); es decir, precisa procesos, responsabilidades y estrategias con las que se elaborará la información y asegurará su calidad. Según la GNB este documento será entregado en la presentación de ofertas y será actualizado por el postor ganador en una etapa posterior: la designación (MEF,2023). Esta diferencia se enfatiza más en guías como las de Chile y España, pues al PEB que se elabora en la etapa de licitación se llama le PEB de oferta o pre contractual y al que se actualiza por el postor ganador se le llama PEB Definitivo (Corporación de Fomento de la Producción [CORFO],2019; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [MITMA],2020).

2.12. Definición de puentes y su importancia.

Los puentes constituyen una infraestructura fundamental para el crecimiento, conexión y formación de las ciudades de un país. De hecho, es por su importancia cultural, histórica y socio económica que son llamados estructuras sociales (CHOO, J. & Chang, S., 2014).

En ingeniería civil, estos se definen como una estructura que sortea un accidente geográfico (como una quebrada o río) o algún obstáculo natural o elaborado por el hombre. No obstante, no toda estructura capaz de realizar ello es considerada un puente (CHOO, J. & Chang, S. , 2014). Por lo que para ser considerada la estructura deber poseer una luz libre de al menos 6 metros (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles [DGCF], 2018).

Asimismo, el manual de puentes establece 10 maneras de clasificar los puentes. Pueden ser clasificadas desde la naturaleza de la vía que la soporta hasta el proceso de construcción que se empela. Estos son presentados a continuación:

Tabla 1 *Clasificación de puentes según el Manual de Puentes*

1	La Naturaleza de la Vía Soportada	Carretera	6	Material	Piedra, madera y sogas
		Ferrocarril			Acero, hierro
		Trenes eléctricos			concreto armado
		Acueductos			Concreto preesforzado
		Peatonales			Fibras de vidrio, carbon etc.
	Para aviones	-			
2	Sistema Estructural Principal	Puentes Tipo Viga	7	Forma de la Geometría en Planta	Rectos
		Puentes en Arco			Esviajados
		Puentes Suspendidos			Curvos
3	Posición Respecto a la Vía Considerada	pasos inferiores	8	Tiempo de Vida Previsto	Puentes Definitivos
		pasos superiores			Puentes Temporales
4	Demanda de Tránsito y Clase de la Carretera	Puentes de autopistas : clase 1 y 2	9	Importancia Operativa	Puentes Importantes
		Puentes de carreteras : clases 1, 2 y 3			Puentes Típicos
		Puentes para trochas			Puentes relativamente menos importante
5	Fines del Diseño Sísmico	Puentes Críticos	10	Sistema de Construcción	Puentes Segmentales
		Puentes Esenciales			Puentes Lanzados
		Otros puentes			Puentes sobre Obra Falsa
		-			Puentes Prefabricados

Nota. Tomado de “Manual de Puentes”, por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2018).

2.13. Términos de Referencia (TDR)

La ley de contrataciones define TDR como:

Descripción de las características técnicas y las condiciones en que se ejecuta la contratación de servicios en general, consultoría en general y consultoría de obra. En el caso de consultoría, la descripción además incluye los objetivos, las metas o resultados y la extensión del trabajo que se encomienda (actividades), así como si la Entidad debe suministrar información básica, con el objeto de facilitar a los proveedores de consultoría la preparación de sus ofertas” (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019, p. 109).

2.14. Retorno de Inversión (ROI)

Se define al ROI como la ganancia o pérdida que produce una inversión. Esta, además, es expresada en porcentaje de la cantidad invertida (Feibel, B., 2013). De manera

complementaria, se usa el término BIM ROI para precisar la medición del retorno de inversión que se genera al implementar BIM (Sompolgrunk, et al., 2021).

Una de las aproximaciones es considerarlo como el porcentaje resultante de la división de la diferencia de la ganancia total de la inversión menos su costo todo ello dividido entre el costo de la inversión. Autodesk, por otro lado, considera solo la división entre la ganancia total entre su costo (Sompolgrunk, et al., 2021). Sin embargo, pese a las diferentes maneras de calcular el BIM ROI se entiende a la ganancia total generada como aquellos sobrecostos evitados gracias a la aplicación de la metodología BIM (Giel, et al, 2013).

2.15 Expediente técnico (ET) y estudio definitivo

Es necesario señalar la diferencia entre un ET y un estudio definitivo, pues estos poseen diferentes alcances. Para empezar, se precisa que por medio del pronunciamiento N° 312-2023/OSCE-DGR, un estudio definitivo es considerado como un documento equivalente. Ahora bien, un documento equivalente contiene especificaciones técnicas en el caso de equipamientos o términos de referencia en el caso de un servicio, mientras que un ET contiene, además, al menos un componente de obra (DIRECTIVA N° 001-2019-EF/63.01,2019).

Capítulo 3 Adopción BIM a nivel internacional y en el Perú

3.1. Adopción BIM en Latinoamérica y recursos internacionales

3.1.1. Adopción BIM en Gobiernos latinoamericanos

En Latinoamérica existe la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos (RBGL) cuya finalidad es ser el medio de comunicación, acuerdos y recomendaciones entre dichos países; así como medio de divulgación sobre la implementación BIM de manera pública de los países que

componen la Red. En la siguiente tabla se aprecia las acciones públicas que realizaron estos países para la adopción de esta metodología.

Tabla 2 Estrategia de adopción BIM nacional de países pertenecientes a la Red

PAIS	AÑO DE INICIO DEL PLAN BIM	PROMOTOR PÚBLICO	HITOS DE PROYECTOS	PROPUESTAS EN OPENBIM
Argentina	2018	Ministerio de Obras Públicas (MOP)	- TdR's de licitaciones con BIM (2021) - BIM en etapa de construcción *	- Neutralidad de programas en los contratos - Creación de Biblioteca BIM - Documentos sobre formatos interoperables* - Visor IFC *
Brasil	2018	Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio (MDIC)	- Desarrollo de proyectos piloto (2021)	- Creación de un sistema de clasificación.
Chile	2015	Ministerio de Economía (MINECON)	- Apoyo al desarrollo de proyectos piloto de requerimiento BIM. (2018) - Inicio del desarrollo de proyectos piloto de requerimiento BIM - SDI BIM para la modernización de la infraestructura antártica	- Participación en proyectos: Information Delivery Specification y Data Dictionary de buildingSMART (2021) - Publicación de fichas IFC de 2020 a 2022 (2020) - Lanzamiento de la Matriz de Implementación BIM Mibim (2019) - Creación de SDI BIM estandarizada
Colombia	2020	Departamento Nacional de Planeación	- Desarrollo de la Guía de Infraestructura Vial Desarrollo y de Buenas Prácticas (2020) - Comienzo de los proyectos piloto con el apoyo del grupo de trabajo BIM (2021)	
Costa Rica	2020	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica		- Elaboración de la Guía de SDI BIM (2020)
México	2016	Secretaría de Hacienda y Crédito Público		
Perú	2021	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	- Publicación de TdR's con BIM para proyectos de infraestructura (2020). - Primera convocatoria para la selección, el desarrollo y el acompañamiento de proyectos piloto en los que se usa BIM	
Uruguay	2019	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	- Primer proyecto piloto en un centro educativo (2020). - Términos de referencia BIM para contratos de la Obra Pública (2021) - Desarrollo de proyectos piloto en MTOP, obras viales y de arquitectura (2024)*	- CDE de BIM para la gestión documental de proyectos piloto.

(*) Son aquellos hitos que están planificados, pero no concluidos

SDI: Solicitud de Información

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Nota. Tomado de “Estrategias BIM de los países miembros de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos “por Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos, 2023.

La tabla mostrada ofrece una perspectiva general sobre aquellos hitos de los esfuerzos que los países que integran la RBGL realizaron para la implementación BIM. Asimismo, se creó una columna que muestra todas las acciones realizadas y planificadas que contribuyen al OpenBIM. De todo ello, se puede notar que Chile es el país cuyo inicio de implementación BIM es la más antigua. Asimismo, Chile y Argentina son los países que poseen más propuestas para el desarrollo de una interoperabilidad OpenBIM.

Por otra parte, otra contribución por parte de la RBGL es la “Guía de priorización de estándares ISO” relacionados con BIM publicado el año 2023. En esta se menciona qué estándares se deben adoptar estatalmente según la evolución de la adopción BIM. Esta evolución es explicada de acuerdo a los cuatro niveles de madurez BIM propuestos por Bew-Richards. Los niveles de madurez se dividen en 4 y son descritos brevemente por Kontothanasis,P.,et al (2019) de la siguiente manera:

- Nivel 0: se usa principalmente modelos en CAD (*Computer aided Design*) para crear, compartir y presentar información. En este nivel la colaboración es mínima y existen incluso entregables físicos.
- Nivel 1: hay aún información aislada al igual que los recursos. Sin embargo, ya se empieza a establecer estándares de la información digital.
- Nivel 2: ya se usan estándares digitales para la GI. Se establecen también flujos colaborativos de trabajo los cuales generan modelos federados y hacen posible el uso de herramientas más avanzadas.
- Nivel 3: se tienen modelos completamente integrados en a la red de manera ordenada y bajo sistemas de clasificación claros. Asimismo, se trabaja de manera dinámica con información en la nube. Asimismo, la información es abierta.

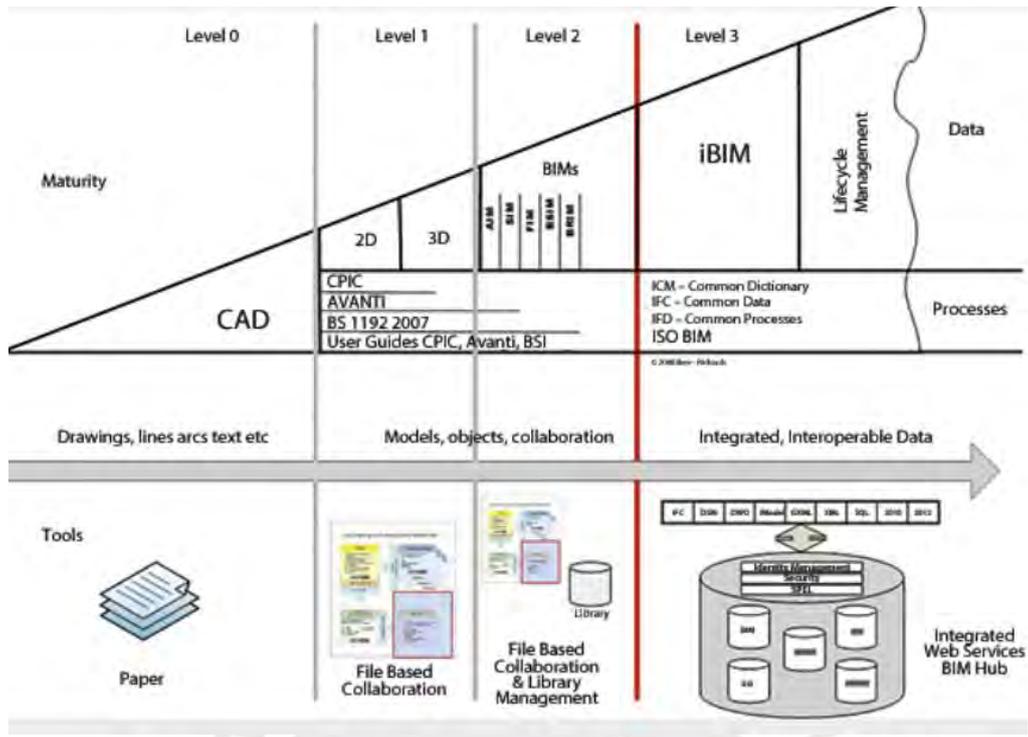


Figura 5. Niveles de madurez BIM

Tomado de “BIM Client maturity: Literature Review”, por Dakhil, A., et al (University of Salford), 2015.

A continuación, se presenta la manera en la que la Red relacionó los estándares y estos niveles de madurez. Estos, responden a las necesidades de la aplicación BIM a nivel público de los diferentes países asociados.

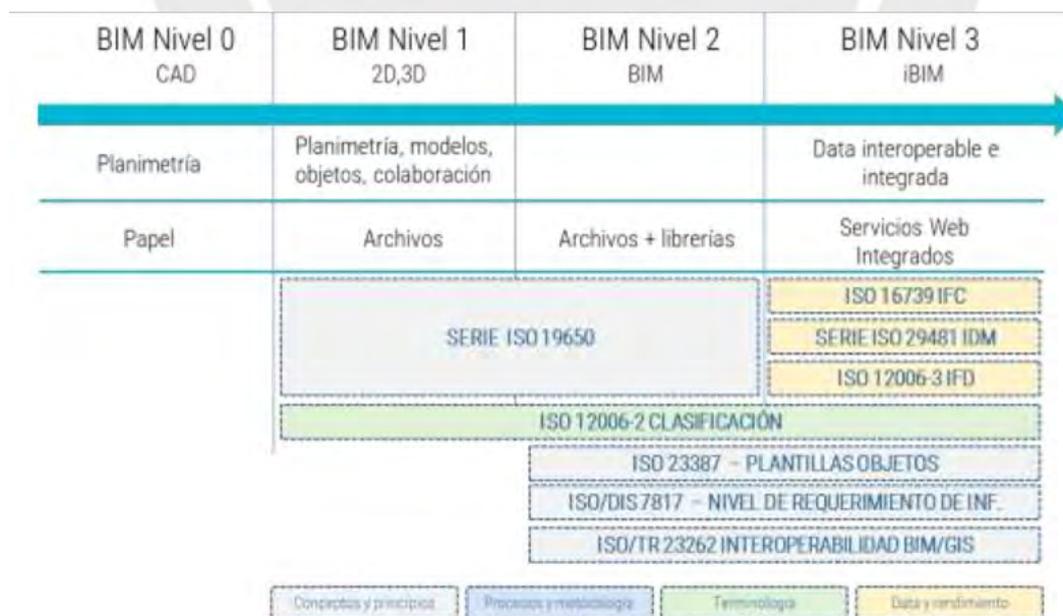


Figura 6. ISOS relacionados a los niveles de madurez BIM.

Tomado de Red BIM de Gobiernos latinoamericanos (2023) Guía de Priorización de estándares ISO relacionados con BIM.

Finalmente, cada país que está implementando BIM como iniciativa del estado cuenta con estándares e incisos mínimos que definen lo que debería contener un Plan de Ejecución BIM para ser utilizado. Uno de estos países es Chile, el cual mantiene un liderazgo en el desarrollo de BIM en Latinoamérica, ya que fue el primer país que desarrolló estrategias nacionales para la adopción progresiva de BIM desde el 2016 (PlanBIM, 2016).

Asimismo, con el fin de evaluar la alineación del “Registro del plan de ejecución BIM” de Perú resulta importante compararlo con las plantillas PEB o documentos análogos que elaboró el referente latinoamericano (Chile), las recomendaciones del estándar ISO 19650-2 y la guía BIM *Project Execution Plan* del Penn State.

- Ministerio de Economía y Finanzas, Perú (MEF)
 - Guía nacional BIM-Anexo F : Registro del plan de ejecución BIM
- Corporación de Fomento de la Producción, Chile (CORFO)
 - Estándar BIM para proyectos público
- *International Organization for Standardization (ISO)*
 - ISO 19650 – parte 2
- The Pennsylvania State University
 - *BIM Project Execution Plan*

Para el proceso de revisión de los planes de ejecución se realizó un análisis de la información que presentan. El objetivo primordial fue la identificación de lo que se consideraba esencial para la ejecución de un PEB. Es así que se identificaron similitudes de información entre estos documentos, lo que significa que para estas instituciones dicha información es básica para la elaboración de un PEB. Sin embargo, existen dos apartados adicionales, originalmente propuestos por el PENN STATE: "Plan de ejecución para cada Uso BIM" y "Futuras implementaciones BIM en el contrato" que brindan información valiosa al

equipo del proyecto. El primero de estos apartados provee a la parte que designa un mayor detalle acerca de la justificación y el proceso de implementación de cada uso de BIM. El segundo, busca documentar la experiencia acumulada durante la aplicación de BIM en el proyecto con el fin de contribuir al aumento de madurez de los involucrados al registrar posibles mejoras o ajustes que podrían manifestarse en futuras instancias al incorporar BIM en contratos análogos.

Por último, es importante mencionar que un proyecto de inversión cuenta con un PEB oferta (preliminar) y un PEB definitivo (final). Este último es el que la parte designada principal presenta a la Entidad después de obtener la buena pro, por lo cual deberá contener mayor detalle de información. Cabe resaltar que la comparación, en todos los casos, se ha realizado considerando las guías y/o planillas PEB definitivos a excepción del Perú, ya que el MEF solo ha propuesto un Registro de Plan de Ejecución BIM, es decir, un PEB preliminar.

Tabla 3 *Tabla comparativa de PEBS*

	PERÚ	CHILE	ISO 19650 -2	PENN STATE
Descripción general del plan de ejecución BIM del proyecto		X	X	X
Aspectos generales y características de la inversión	X	X	X	X
Composición y responsabilidades del equipo de trabajo BIM	X		X	X
Objetivos para la producción colaborativa y Usos BIM	X	X	X	X
Plan de ejecución para cada Uso BIM		X		X
Intercambio de información entre las partes	X	X	X	X
Estrategias de colaboración entre las partes	X	X	X	X
Control de calidad de la información	X	X	X	X
Necesidades de infraestructura tecnológica (recursos informáticos)	X	X	X	X
Estructura y codificación de los modelos de información	X	X	X	X
Entregables del proyecto	X	X	X	X
Futuras implementaciones BIM en el contrato				X

Nota. Elaboración propia.

Se puede apreciar que el Registro del PEB del Perú presenta mayor afinidad a la ISO 19650-2, mientras que el PEB definitivo de Chile con el Penn State. Asimismo, se destaca que, aun cuando el PEB del Perú es preliminar, cuenta con prácticamente la misma cantidad de información e incisos que el PEB definitivo que Chile, por lo que se afirma que el registro del Plan de Ejecución BIM propuesto por la GNB es robusto.

No obstante, esto puede ser contraproducente, porque si bien el registro del PEB del Perú requiere de mayor esfuerzo, su aprobación depende de la buena pro por parte de la entidad, de manera que si se rechaza el documento, habrá un desperdicio de esfuerzos significativo.

Por último, una oportunidad de mejora que pueden optar ambos países es incluir el inciso de futuras implementaciones BIM en el contrato, tal como es propuesto por el Penn State. ya que esto permitirá entender cómo deberá incluirse BIM en futuros contratos teniendo en cuenta tanto las buenas prácticas como las oportunidades de mejora dentro del contrato actual.

3.1.2. Recursos para la gestión de la información con BIM

Otro aspecto relevante para esta investigación es mencionar los recursos que otros países desarrollaron y que resultan importantes aplicar en la gestión de información con BIM. Entre ellos, se encuentra el trabajo de documentación abierta que realizó Estados Unidos en cuanto el uso y la implementación BIM en puentes y obras lineales. La entidad encargada de ello es la *Federal Highway Administration*. Esta administración presenta 03 volúmenes: *V01. Information Exchanges*, *V02. Information Delivery Manual Elements for Highway Bridge Interoperable Data Protocols* y *V03. Component Modeling*.

El primer volumen muestra y explica el proceso del intercambio de información con BIM entre las especialidades y diferentes participantes del proyecto durante las etapas de pre diseño, diseño y construcción. El segundo volumen, profundiza más los entregables a entregar durante la GI en proyectos de puentes a través de un protocolo que involucra a los participantes de la inversión durante todo su ciclo de vida. En este volumen, se explica más a detalle los archivos de intercambio necesarios y muestran una plantilla en dónde detallan cada actividad durante cada etapa del desarrollo de la inversión. Además, se muestra la actividad, nombre, tipo de tarea, codificación usando Omniclass. Finalmente, el tercer volumen demuestra en base a casos de estudio cómo es que se usaron archivos IFC para la interoperabilidad de la información. Estos ejemplos, están basados en los elementos de construcción de los puentes de dichos casos. Asimismo, es importante mencionar que estos IFC usados específicamente para la GI de puentes fueron desarrollados en colaboración con BuldingSmart.

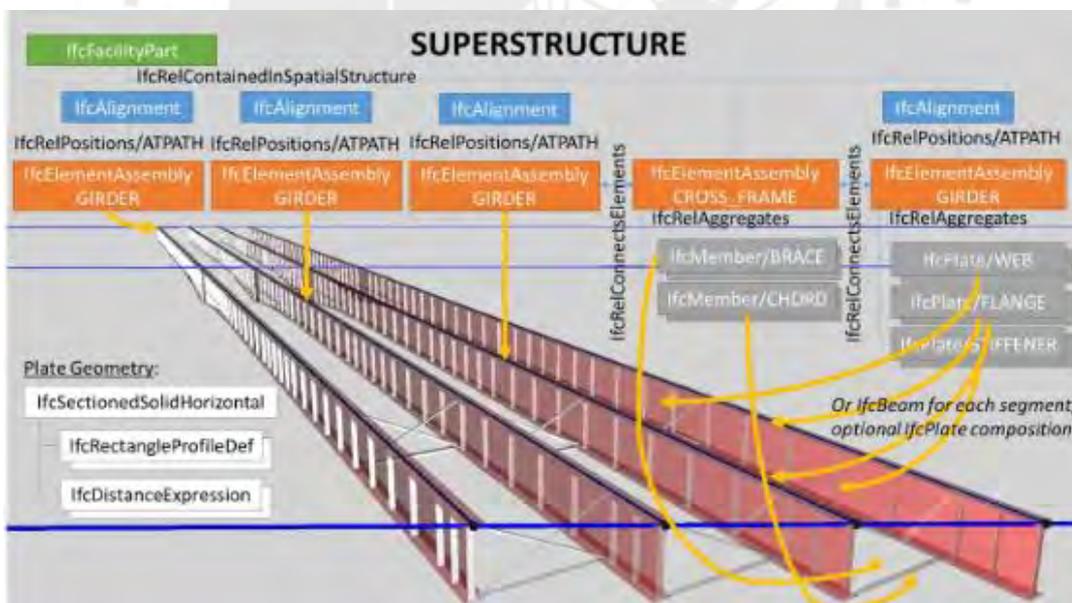


Figura 7. Incorporación de atributos IFC a elementos de un puente.

Tomado de IFC BulidngSmart (s.f). - Infrastructure Deployments.

Otros recursos determinantes para la implementación BIM son los estándares internacionales. Estos son usados como base en la aplicación de varios procesos y actividades dentro del sector de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción o “AEC” por sus siglas en inglés. Algunas de estas organizaciones son: *American Concret Institute (ACI)*, *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)* y *la Internacional Organization for Standardization (ISO)*.

De entre los mencionados, los estándares propuestos por la ISO son usados al aplicar BIM, pues estandarizan y establecen procedimientos de BIM que la industria AEC necesita (Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos [RBGL], 2023, p.14), ya que al aplicar BIM es indispensable poseer la capacidad tecnológica para poder desarrollar y gestionar la basta información que se crea durante un proyecto. En ese sentido la RBGL muestra los estándares de la ISO asociados a BIM, son los siguientes:

- Serie ISO 19605: Organización y digitalización de la información de edificios y trabajos de ingeniería civil incluida la elaboración de modelos de información de edificios (BIM).
- ISO 12006-2: Organización de la construcción de trabajos de construcción. Marco para la clasificación.
- ISO 23387: Plantillas de datos para elementos de la construcción usados en el ciclo de vida de los activos
- ISO/DIS 7817: Nivel de requerimiento de información
- ISO/TR 23262: Interoperabilidad BIM/GIS

- ISO 16739: Clases de la Fundación de la Industria (IFC) para el intercambio de datos en las industrias de construcción y gestión de instalaciones.
- Serie ISO 29481 IDM: Manual para el envío de información
- ISO 12006-3: Marco para la información orientada a objetos.

En cuanto a la interoperabilidad de la información, *BuildingSmart* desarrolló Open BIM. Es el término que se le adjudica a aquellos procesos de interoperabilidad colaborativos en los que la información compartida puede ser vista y usada por todos los participantes del proyecto; es decir, los formatos en los que se comparte la información no pertenecen a una casa de *software* sino que son de vendedor neutral (BuildingSmart International [BSI], s.f.).

El intercambio de información se puede hacer en archivos de extensión IFC que son las siglas de *Industry Foundation Classes*. Este formato neutral puede ser usado con programas que cuenten con la certificación IFC que la brinda la asociación de BuildingSmart.

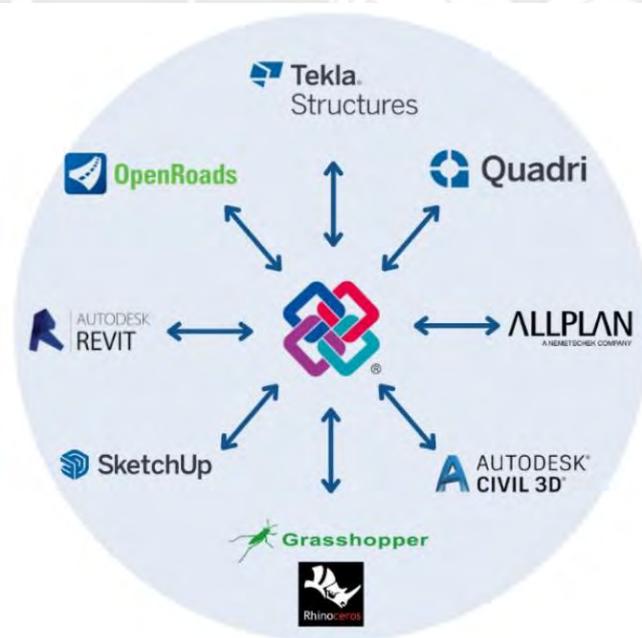


Figura 8. Interoperabilidad IFC con algunos programas usados para el diseño de obras lineales
Tomado de Marcin Pszczolka (2023).

OpenBIM entonces se establece como una forma de trabajo colaborativo esencial, pues ofrece a los usuarios una mejor colaboración, mayor confiabilidad en la data compartida, acceso a la información de diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, entre otros. (BuildingSmart International [BSI], s.f.). Ello responde a una de las principales necesidades de los propietarios de infraestructuras como puentes, túneles, ferrocarriles, entre otros, pues tal como menciona Ouellette J (s.f):

“One of the most important aspects they’ve recognized early is the need for open interoperability of the data created, shared, and used for various processes and workflows throughout an asset’s lifecycle. [Uno de los aspectos más importantes que han reconocido desde el principio es la necesidad de interoperabilidad abierta de los datos creados, compartidos y utilizados para varios procesos y flujos de trabajo a lo largo del ciclo de vida de un activo]”.

Asimismo, con los archivos IFC es posible trabajar bajo el estándar de la ISO 19650, estos archivos serían compartidos primero entre las especialidades en la etapa de “trabajo en proceso”, luego tras la aprobación del jefe de especialidad estos archivos pasarían a la etapa de “compartido”. En esta etapa, los modelos IFC de distintas especialidades serán usados para la federación del modelo, detección de interferencias e incompatibilidades y documentación 2D con el fin de realizar un reporte de todos los problemas encontrados. Finalmente, cuando estos problemas sean resueltos por los responsables pertinentes y aprobados en la etapa de “Compartido” pasarán a la fase de “publicado” y luego “archivado”

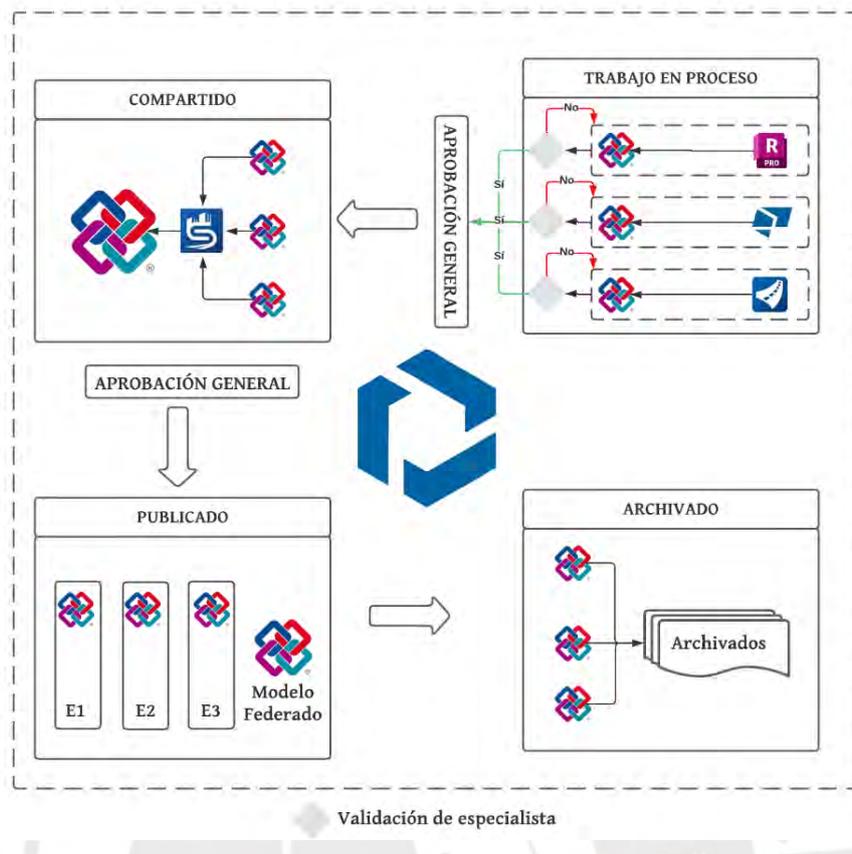


Figura 9. Ejemplo de interoperabilidad OpenBIM con programas de distintas casas de software basado en la ISO-19650
Elaboración propia.

En cuanto a la estandarización de los recursos, elementos de construcción y otros activos a lo largo de la cadena de suministro, se crearon los sistemas de clasificación. Estos se vienen creando desde 1953 con la aparición del *Universal Decimal Classification* (UDC) usado para organizar la documentación de los proyectos de construcción (BuldingSmartSpain,2022). En la actualidad, se poseen diversos sistemas de clasificación desarrollados mundialmente entre los cuales los más usados según Royano, V, et al. (2023) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4 Sistemas de clasificación más usados

Sistema de Clasificación	Año de publicación	Organización	Última revisión	Referencias
OMNICLASS	2006	CSI, CSC	2013	ISO 12006-2 ISO 12006-3
UNICLASS	2015	NBS UK	2022	ISO 12006-2
COCLASS	2016	Svensk Byggtjänst	2022	IEC 81346-2:2019 ISO 81346-12:2018

Por otro lado, España desarrolló dos sistemas de clasificación dirigidos para proyectos ferroviarios, edificaciones, obra civil, obra lineal, etc. Estos son poseen el nombre de GUBIMCLASS y SCFCLASS. Este último fue creado para su aplicación en proyectos ferroviarios

Tabla 5 Sistemas de clasificación españoles

Sistema de Clasificación	Año de publicación	Creadores	Última revisión	Referencias
GUBIMCLASS	2017	GuBIMCat	2017	Uniclass 2015
SCFCLASS	2020	Rail Innovation Hub	2022	ISO 12006-2

Nota. Tomado de “Guía de Sistemas de Clasificación cuando se utiliza BIM”, por Bulding Smart Spain, 2022.

Es importante resaltar que el uso de los sistemas de clasificación durante la implementación BIM de un país es imprescindible, pues detallan la información proveniente de los términos de referencia (Building Smart Spain, 2022) haciéndola más entendible, ordenada y con alcances claros y precisos como por ejemplo el nivel de detalle necesario para cada elemento de interés del sistema de clasificación elegido.

3.1.3. Proyectos internacionales con implementación BIM en puentes.

Un caso de éxito internacional en el uso de BIM es el puente Hong Kong-Zhuhai-Macau, de más de 50 kilómetros de extensión, ubicado en Asia. Los principales usos BIM utilizados fueron detección de interferencias, visualización 3D y coordinación de la información, los cuales permitieron reducir los costos asociados a la ejecución en un 12 por ciento (BIMCommunity, 2018).

Por otro lado, el puente Randselva, Noruega, es destacado por ser uno de los puentes más largos en los que no se ha utilizado un plano tradicional de construcción, sino que el 95% de la información recibida por el contratista es formato .IFC (Rito & Isachsen, 2022). De hecho, de acuerdo con los autores, el modelo cuenta con más de 200,000 varillas de acero;

además, se trabajó con una colaboración transfronteriza, ya que el equipo de diseño estuvo ubicado en cuatro países distintos, todos conectados bajo un entorno común de datos.

Otro caso similar es la autopista Chengdu-Yibin, China (Bentley Expert, 2020), proyecto que cuenta con 155 kilómetros y 154 puentes, cuyo presupuesto asciende los 3.300 millones de dólares. Debido a su complejidad, se optó por utilizar una plataforma de gestión en la nube, también por digitalizar los flujos de trabajo y crear un sistema de fabricación de vigas de acero desde el modelo para tener una producción inteligente y automática en tiempo real; de esa manera, el modelo BIM permitió un ahorro de 600,000 \$ por la detección temprana de interferencias, y un ahorro de 124 días y 820,000\$ por el nuevo sistema de producción de vigas inteligentes.

3.2. Análisis de la implementación BIM en el Perú

3.2.1. Situación actual de los puentes en el Perú

El Estado publica regularmente reportes acerca de la condición de servicio de los puentes, lo que permite percibir la manera en la que son administrados estos activos a través del tiempo. El último reporte fue publicado el 2023 y se enfocó en puentes no concesionados siendo estos un total de 2433 puentes (DGV, 2023).

El estado situacional de los puentes inspeccionados es presentado por departamentos y al juntar los datos expuestos se puede percibir el estado de puentes a nivel nacional. De esta manera, se percibe que la mayoría de puentes están en condiciones aceptables (aproximadamente un 78%; es decir, 1 724 puentes a nivel nacional).

De forma más precisa, se muestra la siguiente tabla que precisa el porcentaje y la cantidad de puentes que representan relacionados con los estados propuestos por el reporte: satisfactoria, adecuada, deficiente, seria, alarmante y de riesgo inaceptable.

Tabla 6 Estado general de puentes: porcentajes y cantidad

	SATISFACTORIA	ADECUADA	DEFICIENTE	SERIA	ALARMANTE	RIESGO INACEPTABLE
CANTIDAD	460	1264	504	150	33	12
PORCENTAJE	18.91%	51.95%	20.72%	6.17%	1.36%	0.49%

Nota. Elaboración propia.

3.2.2. Plan para la adopción BIM en Perú

En el sector privado, la aplicación de la metodología es mayor que en el sector público. Según Murguía (2021), en el segundo estudio de adopción BIM en proyectos edificatorios en Lima y Callao se ha tenido como resultado que el 39% de los proyectos han implementado BIM.

Esta noticia es alentadora si se compara con el primer estudio del mismo autor en el 2017, en el cual se obtuvo un 25% de adopción BIM (Murguía et al., 2017). Evidentemente, se ha incrementado el nivel de adopción en Lima y Callao; sin embargo, estos estudios también demuestran que el nivel de madurez BIM aún es bajo, por lo que resulta necesario seguir invirtiendo en esta tecnología. No obstante, de acuerdo con el tercer estudio de adopción (Murguía et al., 2023), el nivel de adopción BIM ha decaído hasta el 36%; en otras palabras, 3% menos que en el 2021. Esto demuestra que la velocidad de adopción ha disminuido.

Frente a esta situación, el último estudio identificó dos principales causas: no hay demanda por parte del cliente en la implementación de herramientas tecnológicas y la incompatibilidad del BIM con los procesos actuales de la empresa, ya que estas prefieren los procesos tradicionales.

En cuanto a la estrategia de implementación BIM en el sector público, el año 2019 mediante el Decreto Supremo N°289-2019-MEF se establecieron los principios para la adopción BIM; así como, la aprobación del Plan BIM Perú. Dos años después, mediante de la Resolución Directoral N° 2-2021-EF/63.01 se aprueba el documento Plan de Implementación

y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú. En este se establecen hitos para la adopción pública en base a 4 áreas estratégicas: Establecer liderazgo público; Construir un marco colaborativo; Aumento de capacidad de la industria y Comunicación de la visión.

El liderazgo público tiene como objetivo encaminar y desarrollar aquellas acciones necesarias para impulsar el proceso de adopción. Además, de evaluar a través de métricas dicho proceso (MEF, 2021). Ello representa una acción impredecible para poder mejorar la inclusión de BIM.

En cuanto a la construcción de un marco colaborativo, la estrategia se centra en desarrollar y crear un marco normativo para hacer posible la aplicación de BIM por parte de las entidades (MEF, 2021). De hecho, es parte de esta estrategia desarrollar documentos como la GNB y documentos similares que sirven como una guía para la implementación de la metodología.

La tercera línea estrategia se centra en la evolución de la capacidad de la industria de la construcción. Se busca capacitar tanto a personal clave del Estado y de los proyectos piloto, como también a futuros ingenieros al incluir dentro de la malla curricular temas asociados a la metodología (MEF, 2021).

Finalmente, la cuarta línea estratégica es la de la comunicación. El objetivo es difundir por diferentes medios los avances de la adopción. Para ello, se menciona que harán uso de diferentes estrategias con el fin de mantener una comunicación constante con los involucrados de interés. Asimismo, será la encargada de otorgar al Plan BIM Perú y a las acciones implementadas una buena reputación (MEF, 2021).

3.2.3. Proyectos nacionales que implementaron BIM.

El gobierno peruano ha estado ejecutando proyectos piloto BIM para familiarizarse con esta metodología. Un ejemplo es el Colegio de Alto Rendimiento de la ciudad de Ica, el cual tiene un área construida de casi 20,000 m² e implementó BIM durante la etapa de ejecución mediante 4 acciones: entendimiento del alcance con modelos BIM, revisión de cuantificación de partidas para verificar el presupuesto, coordinación con modelos BIM para revisar incompatibilidades usando un Entorno de Datos Comunes (EDC) y el control de avance y seguimiento de las actividades en tiempo real (MEF, 2020). Otro proyecto es el nuevo hospital de la policía – Luis N. Sáenz, el cual requirió el uso de BIM desde la etapa de diseño.

De acuerdo con el MEF (2020), este proyecto también seleccionó 4 usos BIM, entre los cuales están la detección de interferencias, visualización 3D, generación de documentación y modelamiento *As-built*. Es importante destacar este último uso BIM, ya que es relevante recopilar información de campo dentro del modelo BIM que, posteriormente, servirá en la fase de funcionamiento del activo.

Otros proyectos que utilizaron BIM son la oficina de criminalística en Cusco, la Corte Superior de Justicia del Santa, los Centros de Emergencia Mujer, entre otros (MEF, 2020).

En cuanto a la construcción de puentes, también se ha desarrollado exitosamente el puente Nanay, aprovechando los beneficios de incorporar BIM a través de la construcción basada en componentes industrializados, mermando los potenciales desperdicios (Construsoft, 2020). Esta metodología, además, se añadió la etapa de pre construcción, la cual permitió entender mejor la propuesta de valor del proyecto.

Otro caso es el puente del Óvalo Monitor, el cual fue ganador de los BIM Awards 2023, por la implementación de la metodología VDC por la integración diseñador y constructor en

etapas tempranas del proyecto. Se procuró buscar la constructibilidad; optimizar costos e inventarios, mediante procesos mediante BIM y *Lean Construction*. Asimismo, se utilizó un entorno común de datos en la nube para la gestión del proyecto y se aplicó BIM 4D para la planificación de la obra. De esta manera, el proyecto resultó eficiente en términos de tiempo y costo (Palpan, 2022).

Por último, otro proyecto que implementa BIM es el puente Kutuctay, el cual es construido mediante el mecanismo Obras por Impuestos (Constructivo, 2023). Este es un puente de dovelas sucesivas con una luz de 180 metros que sorte el río Apurímac y une el distrito de Tambobamba con la provincia de Anta (El Peruano, 2023). En este proyecto se implementó las metodologías BIM en la etapa de la construcción implementando los usos BIM de: visualización 3D, elaboración de documentación, coordinación de la información, estimación de cantidades y costos, y detección de interferencias e incompatibilidades.

Así mismo, es de conocimiento que la ex Autoridad para la Reconstrucción con cambios (ARCC) ahora Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN) implementan sus proyectos empleando la metodología BIM.

Capítulo 4: Normativas y leyes nacionales aplicables

4.1. Ley de Contrataciones del Estado

4.1.1. Métodos de Contratación.

Las entidades del Estado disponen de distintos métodos de contratación, dentro de los cuales están la licitación pública, el concurso público, la adjudicación simplificada, la selección de consultores individuales, la comparación de precios, entre otros más (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019). La licitación pública y el concurso público son los más importantes; el primero de ellos se implementa en la contratación de

bienes y obras, mientras que el segundo para la contratación de servicios (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019).

4.1.2. Sistemas de Contratación.

A nivel nacional, los sistemas de contratación que se utilizan son 3: suma alzada, precios unitarios y esquema mixto (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019). La forma de contratación por suma alzada es aplicable si se tienen definidas las cantidades y magnitudes en las especificaciones técnicas; en cambio, el de precios unitarios se aplica si no es factible conocer, con exactitud, las cantidades y magnitudes solicitadas (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019).

4.1.3. Modalidades de Contratación.

Las contrataciones son de 2 formas: llave en mano y concurso oferta. Por un lado, la llave en mano se puede dar para las contrataciones de bienes y obras, mientras que el concurso oferta se da cuando el postor oferta la elaboración del ET y la ejecución del proyecto (TUO de La Ley N°. 30225, Ley de Contrataciones Del Estado, 2019).

4.2. Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

El Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión multianual (Invierte.pe) fue puesto en funcionamiento el año 2016 mediante el Decreto Legislativo (DL) N°1252. Este nuevo sistema reemplazó al Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) con el fin de cerrar brechas de infraestructura y dar acceso a servicios básicos a la población. Todo ello mediante un nuevo sistema descentralizado (Decreto Legislativo N° 1252, 2016). Asimismo, este fue modificado oficialmente por el DL N° 1432 el 16 de setiembre del 2018. Con este decreto se modificó el artículo 3 “Principios Rectores” y el artículo 4 “Fases del Ciclo de Inversión, entre otros artículos”.

En cuanto al artículo 3, se establecen 6 principios rectores (incluyendo las modificaciones). El primer principio define el objetivo principal del sistema, el cual es “[...] el cierre de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos para la población” (Decreto Legislativo N° 1252, 2016, p.02). El segundo, menciona que Invierte.pe debe relacionar los objetivos de los 3 niveles de gobierno con la acción que se lleva a cabo en el proceso presupuestario de priorizar y asignar los fondos públicos. Asimismo, esta relación debe ser congruente con lo proyectado en el Marco Macroeconómico Multianual (Decreto Legislativo N° 1432. Decreto que modifica el Decreto Legislativo N° 1252, 2018).

El tercero se refiere a la utilización de los fondos públicos designados a invertir, los cuales deben estar abocados a brindar servicios y otorgar la infraestructura esencial para que el país pueda desarrollarse Multianual (Decreto Legislativo N° 1432, 2018). El cuarto precisa que las inversiones deben maximizar el impacto positivo para la sociedad. El quinto principio recalca que para las fases de ejecución y funcionamiento es necesario tener en cuenta los recursos al momento de programar una inversión. Por último, el sexto principio busca impulsar la transparencia y la calidad de las inversiones por medio de la creación de mecanismos que las procuren.

Todos estos principios buscan satisfacer a la población no solo al destinar las inversiones a la construcción de infraestructura buscando garantizar su calidad, sino que amplía su alcance a la operación y mantenimiento de los activos. Esta perspectiva permite procurar una mayor atención y cuidado a las necesidades de la sociedad. Asimismo, el sistema presenta 4 fases que forman el ciclo de inversiones: Programación Multianual de Inversiones, Formulación y Evaluación, Ejecución y Funcionamiento.

Programación Multianual de Inversiones del Estado

Durante la Programación Multianual de Inversiones se proyectan por 3 años como mínimo las inversiones. En esta proyección, se tiene en consideración los objetivos de los 3 niveles de gobierno, y, sobre todo, su principal objetivo mencionado anteriormente. Asimismo, se definen metas a lo largo del ciclo de vida que ayudarán a evaluar el avance de las inversiones. De esta manera, se puede prever los recursos potenciales que se necesitará y tomar medidas necesarias para su adquisición y conservación.

Formulación y Evaluación.

Dentro de esta se comienza a conceptualizar el proyecto basándose en propuestas de inversión con las que se busca cumplir con las metas establecidas en la mencionada proyección. Asimismo, se evalúa si el proyecto podrá cerrar o contribuir al cierre de la brecha para la cual fue propuesta (Decreto Legislativo N° 1432, 2018); todo ello contribuye a poder discernir entre la posibilidad de realizar o no el proyecto.

Ejecución

Una vez aprobada la evaluación, se procede a realizar estudios necesarios para la elaboración del ET o un documento semejante. Después de ello, se inicia con el avance físico del proyecto (Decreto Legislativo N° 1432, 2018); en otras palabras, esta fase abarca al diseño y ejecución del proyecto.

Funcionamiento

Finalmente, una vez terminada la etapa de ejecución, se realiza la operación y mantenimiento del activo (Decreto Legislativo N° 1432, 2018). Para su correcta

realización se debe tener suficientes recursos, los mismos que deben ser previstos desde etapas tempranas del ciclo.

En resumen, de todas las fases mencionadas se puede observar que se destina las 2 primeras fases a la manera en la que se dispondrán las inversiones y una evaluación posterior de cómo estas repercutirán a la población que se busca ayudar. Las siguientes, se encargan de ejecutar y mantener esos activos que se vio necesario crear. De esta manera, se busca que la inversión sea coherente con las necesidades de la sociedad para que el proyecto les sea de máximo provecho.

4.2.1. Marco normativo actual de BIM

Actualmente, dentro del marco normativo/legislativo se incorporaron dispositivos normativos como decretos supremos (DS), decretos legislativos (DL), directivas y resoluciones que incentivan y estandarizan la implementación del BIM en el ciclo de inversiones actual; estas incorporaciones se pueden observar en la página web oficial del estado peruano. Por ello, se puede afirmar que se está trabajando para resolver uno de los principales retos para la aplicación BIM, el cual es “adaptar un marco normativo / legal que permita la aplicación de instrumentos para la aplicación de BIM el desarrollo de inversiones públicas” (MEF, 2021, p.14). A continuación, se presentarán los dispositivos normativos que forman el marco normativo de BIM para su uso y aplicación dentro de proyectos públicos.

Decreto Legislativo N° 1444 (2018) y Decreto Supremo N° 082-2019-EF

Este D.L modifica varios artículos de la Ley de Contrataciones. Una de estas modificaciones (la decimotercera) menciona que por medio de decretos supremos se introducirán criterios para la aplicación de herramientas de modelamiento digital. Este

artículo también menciona que estas herramientas serán obligatorias (*Decreto Legislativo N°1444*, 2018). Esto mismo es mencionado en el artículo décimo primero del DS (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019). Si bien ambos artículos no mencionan la metodología BIM, esto representa un acercamiento a una de sus herramientas y, sobre todo, un entendimiento de que con esta herramienta de modelamiento digital se puede aumentar la calidad y la eficiencia de los proyectos.

Decreto Supremo N° 284-2018-EF y Decreto Supremo N° 345-2018-EF

Con el D.S N° 284 se aprueba, dentro de las funciones del Dirección General de Programación Multianual de Inversiones del MEF (DGPMI), la implementación e incorporación de metodologías colaborativas de modelamiento digital para la información (Decreto Supremo N° 284-2018-EF, 2018). Por otro lado, el DS N° 345 del mismo año insta como objetivo principal dotar al Perú de infraestructura económica y social como uno de los lineamientos básicos para el desarrollo eficiente de inversiones públicas (Decreto Supremo N° 345-2018-EF, 2018).

Resolución Ministerial N° 242-2019-VIVIENDA

Se aprueban los lineamientos generales para el uso del BIM en proyectos de construcción. Dentro de este, se encuentran definiciones, alcances tanto del modelo BIM como del Plan de Ejecución BIM (PEB), niveles de desarrollo de elementos, y los roles y responsabilidades de los principales participantes.

Decreto Supremo N° 237-2019-EF

Con este decreto se aprueba el Plan Nacional de Competitividad y Productividad y su implementación. Dentro de este plan se encuentra la Medida de Política 1.2: Plan BIM. En esta medida se expone la necesidad de contar con mejores tecnologías para

dejar de incurrir en “[...] retrasos y sobrecostos en el desarrollo de inversiones en infraestructura [...]” (Decreto Supremo N° 237-2019-EF, 2019).

Decreto Supremo N° 289-2019-EF

Este decreto establece disposiciones iniciales para la adopción de la metodología BIM. Para ello se establecieron los artículos 3 y 4, los cuales representan el marco general al que deben seguir las futuras implementaciones de dicha metodología. (Decreto Supremo N° 289-2019-EF, 2019).

En cuanto al artículo 3 “Principios para la adopción y usos de BIM” se establecen 5 principios que deben regir en la implementación BIM: Eficiencia, Calidad, Colaboración, Transparencia y Coordinación. Todos estos pretenden que los proyectos públicos posean ahorros económicos al mermar sobrecostos y retrasos en el avance físico del proyecto. Además, se busca garantizar la calidad de las edificaciones mediante procesos en los que todos los involucrados del proyecto participen y puedan tomar decisiones que sean conocidas por todos los agentes el cual se estableció como medida anticorrupción (Decreto Supremo N° 289-2019-EF, 2019). En ese sentido, todos estos principios son objetivos que se busca alcanzar, los cuales son más fáciles de conseguir al aplicar BIM.

En el artículo 4,” Criterios y articulación para la incorporación de BIM”, se establece 4 criterios que deben seguir las futuras aplicaciones de la metodología: Progresividad, Condiciones de la organización, Integralidad y Características de la infraestructura. Estos criterios promueven la inclusión gradual y organizada de la metodología. Además, se toma en cuenta la capacidad y competencia de las organizaciones junto con las características económicas, estructurales y la modalidad de ejecución acordada. Asimismo, menciona la inserción de la información del activo en

fases tempranas del ciclo de inversión para que estas puedan ser usadas posteriormente (Decreto Supremo N° 289-2019-EF, 2019). En consecuencia, como mínimo se deben considerar estos criterios para cualquier implementación BIM.

Decreto Legislativo N° 1486

En el artículo 5 del presente decreto tiene como objetivo permitir que las entidades públicas acepten y aprueben la aplicación de nuevas metodologías BIM en las inversiones públicas de manera efectiva, con procesos de mejora constante durante la ejecución.

Decreto de Urgencia N° 21-2020 MEF y DS N° 119-2020-EF

El decreto de urgencia tiene como fin dinamizar la actividad económica y asegurar la correcta prestación de servicios en beneficio de la población utilizando un modelo eficiente que agilice la ejecución de las inversiones públicas. El Decreto Supremo N° 119-2020-EF es el que aprueba dicho Decreto de Urgencia.

Resolución Directoral N° 007-2020-EF/63.01

Con esta resolución, se aprobó el documento titulado “Lineamientos para la utilización de la metodología BIM en las inversiones públicas” (Resolución Directoral N°007-2020-EF/63.01, 2020). Estos pretenden servir de guía o documento orientador para hacer uso del BIM en inversiones del estado al proponer criterios esenciales a tomar en cuenta durante las cuatro últimas etapas del ciclo de inversiones.

Decreto Supremo N° 108-2021-EF

Este decreto modifica los artículos 2 y 5 del D.S N°289-2019-EF. Los cambios realizados dotan al DS de una mayor coherencia con la Guía Nacional BIM y los

principios rectores del DS N°289-2019-EF. Las definiciones del artículo 2 que fueron modificadas son las siguientes: BIM, Plan BIM Perú, Nivel de información necesaria, Modelo de Información y Plan de ejecución BIM (Decreto Supremo N° 108-2021-EF, 2021). En general, los cambios se realizaron con la intención de enfatizar la sinergia que debe tener la metodología BIM y el ciclo de inversiones propuesto por el Invierte.pe. Asimismo, se incluyó definiciones como colaboración y los RI, las cuales son importantes mencionar durante una aplicación BIM. Asimismo, en cuanto al artículo 5, se añaden las líneas estratégicas establecidas por el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú.

Resolución Directoral N° 0002-2021-EF/63.01 y Resolución Directoral N° 0005-2021-EF/63.01

La RD N°0002 aprueba el Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú, mientras que la RD N° 0005 aprueba la “Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública” y la “Guía Nacional BIM: G.I para inversiones desarrolladas con BIM”.

Resolución Directoral N° 0001-2022-EF/63.01

Esta resolución aprueba la Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM durante las fases del Ciclo de Inversión (Resolución Directoral N° 0001-2022-EF/63.01, 2022).

Resolución Directoral N° 0007-2022-EF/63.01

Esta resolución aprueba los lineamientos para la adopción progresiva de BIM en las fases del Ciclo de Inversión (Resolución Directoral N° 0007-2022-EF/63.01, 2022).

Resolución Directoral N° 0003-2023-EF/63.01 y Resolución Directoral N° 0005-2023-EF/63.01

La primera resolución directoral aprueba la actualizada “Guía Nacional BIM: G.I para inversiones desarrolladas con BIM”, mientras que la segunda aprueba la “Guía Técnica BIM para edificaciones e infraestructura”.

Resolución Ministerial N° 170-2023-EF/10

Esta resolución aprueba la creación de un Grupo de Trabajo Multisectorial para la construcción de un marco colaborativo de manera que se continúe con la implementación progresiva del BIM en el sector público; es decir, este grupo de expertos formulará aportes y recomendaciones dentro del marco del Plan BIM Perú para así acelerar su implementación con transparencia, calidad y eficiencia

Por otro lado, desde el año 2018 el Instituto Nacional de Calidad estuvo adaptando estándares internacionales a la realidad peruana, con el fin de generar normas y especificaciones técnicas. Estos documentos servirían de soporte y guía para la implementación BIM estatal y para todos los involucrados en las contrataciones con el estado e interesados. Estas normas y especificaciones son las siguientes:

NTP-ISO 29481-2:2018

Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo (ICANAL, 2024). El objetivo de esta Norma Técnica Peruana es establecer un enfoque y una estructura para explicar las "acciones de coordinación" entre los participantes de un proyecto de construcción en todas las etapas de su desarrollo.

ETP-ISO/TS 12911:2018

Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM). 1era Edición (ICANAL, 2018). Esta Especificación Técnica Peruana busca crear un marco que defina pautas para el desarrollo del modelo de información (BIM) mediante especificaciones.

NTP-ISO 22263:2019

Organización de la información relacionada a las obras de construcción. Marco de referencia para la G.I del proyecto (INACAL, 2019)

NTP-ISO 29481-1:2019

Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 1: Metodología y formato (INACAL, 2020). Esta NTP proporciona un método para representar y explicar los flujos de información durante todas las etapas dentro del desarrollo de un proyecto de construcción.

NTP-ISO 12006-2:2021

Construcción de edificaciones. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 2: Marco de clasificación. 1a Edición (INACAL, 2021a). Esta norma

establece un marco para el desarrollo de los sistemas de clasificación de entornos construidos.

NTP-ISO 12006-3:2021

Construcción de edificaciones. Organización de la información sobre obras de construcción. Parte 3: Marco para la información orientada a objetos. 1a Edición (INACAL, 2021b). Esta sección de la norma establece un modelo de información que no depende del lenguaje y puede ser usado para desarrollar diccionarios empleados en el almacenamiento o provisión de información para proyectos de construcción.

NTP-ISO 19650-1:2021

Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). G.I mediante el modelado de la información de la construcción. Parte 1: Conceptos y principios. 1a Edición (INACAL, 2021c). Esta Norma Técnica Peruana explica los conceptos y principios para la G.I en una fase de madurez conocida como "modelado de información de construcción".

NTP-ISO 19650-2:2021

Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil incluyendo el modelado de la información de la construcción (BIM). G.I mediante el modelado de la información de la construcción. Parte 2: Fase de ejecución de los activos. 1a Edición (INACAL, 2021d).

Capítulo 5: Evaluación de la inclusión de BIM en los términos de referencia de expedientes técnicos de puentes vehiculares en Perú

5.1. Objetivo de la evaluación

La evaluación se centra en contrastar la información y los requerimientos BIM de los TDR con los propuestos en el Registro de requerimientos de intercambio de información (Anexo E) de la GNB. Con ello se apreciará el grado de cumplimiento (en porcentaje) que estos documentos poseen con respecto a lo propuesto por la GNB y el estado de implementación BIM de los TDR en los años de análisis. Los incisos que se compararán son aquellos que solicitan al postor información necesaria para la GI del proyecto. Estos son los siguientes:

- Objetivos de la gestión de la información
- Requisitos de información en base a los objetivos de la gestión de la información
- Entregables de la fase o etapa correspondiente
- Requisitos de seguridad de la información
- Consideraciones para la coordinación entre especialidades
- Entregables de la información del proyecto
- Indicadores de rendimiento
- Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión
- Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información
- Normas para la gestión de la información
- Estándar de nomenclatura de los contenedores de información
- Normas para la identificación de la información en los contenedores de información

- Método para la definición del nivel de información necesaria
- Formatos de archivos a intercambiar en el ECD
- Listado de recursos informáticos necesarios
- Requisitos de calidad del modelo de información
- Funciones de gestión de la información
- Información de referencia y recursos compartidos
- Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes
- Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información

5.2. Obtención de la información y enfoque de la evaluación

La recopilación de los TDR se realizó a través del SEACE. En el portal se usaron los siguientes filtros disponibles en su buscador: para el objeto de contratación se colocó “Consultoría de obra”, pues representa el tipo de servicio que se realiza cuando un proveedor del estado realiza un ET; para el año de convocatoria se colocaron los años desde 2020 al 2023 ya que esos son los años de interés de la presente investigación y en descripción del objeto la palabra “puente” ya que solo se desea analizar aquellos TDR relacionados a este tipo de infraestructura.

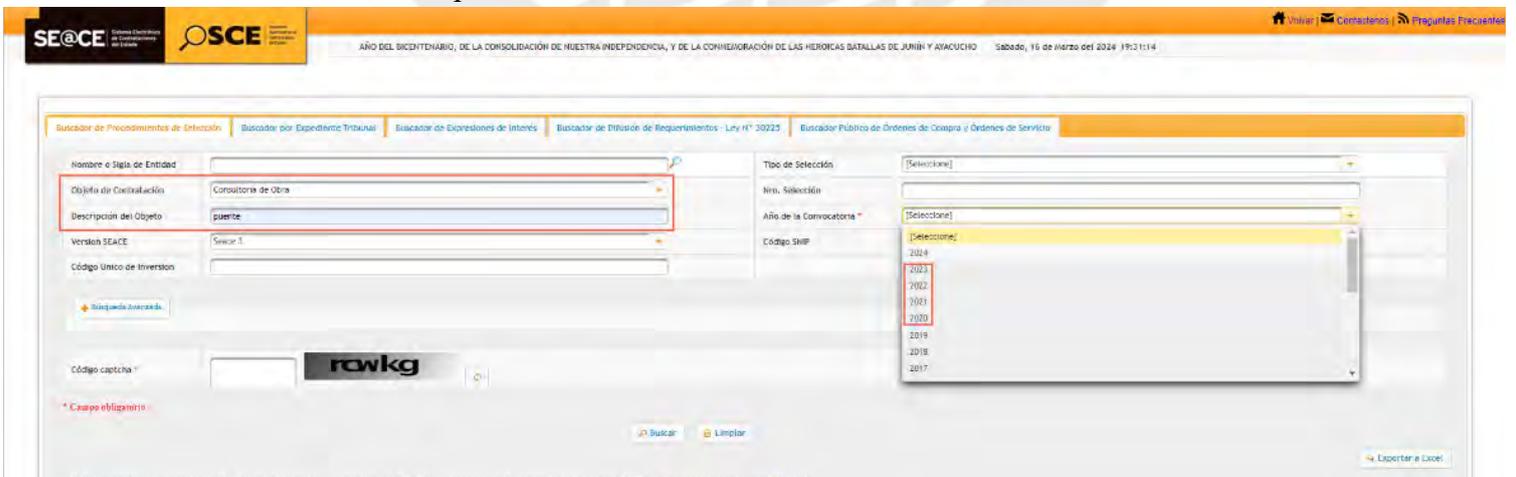


Figura 10. Portal de búsqueda de SEACE y filtros base aplicados
Tomado de la página virtual de la OSCE (2022) SEACE.

Sin embargo, realizar el filtro no fue suficiente debido a que el término de consultoría de obra también incluye labores de supervisión tanto en la etapa de diseño como en la de construcción. Además, existían ofertas cuyo propósito no era realizar el ET para la construcción de un puente; es decir, estaban enfocados a diferentes infraestructuras como las carreteras o, si bien estaban avocadas a puentes, no eran de la construcción de estos si no del mantenimiento o mejoramiento. Asimismo, se eliminaron las ofertas destinadas a la construcción de puentes peatonales.

De esta manera, solo se tenían aquellas ofertas destinadas a la elaboración de expedientes técnicos para la construcción de puentes vehiculares o la combinación entre vehiculares y peatonales. Una vez conseguidos los TDR de interés se clasificaron por año y por tipos 1 y 2 según el tipo selección de contratación: 1 si corresponde según el valor referencial del proyecto a una adjudicación simplificada y 2 si corresponde a un concurso público. Para ello se usaron los montos presentados por la OSCE de manera anual. En las siguientes tablas se observa lo mencionado anteriormente.

Tabla 7 Variación de modalidades de contratación según el monto del proyecto en los años del 2020 al 2023

TIPO	Consultoría de Obras (S/)							
	2020		2021		2022		2023	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Adjudicación Simplificada	34,400	400,000	35,200	400,000	36,800	400,000	39,600	480,000
Concurso público	400,000	> 400,000	400,000	> 400,000	400,000	> 400,000	480,000	> 480,000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 8 Cantidad de TDR resultante del marco poblacional según los tipos de modalidad

AÑO	Número de TdR según su monto		Total
	Tipo 01	Tipo 02	
2020	20	16	36
2021	12	1	13
2022	22	1	23
2023	14	5	19
			91

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, el enfoque de la investigación es cuantitativa y cualitativa, ya que en la primera etapa se obtuvo resultados de cuántos TDR incluyeron BIM dentro de sus solicitudes en los años de interés, la cantidad de usos BIM que la entidad contratante precisó utilizar para la elaboración de los expedientes por año, el porcentaje de aplicación de los incisos del anexo E por año y también el grado de aplicación del anexo mencionado en cada TDR.

Asimismo, en la etapa cualitativa, se realizó la revisión de cómo aplicaron BIM en los TDR revisados para obtener el grado de adopción BIM en los 03 niveles de gobierno.

5.3. Resultados de la evaluación

Enfoque cuantitativo

Para la realización del análisis se evaluaron los TDR que incluyen y no incluyen BIM. Del análisis se tuvo como resultado 2 tipos de tablas (las cuales estarán dentro del anexo de la tesis). La primera compara todos los incisos seleccionados del Anexo E con el contenido de estos documentos. Para dicha comparación fue necesario entender qué información se solicita en cada inciso del anexo, pues existía la posibilidad de que los TDR podían satisfacer la información requerida aun cuando los títulos y subtítulos de estos documentos sean textualmente diferentes a los incisos o, por el contrario, aunque los TDR tengan apartados iguales o parecidos a estos no se cumpla con la información que el anexo solicita. Finalmente, del contraste realizado se establece el porcentaje de cumplimiento por documento. Este se realizó considerando la siguiente fórmula:

$$\frac{n}{N} * 100$$

Donde:

- n es la cantidad de incisos satisfechos por los TDR, los cuales son marcados con el número “1”.
- $N = 20$, representa la cantidad de incisos seleccionados para la comparación.

Tabla 9 Ejemplo de primer tipo de tabla: comparativa de incisos seleccionados del Anexo E con TdR

	PTE CCANCHI	PTE.CARR AV.LESTER	PTE MAYOCC	PTE YANAPAMPA	PTE.CARR CASABLANCA	PTE.CARR PAMPAMARCA	PTE PQ01 APURIMAC	PTE APTASA	PTE_EL ACERO	PTE SICRA	PTE PQ11 PASCO
Datos de la inversión											
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Institucionalidad											
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión											
Requisitos de información											
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información											
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información											
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información											
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	50%	40%	40%	50%	50%	35%	45%	35%	45%	45%	45%

Nota. Elaboración propia.

De todas las tablas de ese tipo, se puede observar que aquellos TDR que no implementan BIM poseen un máximo de 50% de cumplimiento con respecto al Anexo E de la GNB. Ello debido a que los incisos del Anexo E no se limitan a precisar información solamente referida a los entregables BIM, si no que posee un alcance mayor al solicitar información para la elaboración de los expedientes. La justificación del cumplimiento por inciso se encuentra sustentado en el anexo: Justificación del cumplimiento de cada inciso del anexo E.

Por otro parte, en relación con los TDR que aplicaron BIM, se puede apreciar que alcanzan un máximo de 60% de cumplimiento del anexo E. Es decir, solo poseen el cumplimiento de dos incisos adicionales con respecto a aquellos que no poseen BIM: los objetivos de la GI BIM y el método para la definición del nivel de información necesaria. Los incisos que por lo general no se encontraron a satisfacción son los siguientes:

- Requisitos de información en base a los objetivos de la gestión de la información.
- Requisitos de seguridad de la información.
- Consideraciones para la coordinación entre especialidades.
- Indicadores de rendimiento.
- Estándar de nomenclatura de los contenedores de información
- Formatos de archivos para intercambiar en el ECD
- Funciones de gestión de la información
- Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información.

Por otro lado, el propósito del segundo tipo de tabla es mostrar el personal clave, objetivos, usos, normativa y grado de cumplimiento todo ello referido a BIM; así como, comentarios de la aplicación o la no aplicación de BIM en los TDR de determinado año.

Tabla 10 Ejemplo del segundo tipo de tabla: características y comentarios de implementación BIM en TdR

Entidad Responsable	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE - PROYECTO ESPECIAL OLMOS - TINAJONES	Contratación del servicio de consultoría de obra: "Elaboración de expediente técnico creación de 01 puente carrozable y 04 puentes peatonales sobre el río Olmos, entre el km. 3+500 en el sector el Palmo al km. 22+00 c.p. el Molino de la carretera Fernando Belaunde Terry en el distrito de Olmos "	S/ 1,171,884.28	2022 / 150 d.c.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VINCHOS	Elaboración del expediente técnico "Creación del puente vehicular sobre la quebrada Maranquari en prolongación calle Nicolas Vela de la ciudad de Atalaya - provincia de Atalaya- departamento de Ucayali"	S/ 398,838.50	2022 / 90 d.c.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE KUMPIRUSHIATO	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto denominado: "Creación del puente vehicular ruta sm-108 en el caserío de Santa Flor del distrito de Bajo Biavo " provincia de Bellavista - departamento de San Martín, con código único de inversión n° 2530935	S/ 352,583.88	2022 / 90 d.c.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ATALAYA - RAYMONDI	Contratación del servicio de consultoría de obra de elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco, distrito de Chilcas - provincia De la mar - departamento de Ayacucho". código unico de inversiones n° 2508483	S/ 300,000.00	2022 / 90 d.c.	BIM MANAGER	- Detección de interferencias - Compatibilización permanente - Mantener un criterio básico de costo-beneficio	e i o	-	50%	- Ausencia de gestión de riesgos. - Usa referencias del BIM Forum, cuando ya se tenía la guía. - BIM se centra en el modelado y no en la gestión de la información
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTIN - PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO	Contratación del servicio de consultoría para la elaboración de expediente técnico del proyecto: "Creación del puente vehicular Shatarunshiato - Paveni sobre el río Kempiri del distrito de Pichari, La Convención-Cusco"	S/ 260,000.00	2022 / 90 d.c.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ATALAYA - RAYMONDI	Servicio de consultoría para la elaboración de expediente técnico del proyecto: Creación del puente de Churiavado en el centro poblado de Ocoollo, del distrito de Vinchos- provincia de Huamanga- departamento de Ayacucho	S/ 244,199.82	2022 / 90 d.c.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Menciona que los planos deben permitir el modelamiento digital en la etapa de ejecución
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PANGOA	Contratación de servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente sobre el río Unini, acceso a la comunidad nativa de Shaani, del distrito de Raymondi - provincia de Atalaya - departamento de Ucayali".	S/ 227,976.00	2022 / 90 d.c.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.

Nota. Elaboración propia.

Del análisis las tablas del segundo tipo, se puede apreciar que el nivel de adopción BIM es menor año tras año. Esto se demuestra con la disminución de TDR que incorporan BIM y una reducción en los usos BIM que son requeridos con respecto al primer año de análisis. En la Figura 11 se observa cómo en el año 2020 se aplicó BIM en 16 TDR entre los cuales son 13 de categoría 2 y 3 de categoría 1. Sin embargo, en el año siguiente el número de TDR con BIM se redujo drásticamente a 3 de los cuales 1 es de categoría 2 y los restantes de categoría 1.

Asimismo, en los dos años posteriores, se evidencia que el número de documentos que aplicó BIM se mantuvo estático con 2 cada año. En el año 2022 ambos documentos eran de tipo 1, mientras que en el 2023 uno era de tipo 2 y otro de 1. Por consiguiente, se puede precisar que del marco poblacional de TDR revisados (91 en total) solo el 25% aplicó BIM dentro de sus TDR.

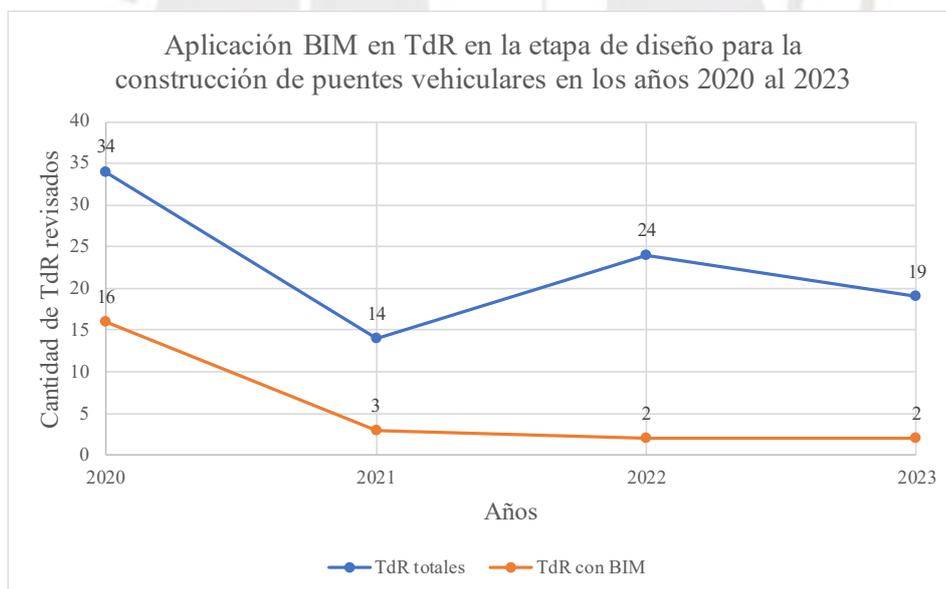


Figura 11. Aplicación BIM en TDR en la etapa de diseño para la construcción de puentes vehiculares en los años 2020 al 2023

Elaboración propia.

En cuanto a los usos BIM que se solicitaron durante los años analizados el más requerido es el de la visualización 3D. A este le siguen los usos de detección de interferencias e incompatibilidades y revisión del diseño y finalmente, se solicitaron en menor medida, los usos de diseño de especialidades; elaboración de documentación; coordinación de la información; estimación de cantidades y costos, y planificación de la fase de ejecución.

Además, se aprecia también que la mayoría de los usos BIM fueron requeridos en el año 2020 y se llegó a solicitar el 89% de los usos BIM iniciales para la elaboración de expedientes técnicos o documentos equivalentes, mientras que en el año 2021 se alcanzó el 11% al solicitar la visualización 3D; en el 2022 el 33% al requerir visualización 3D, revisión del diseño y detección de interferencias mientras que en el 2023 el 56 % con la solicitud de los mismos usos que en el año anterior más los usos de coordinación de la información y la elaboración de la documentación.

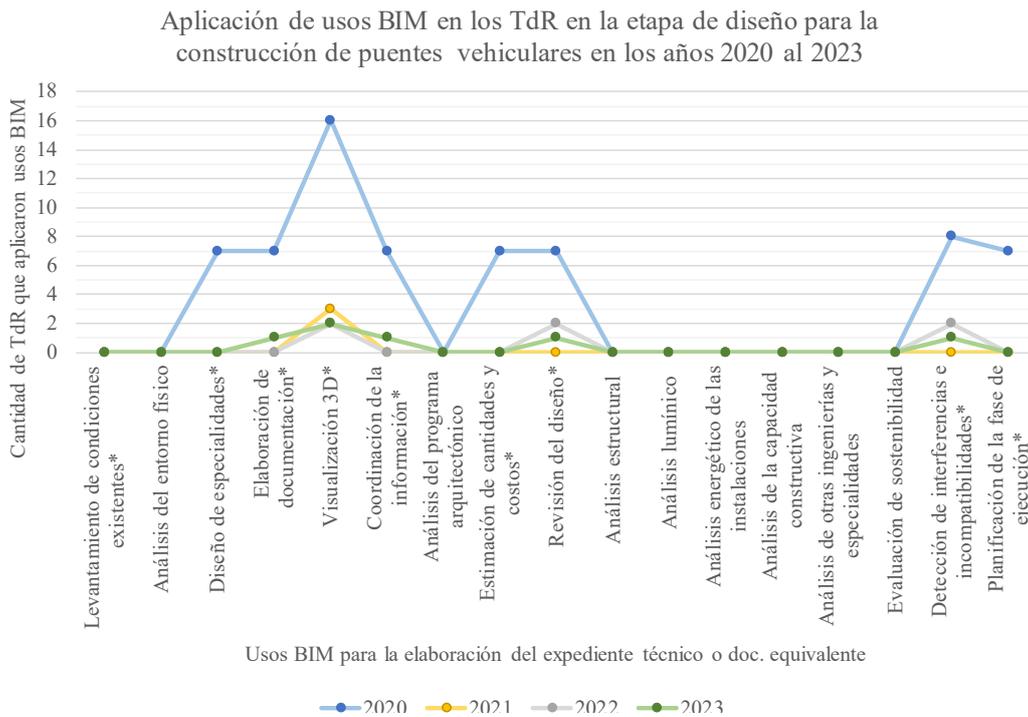


Figura 12. Aplicación de usos BIM en los TDR en la etapa de diseño para la construcción de puentes vehiculares en los años 2020 al 2023

Elaboración propia

Finalmente, se elaboró un cuadro que muestra el porcentaje de aplicación de los incisos del anexo E por año. Para realizar dicho cuadro se contó el número de proyectos que incluyeron la información solicitada en cada anexo; luego, esa cantidad se dividió por el total de proyectos contemplados en ese año. Lo anterior se complementa con un gráfico de barras donde se representa en el eje horizontal los incisos elegidos del Anexo E y en el eje vertical el porcentaje de cumplimiento por cada apartado. Tanto en la tabla como en el gráfico se aprecia que los incisos que se aplicaron más son:

- Entregables de la fase o etapa correspondiente.
- Entregables del Modelo de Información del Proyecto.
- Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión.
- Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información.
- Normas para la gestión de la información.
- Normas para la identificación de la información en los contenedores de información.
- Lista de recursos informáticos necesarios.
- Requisitos de calidad del modelo de información.
- Información de referencia y recursos compartidos.
- Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes
- Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes.

Tabla 11 Leyenda general de grado de aplicación

Tipo	Grado de Aplicación
BAJA	0 % - 20%
MEDIA	20% - 60%
ALTA	60% - 100%

Nota. Elaboración propia.

Tabla 12 Grado de aplicación de incisos seleccionados del anexo E de años 2020 al 2023

INCISOS DEL ANEXO E	2020	2021	2022	2023
Objetivos de la gestión de la información BIM	24%	0%	0%	0%
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0%	0%	0%	0%
Entregables de la fase o etapa correspondiente	94%	86%	71%	79%
Requisitos de seguridad de la información	0%	0%	0%	0%
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0%	0%	0%	0%
Entregables del Modelo de Información del Proyecto	100%	100%	100%	100%
Indicadores de rendimiento	0%	0%	0%	0%
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	85%	86%	88%	100%
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	100%	100%	100%	100%
Normas para la gestión de la información	100%	100%	100%	100%
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0%	0%	0%	0%
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	100%	100%	100%	100%
Método para la definición del nivel de información necesaria	24%	0%	0%	0%
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0%	0%	0%	0%
Lista de recursos informáticos necesarios	91%	100%	100%	84%
Requisitos de calidad del modelo de información	100%	100%	100%	100%
Funciones de gestión de la información	0%	0%	0%	0%
Información de referencia y recursos compartidos	50%	36%	67%	68%
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	100%	100%	100%	100%
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0%	0%	0%	0%

Nota. Elaboración propia.

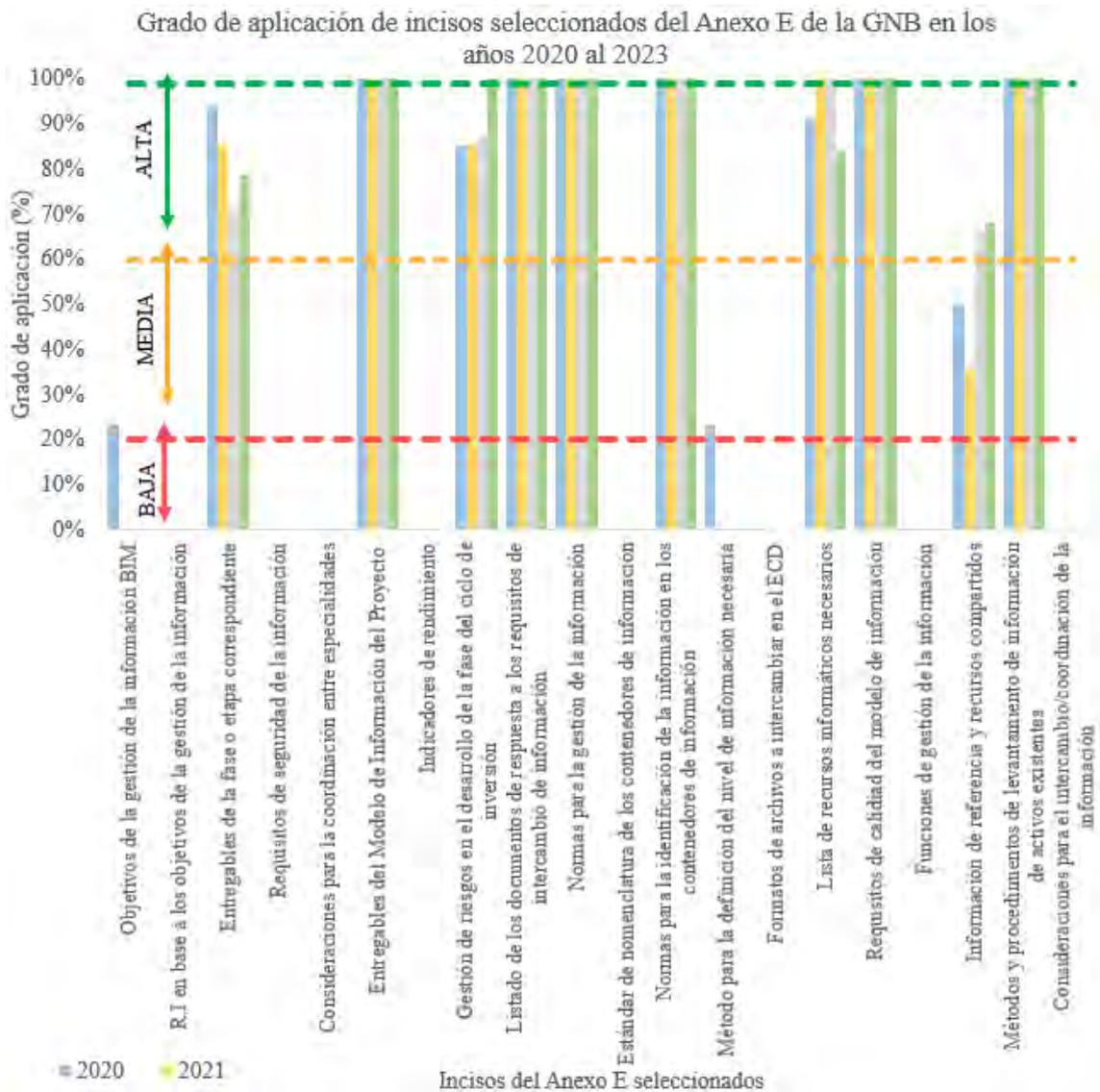


Figura 13. Grado de aplicación de incisos seleccionados del Anexo E en los años 2020 al 2023
Elaboración propia.

Enfoque cualitativo

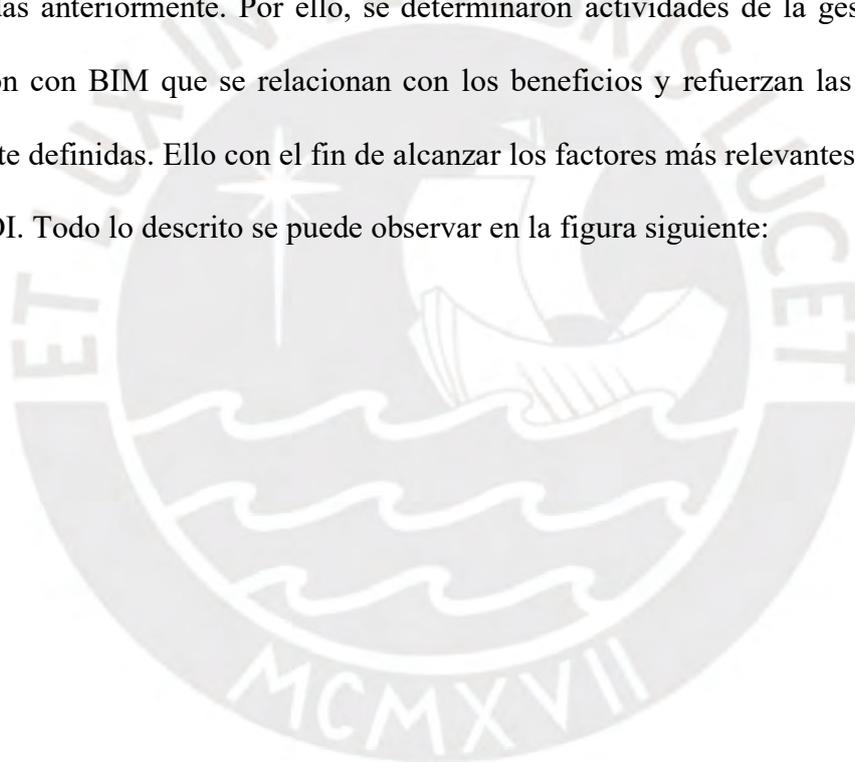
Este enfoque tiene como propósito analizar la manera en la que se implementó BIM en los TDR. Para ello se establecen las actividades de la GI para poder cumplir con las fortalezas más relevantes que posee una implementación BIM que son a su vez factores determinantes para el retorno de inversión (ROI). Asimismo, se realizarán comentarios que resulten de comparar lo solicitado a cerca de BIM en los TDR y los lineamientos que propone la GNB y las NTP-ISO 19650.

En primer lugar, Zima, et al (2020) muestra que las fortalezas de implementar BIM en los procesos de inversión y construcción son: una mejor documentación, la reducción del costo del proyecto, la disminución de desperdicio de material y la automatización en el dibujo. Por otro lado, Giel, et al (2013) concluye que el impacto principal de BIM en cuanto al retorno de inversión es la reducción de órdenes de cambio y requisitos de información, y la disminución de sobrecostos. Ello es reforzado y complementado con lo propuesto por Sompolgrunk, et al. (2021) al mencionar que los factores que contribuyen al ROI, además de los mencionados anteriormente, son los siguientes: reducción de tiempos de entrega, aumento de productividad

Por otro lado, los beneficios más resaltantes durante la pre construcción como la celeridad con la que descubren y previenen interferencias e incompatibilidades, la coordinación entre las especialidades, la rápida detección de errores en dibujos 2D (Giel, et al,2013). Además, ello es potenciado al procurar la constructabilidad en la etapa diseño de un proyecto. Así a través de las diferentes aplicaciones y trabajo colaborativo de dicha metodología deja de ser solo un modelo 3D, sino que representa un modelo constructivo (Walasek & Barszcz, 2017).

De lo mencionado anteriormente, se aprecia la fuerte relación de las fortalezas y beneficios que implica implementar BIM con los aspectos más influyentes que se genera al aplicar dicha metodología en cuanto al retorno de inversión de un proyecto. Además, al tener en cuenta que la ganancia económica al aplicar BIM es el resultado más esperado por las empresas de construcción (Sompolgrunk, et al., 2021) se puede definir como resultados esperados a aquellos impactan más en el ROI de dicha aplicación.

Por lo tanto, es necesario precisar acciones para que se puedan conseguir estos resultados esperados. Estas, por lo tanto, deben ser afines a los beneficios y fortalezas mencionadas anteriormente. Por ello, se determinaron actividades de la gestión de la información con BIM que se relacionan con los beneficios y refuerzan las fortalezas previamente definidas. Ello con el fin de alcanzar los factores más relevantes en cuanto al BIM ROI. Todo lo descrito se puede observar en la figura siguiente:



Beneficios principales de BIM en la pre construcción

Fortalezas de la implementación BIM

Resultados de aplicar BIM que representan un retorno de inversión (ROI)

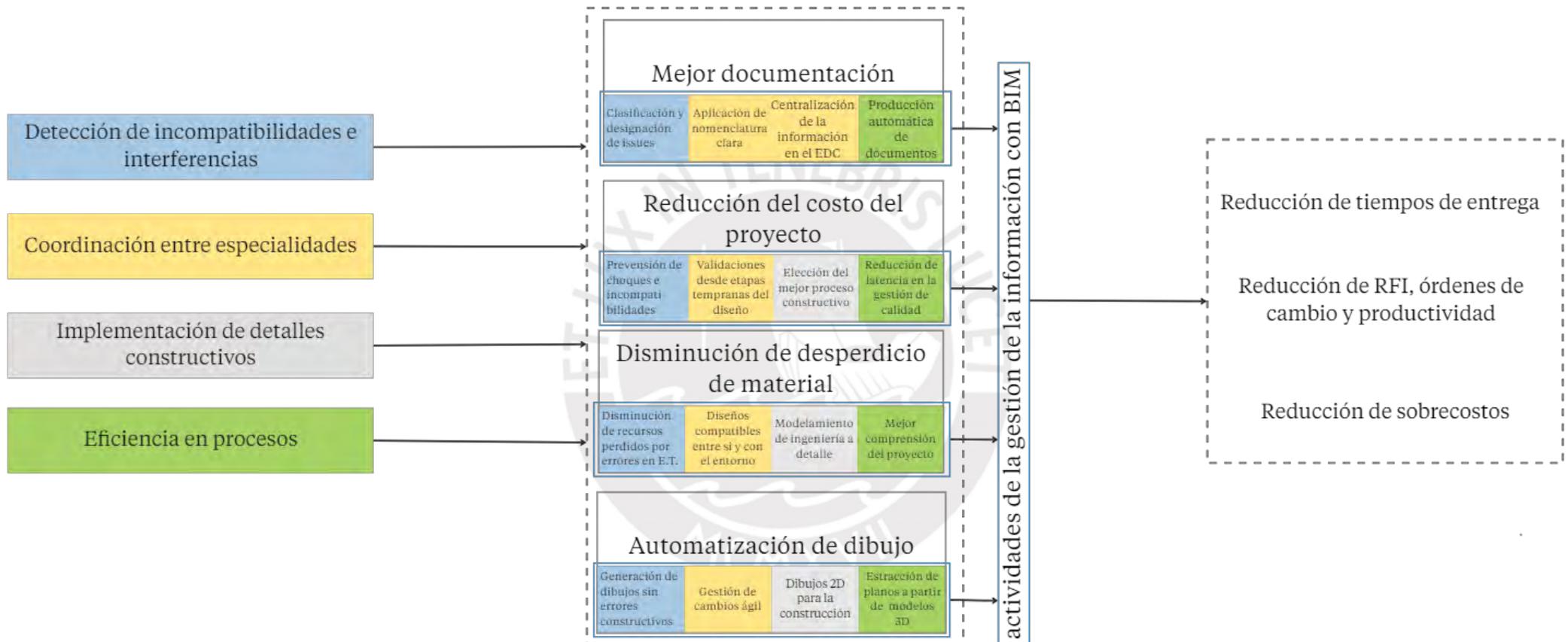


Figura 14. Beneficios, fortalezas y actividades de la GI con BIM para conseguir el BIM ROI

Elaboración propia

Para comenzar el análisis, se agruparán los 23 TDR que implementaron BIM según el grado de aplicación, pero aplicada al porcentaje de usos BIM empleados con respecto a los usos BIM iniciales para la elaboración de un ET propuestos por la GNB. Luego, se examinará si dichos grupos solicitan las actividades de la GI establecidas anteriormente. Este tipo de análisis grupal es viable debido a que en cada grupo la manera en la que se solicitó BIM es parecida y en algunos casos igual. Los grupos están mostrados en el anexo de la tesis.

Tabla 13 *Tabla de medición de cumplimiento de actividades de la GI*

FORTALEZAS	ACTIVIDADES DE LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN CON BIM	GRUPO 01	CUMPLIMIENTO POR BENEFICIO	GRUPO 02	CUMPLIMIENTO O POR BENEFICIO	GRUPO 03	CUMPLIMIENTO POR BENEFICIO
Mejor documentación	Clasificación y designación de issues	<input checked="" type="checkbox"/>	75%	<input checked="" type="checkbox"/>	25%	<input type="checkbox"/>	0%
	Aplicación de nomenclatura clara	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Centralización de la información en el EDC	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Producción automática de documentos	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Reducción del costo del proyecto	Prevención de choques e incompatibilidades	<input checked="" type="checkbox"/>	50%	<input checked="" type="checkbox"/>	25%	<input type="checkbox"/>	0%
	Validaciones BIM desde etapas tempranas del diseño	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Elección del mejor proceso constructivo	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Reducción de latencia en la gestión de calidad	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Disminución de desperdicio de material	Disminución de recursos perdidos por errores en E.T.	<input checked="" type="checkbox"/>	75%	<input checked="" type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	25%
	Diseños compatibles entre si y con el entorno	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Modelamiento de ingeniería a detalle	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Mejor comprensión del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
Automatización de dibujo	Generación de dibujos sin errores constructivos	<input checked="" type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	25%	<input type="checkbox"/>	0%
	Gestión de cambios ágil	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Dibujos 2D para la construcción	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Estracción de planos a partir de modelos 3D	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
Cumplimiento general		69%		31%		6%	

Nota. Elaboración propia.

En primer lugar, de la Tabla 13 se puede observar que el grupo 1 presenta un cumplimiento general del 69% de las actividades de la GI. En la que solo el beneficio de “reducción de costo del proyecto” posee 50% de cumplimiento, mientras que los otros 3 poseen el 75%. Las acciones carentes corresponden en su mayoría a la coordinación de especialidades.

Para empezar, no existen propuestas de nomenclaturas de los contenedores de información, lo que puede ser causante de confusiones y desorden en la gestión documentaria en la etapa de diseño e incluso en la ejecución física del proyecto. Por otra parte, solo se menciona que se deben realizar detecciones de interferencias; sin embargo, pese a que ello representa un aporte significativo en la implementación, es importante mencionar todos los elementos necesarios que deben ser modelados para luego ser incluidos en la federación y detección de interferencias, ya que en este caso no se precisó el modelado de las estructuras existentes. Asimismo, requisitos como “Realizar la detección de interferencias de manera individual...” refleja un lenguaje poco claro y confuso que puede ser causante de controversias futuras. En la figura siguiente se aprecia la ausencia de lo mencionado.

<p>a. ACTIVIDADES COLECTIVAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Participar en la reunión de orientación de Inicio de proyecto en donde se definirá los alcances, objetivos y cronograma del proyecto • Participar en la reunión de inducción BIM en donde se definirá la metodología para el correcto desarrollo integrado del proyecto • Participar en las sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), en donde se levantarán observaciones de conflictos y se desarrollarán recorridos virtuales del modelo. • Otras actividades colectivas que se puedan definir en el plan de ejecución BIM 	<p>b. ACTIVIDADES INDIVIDUALES</p> <p>Las Actividades Individuales competen fundamentalmente a cada una de las diferentes especialidades involucradas en el diseño del Proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrar el modelo BIM con aquellos modelos de otras especialidades conforme sean necesarios • Realizar detección de interferencias de manera individual con los modelos de las otras especialidades y previo a las reuniones de coordinación • Generar planos 2D a partir del modelo BIM • Generar los metrados de las diferentes especialidades generados a partir del modelo BIM • Generar la programación de obra del proyecto en una simulación visual (4D)
--	--

Figura 15. Actividades colectivas e individuales establecidas en el proyecto

Tomado de PROVIAS Nacional (2020) Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Ayacucho – Huancavelica”.

Asimismo, también se observa que se precisó el uso de un EDC, lo cual va acorde a los objetivos BIM planteados, ya que favorece la coordinación entre especialidades. No obstante, la información presentada no satisface a lo propuesto por la NTP-ISO 19650-2 (2021d), pues la parte que designa debe establecer el EDC y no solo solicitarlo (a menos no en la misma designación). Una consecuencia de ello es que se le delega a la parte designada principal acciones como el control del acceso a los contenedores de información del proyecto o la

disposición de atributos básicos como los propone la norma mencionada en el párrafo anterior: estado, revisión y clasificación (Instituto Nacional de la Calidad [INACAL],2021d, p. 23).

6. COMMON DATA ENVIRONMENT (CDE)

Es la herramienta informática para gestionar la información correspondiente al modelo BIM y documentos del proyecto entre los involucrados. Se debe sustentar su capacidad para:

- Gestionar modelo integrados
- Incorporar, consultar y obtener información del proyecto.
- Gestionar niveles de acceso a la información y al modelo BIM
- Planificar de manera colaborativa el proyecto en BIM

Figura 16. Requerimientos del entorno de datos comunes del proyecto

Tomado de PROVIAS Nacional (2020) Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Puno”.

En cuanto a la documentación solicitada para la implementación, se observa que se pide al postor que realice un PEB. Ello representa un acierto, pues de esta manera se promueve la formalidad requerida dentro de las actividades de la GI con BIM. Esta acción pudo ser potenciada si se hubiese solicitado la estrategia de federación que el postor planea llevar a cabo y también la lista de recursos informáticos.

7. PLAN DE EJECUCION BIM (PEB)

El CONSULTOR deberá desarrollar a su entero cargo, costo y responsabilidad un Plan de Implementación BIM. En este documento se deberá definir las metodologías de trabajo basados en tecnología BIM, alcances y usos del modelo BIM, asignación de recursos para elaboración de entregables, frecuencia de sesiones ICE, formatos de documentos de registro, etc.

El PEB, deberá tener el siguiente contenido mínimo:

- Objetivos
- Alcances
- Consideraciones para obtener el Modelo BIM, Niveles de Desarrollo según Tabla E.1.
- Hitos del Proyecto (Se pueden considerar como hitos los entregables de ingeniería definidos en el TdR), según Tabla E.1
- Objetivos y Requerimientos del Cliente
- Usos del Modelo BIM en el proyecto.
- Definición de Entregable BIM según Tabla E.1

Figura 17. Requerimientos a cerca del PEB

Tomado de PROVIAS Nacional (2020) Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Puno.

Por otro lado, los TDR considerados en el grupo 1 son del año 2020, por lo que los profesionales de PROVIAS Nacional (proyecto especial que realizó todos los TDR del grupo en mención) tuvieron que usar bibliografía extranjera para definir el nivel de desarrollo requerido. De hecho, se basaron en el nivel de detalle propuesto por el BIM *Forum* para poder especificar cómo debería estar el entregable final. Como consecuencia se crea la tabla de la figura 18 en la que se especifica por especialidad los entregables que se deben realizar de acuerdo a cada entrega y en la columna derecha los LOD (*Level of Development*). Esta tabla representa un aporte significativo en cuanto a la claridad de los requerimientos relacionados a BIM. Además, trata de precisar más la información al colocar los significados de lo que se refieren con los LOD.

ITEM	ESPECIALIDAD	Entregable BIM	Software	Formatos	1era Entrega	2era Entrega	3era Entrega	4ta Entrega Expediente Definitivo	LOD	
1	Tráfico	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	Georreferenciación	Se deberá ubicar en el modelo BIM los puntos de georreferenciación	Civil 3D, Istram, etc.	LandXML	Ubicación de Puntos de Control en Common Data Environment			-Metrados obtenidos a partir del Modelo BIM y referenciado a los parámetros del Modelo	200	
	Topografía	Superficie Topográfica, Batimetría, Espejo de Agua, Estructuras existentes etc.	Civil 3D, Istram, SKP, etc.	LandXML, C3D DWG, DGN, SKP etc.	Ubicación de Levantamiento Topográfico en Common Data Environment				200	
	Diseño Geométrico	Alineamiento, Rasante, Corredor, Superficie Terminada, etc.	Civil 3D, Istram, OpenRoads, etc.	LandXML, C3D DWG, DGN, etc.		Ubicación de Alineamiento, corredor, y superficie vial Final en Common Data Environment			300	
3	Señalización Seguridad Vial	Modelo a Nivel Arquitectónico de la señalización	Revit, SketchUp, ArchiCAD, etc.	IFC, DGN, DB1, RVT, etc.		Ubicación de Límites de Derecho de Vía en Common Data Environment	Modelo arquitectónico de la señalización		300	
4	Geología y Geotecnia					- Ubicación de estratos de suelo en Common Data Environment - Ubicación de Niveles de Cimentación Propuesta en Common Data Environment		-MODELO BIM COMPATIBILIZADO, IFC Y ARCHIVO NATIVO	-	
5	Hidrología e Hidráulica	Espejo de Agua, NAME, NAMIN, NAMO etc.	C3D o software similar que permita creación de superficies.	LandXML, C3D DWG, DGN, etc.		Ubicación de superficies de Agua por caudales de diseño en Common Data Environment. Ubicación de estructuras hidráulicas de protección propuestas en Common Data Environment.			200	
6	Estudio de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua y Pavimentos	Levantamiento Topográfico de Canteras, FDA y DME	Civil 3D, Istram, SKP, etc.	LandXML, C3D DWG, DGN, SKP etc.		Ubicación de superficies LandXML de Canteras y DME en Common Data Environment.			200	
7	Estructuras	Concreto, Acero de refuerzo, Estructura Metálica, Postensado, Pemos, etc.	Revit, Tekla, Allplan, etc.	IFC, DGN, DB1, RVT, etc.		Modelo BIM con definición volumétrica preliminar, tipología definitiva de puente.	Modelo BIM definitivo de estructuras de concreto amado, amaduras de refuerzo pasivo y activo, estructuras metálicas, insertos.		350	
9	Procedimientos Constructivos	Modelo con parámetros de secuencia de constructiva	Revit, Tekla, Naviswork, Allplan, etc.	IFC, DGN, DB1, RVT, NWD, etc.				Modelamiento de Secuencia Constructiva según procedimiento constructivo propuesto por especialista.	-	
10	Gestión BIM (Common Data Environment)	Plataforma Colaborativa que permita gestión en la Nube y elaborar comunicaciones entre los involucrados, el cual será determinado por la Entidad (A360, Trimble Connect, o similar).								-

Figura 18. Cuadro de detalle de LOD por especialidad

Tomado de documento de TdR del proyecto estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Ayacucho – Huancavelica”.

Sin embargo, al mencionar oraciones como “El modelo BIM está en la capacidad de producir planos...” o “Se modelan piezas necesarias para la coordinación y compatibilización del elemento” se deja a libre interpretación lo que se trata de establecer como un criterio definido.

- c) Nivel de Detalle LOD 350: Se caracteriza por:
- El nivel de detalle gráfico del elemento BIM es modelado como un sistema, objeto o ensamblaje específico con características de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interacción con otros sistemas del edificio u obras de construcción.
 - Se modelan las piezas necesarias para la coordinación y compatibilización del elemento BIM con otros elementos cercanos o conectados. Estas partes pueden incluir elementos tales como soportes y conexiones.
 - El modelado ha pasado por un proceso de compatibilización y detección de interferencias.
 - El Modelo BIM, tal como se diseñó, se puede medir directamente sin hacer referencia a información no modelada, como por ejemplo, las notas o cotas.
 - El nivel de detalle no gráfico del elemento BIM es específica, como por ejemplo, especificaciones técnicas, metrados, costos, fechas de determinación del presupuesto, análisis de precios, entre otros.
 - El modelo BIM está en capacidad de producir planos u otros documentos propios del expediente técnico.
 - Las características del Modelo BIM tienen muy pocas probabilidades de cambiar en las siguientes etapas del proyecto, pero sí pueden definirse más características con mayor precisión.
 - Usualmente asociado a la etapa de proyecto detallado

Figura 19. Significado de nivel de detalle LOD350

Tomado de PROVIAS Nacional (2020) Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Puno.

Asimismo, la Figura 18 se podría complementar (en la actualidad) al incluir con qué LOD y LOIN deberían estar estos entregables parciales durante las fases de entrega. Esto generaría más detalle a la información solicitada para las validaciones parciales necesarias para verificar que el proceso de producción de la información del postor ganador esté siendo ejecutado bajo lineamientos de calidad, eficiencia y colaboración propuestos en el TdR y en el PEB.

Por último, poco detalle se menciona con respecto a cómo se procurará la seguridad de la información. Es claro que solo mencionar que la información producida pertenecerá a la entidad contratante y que está prohibido compartir información concerniente al proyecto no explica cómo se propone proteger la información.

9. PROPIEDAD DE LOS RESULTADOS DEL CONSULTOR

Los Modelos BIM generados para el proyecto que es parte de este Contrato son propiedad del PROVIAS NACIONAL e incluye todos los inventos, ideas y diseños contenidos en los mismos. Esto incluye, pero no se limita al contenido dentro de los Modelos y cualquier otro contenido presentado como parte del mismo.

Figura 20. Clausula de propiedad intelectual del proyecto

Tomado de PROVIAS Nacional (2020) Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Puno

En cuanto al grupo 2, presenta un cumplimiento general del 31% de las actividades de la GI. En la que solo el beneficio de “disminución de desperdicio de material” posee 50% de cumplimiento, mientras que los demás beneficios solo poseen el 25%.

De las actividades de la GI referidas a la colaboración entre especialidades se observa que solo la gestión de cambios ágil referida a la automatización de dibujo es aplicada. Las demás son omitidas a pesar de que dentro de los alcances se proponga la coordinación con metodología BIM.

11.2. Coordinación con metodología BIM de todas las especialidades.

Se deberá considerar el siguiente alcance:

- Reuniones de Coordinación entre especialistas
- Detección y Reportes de Colisiones/Conflictos
- Coordinación de cambios constructivos y ajustes del modelo.

Figura 21. Pautas para la coordinación de especialidades

Tomado de Gobierno Regional de Ayacucho (2022) “Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco”.

De hecho, tampoco se menciona la implementación de una plataforma de EDC con la cual se pueda realizar la coordinación que se solicita, lo que supone una omisión en la implementación BIM. Asimismo, ninguna de las actividades de la GI asociadas a la constructabilidad se cumple. De esta manera, sin la solicitud de directrices que promuevan actividades colaborativas claras e integrales para la implementación de la metodología no es factible pretender esperar un ROI o, precisamente, un BIM ROI.

3.0 MODELAMIENTO BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

El Expediente Técnico, en la especialidad de MODELAMIENTO BIM, tiene por objetivos: evitar que los diseños finales del Expediente Técnico contengan interferencias que perjudiquen la ejecución de obra, compatibilizar en forma permanente todas las especialidades, con un criterio básico de costo-beneficio y simplificación operativa, y respetando las disposiciones vigentes del RNE

Para asegurar el logro de los objetivos, se deberá contar con un responsable y experto en MODELAMIENTO BIM, como parte del equipo de diseño, desde el inicio del diseño y hasta la aprobación final del Expediente Técnico por el Gobierno regional Ayacucho.

El uso del modelamiento BIM se aplicará al diseño del Proyecto, con las siguientes características:

Figura 22. Términos ambiguos en la implementación BIM

Tomado de Gobierno Regional de Ayacucho (2022) Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco”.

Además, pensar que bastaría con mencionar que el proyecto deberá registrarse bajo lo propuesto por las normativas NTP-ISO 19650 es suficiente para que la incorporación de BIM sea la adecuada es erróneo. Ello debido a que las definiciones y flujos de trabajo que se propone en la NTP-ISO-19650-1 del 2021 “...deberían aplicarse de manera proporcional y apropiada a la escala y complejidad del activo o proyecto” (INACAL,2021c, p. 09). Por otro lado, la NTP-ISO-19650-2 establece lineamientos que la parte que designa debe aplicar para la elaboración de sus TDR o requisitos de información (INACAL,2021d, p. 10). Por lo que es responsabilidad de las diversas instituciones gubernamentales promover las prácticas establecidas en las normas mencionadas mediante su inclusión dentro los TDR en base al análisis de las necesidades del proyecto.

11.1. Modelación BIM

Los diseños de todas las especialidades deberán ser elaborados en 3D, integrados con un software de alta tecnología y lograr la compatibilización objetivo en tiempo real.

- El nivel de detalle mínimo solicitado para todo el diseño es de LOD350, a fin de permitir detectar superposiciones que pudiesen presentarse entre los diseños de las diferentes especialidades.
- El proyecto deberá contemplar la Normativa ISO 19650 y desarrollo de la metodología BIM, además deberá tomarse en cuenta lo mencionado en el BIM Forum del 2020 (<https://bimforum.org/lof/>).

Figura 23. Información insuficiente para la implementación BIM

Tomado de Gobierno Regional de Ayacucho (2022) Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Pampas.

Finalmente, este grupo de TDR deja sin sentido la generación de dibujos a partir de los modelos 3D al establecer, basándose en el BIM *Forum* del 2020, un LOD mínimo de 350. Para empezar, el documento de referencia no establece el nivel de detalle requerido para todos los diferentes elementos que posee un puente.

1. **Modelación BIM**
Los diseños de todas las especialidades deberán ser elaborados en 3D, integrados con un software de alta tecnología y lograr la compatibilización objetivo en tiempo real.
 - El nivel de detalle mínimo solicitado para todo el diseño es de LOD350, a fin de permitir detectar superposiciones que pudiesen presentarse entre los diseños de las diferentes especialidades.
2. **Coordinación con metodología BIM de todas las especialidades.**
Se deberá considerar el siguiente alcance:
 - Reuniones de Coordinación entre especialistas
 - Detección y Reportes de Colisiones/Conflictos
 - Coordinación de cambios constructivos y ajustes del modelo.

Figura 24. Requerimiento de nivel de detalle

Tomado de (2022) Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Pampas.

Por ejemplo, en el caso de realizar un puente de concreto armado para las zapatas o encepados podría usarse bien el inciso de A1010 21-01-10 10 *Standard Foundations* o usar el inciso A1020 21-01 10 20 70 *Pile Cap*. Ahora bien, indistintamente de la elección del equipo de ejecución, no podrá generarse un modelo que posea las características necesarias para la construcción, ya que el LOD solicitado es el 350 cuando debió ser el 400 pues es este el que dota al modelo un detalle ingenieril básico en el armado de acero para generar planos.

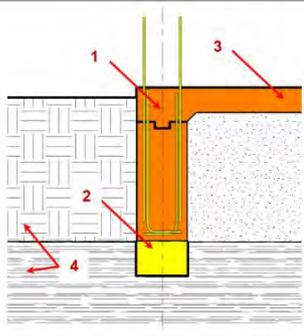
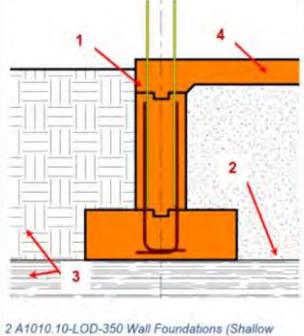
<p>350</p> <p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Water stops Pour joints and sequences required to identify reinforcing lap splice, scheduling, etc. Chamfer <p>Image Notes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grade beam sizes are modeled with interfaces to other systems such as but not limited to slab turn downs, key-ways between concrete pours, construction joints and reinforcing dowels into adjacent pours. Interface elements such as void boxes or critical bearing zones are modeled where applicable. See slab on grade ((A4010, A4020) for related conditions at this LOD. Geotechnical regions are shown for context and not required to be modeled as part of this element at this LOD. 	 <p>8 A1020.80-LOD-350 Grade Beams, From lkerd.com</p>	<p>350</p> <p>Element modeling to include:</p> <ol style="list-style-type: none"> Location of sleeve penetrations Pour joints Chamfer Moisture retarder Dowels All exposed embeds or reinforcement such as lintels Expansion joints Geotechnical Bearing Strata is modeled from geotechnical report estimates. <p>Image Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Grade beam sizes are modeled with interfaces to other systems such as but not limited to slab turn downs, key-ways between concrete pours, construction joints and reinforcing dowels into adjacent pours. Bearing elevation is modeled from the geotechnical report with the addition on interface elements such as void boxes where applicable. Geotechnical regions are shown for context and not required to be modeled as part of this element at this LOD. See slab on grade for related conditions at this LOD. 	 <p>2 A1010.10-LOD-350 Wall Foundations (Shallow Foundations), From lkerd.com</p>
---	--	--	---

Figura 25. Muestra el contenido de información gráfica de LOD 350 de zapatas de pilares y de una cimentación estándar Tomado de BIM FORUM (2020) Level of development (LOD) specification part 1 & Commentary.

Otro ejemplo se muestra al comparar el LOD 350 con el LOD 400 de los pilotes. Con el LOD requerido por la entidad no es posible cuantificar el peso de acero que contiene el elemento y tampoco es posible extraer planos del detalle del armado de acero. Mientras que el LOD 400 presenta mayor información en cuanto el armado de acero y también a detalles constructivos.

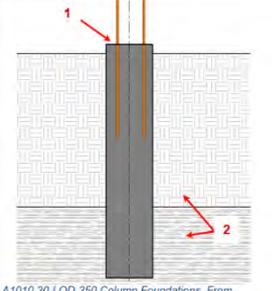
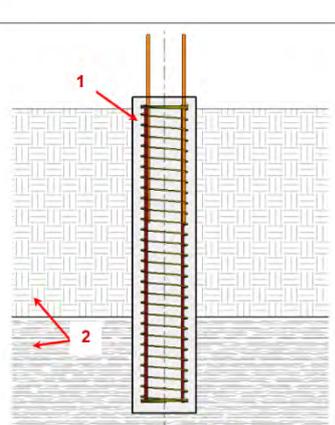
LOD 350		LOD 400	
<p>350</p> <p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Actual Top of Pier (TOP) and expected Bottom of Pier (BOT) modeled per engineer's review of site conditions Foundation dowel locations and anchor rods if applicable. <p>Image Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pier sizes are accurately modeled with interfaces to other systems such as but not limited to slab turn downs, key-ways between concrete pours, construction joints and reinforcing dowels into adjacent pours. Geotechnical regions are shown for context and not required to be modeled as part of this element at this LOD. 	 <p>4 A1010.30-LOD-350 Column Foundations, From lkerd.com</p>	<p>400</p> <p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Depth to bearing stratum Penetration into bearing stratum Locations of lap splices Rebar including hooks and lap splices Dowels Pier sled or Pier wheel for side clear cover Pier bolster for bottom clear cover <p>Image Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pier modeling is developed to include all fabrication content that is part of the element. Geotechnical regions are shown for context and not required to be modeled as part of this element at this LOD. Pier sled, pier wheel, pier bolsters and other related items are not shown in image for clarity. 	 <p>From lkerd.com</p>

Figura 26. Comparación de LOD 350 vs LOD 400 de la información requerida para los pilotes Tomado de BIM FORUM (2020) Level of development (LOD) specification part 1 & Commentary.

Todo lo mencionado anteriormente no solo son potenciales causantes de controversias, sino que también retrasan el proceso de adopción BIM entre los involucrados del proyecto, ya que frente a la omisión de detalles imprescindibles para una adecuada aplicación BIM y la falta de verificaciones del proceso de producción del consultor cabe la posibilidad de que la parte designada principal opte por volver a realizar procesos tradicionales para poder realizar los entregables planteados en los TDR.

Sobre el grupo 3, se menciona de diferentes maneras la necesidad de realizar un modelo virtual de manera ambigua. Ello no representa a BIM como un modelado de la construcción. Esto se evidencia al observar que solo una de las actividades de la GI puede ser cumplidas (la de mejor entendimiento del proyecto), lo que genera un porcentaje de cumplimiento general de 6% y un cumplimiento del 25% en el beneficio de la disminución de desperdicio de material.

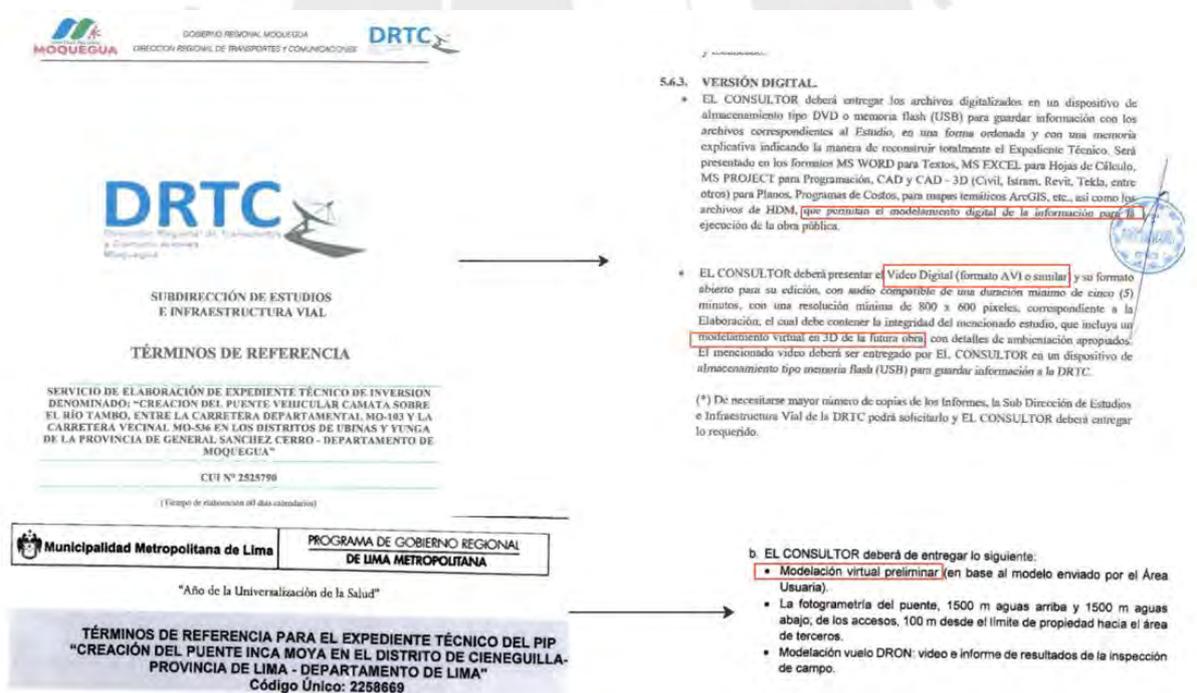


Figura 27. Formas diferentes de solicitar modelos 3D en TDR

Tomado de Subdirección de estudios e infraestructura vial (2023) Creación del puente vehicular Camata y de la Municipalidad Metropolitana de Lima (2020) Creación del puente Inca Moya.

Capítulo 6: Diagnóstico de la implementación BIM en el proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Óvalo los Libertadores – Puente Costanera – Nodo Versalles” en las etapas de diseño y construcción

6.1. Evaluación de la aplicación BIM en los TDR para la etapa de diseño

Tras la revisión y análisis del contexto peruano de la implementación BIM en los TDR de puentes para el ET se vio necesario también analizar las bases del proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Óvalo los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versalles” tanto para el desarrollo del ET y la ejecución física del proyecto. Ello con el fin de saber si se solicitó BIM dentro de estos documentos y, de ser el caso, qué y cómo se solicitó.

El proyecto al ser parcialmente financiado por el Banco Mundial presenta el pedido de propuestas “PP No. 001-2015-COPESCO-PRODER” en el que se encuentran los términos de referencia para el desarrollo del ET del proyecto en mención. En este se establecen criterios y normativas para el desarrollo de los estudios que tienen como objetivo el mejoramiento de la superficie de rodadura y el trazado de la vía.

De la revisión efectuada se observa que no se solicitó BIM para la elaboración del expediente. Uno de los factores probablemente sea debido al año de la creación: 2015, pues en ese año aún no existían dispositivos normativos que promuevan el uso de la metodología BIM. Sin embargo, entre los requerimientos se solicita la visualización 3D de la micro simulación por lo que se consideró razonable colocar el uso BIM de visualización 3D. Por otro lado, los TdR presentan el porcentaje mínimo establecido de 50% de cumplimiento con respecto al Anexo E (Tabla 15).

Tabla 15 Análisis de cumplimiento de TDR del proyecto con el Anexo E de la GNB

VIA_EXPRESA	
Datos de la inversión	
CUI o código de la inversión	-
Nombre de la inversión	-
Localización	-
Descripción del objetivo de la inversión	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0
Institucionalidad	
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-
Unidad Formuladora	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-
Unidad Presupuestal	-
Responsabilidad funcional de la inversión	
Requisitos de información	
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1
Requisitos de seguridad de la información	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0
Entregables de la información del proyecto	1
Indicadores de rendimiento	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1
Normas de información	
Normas para la gestión de la información	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1
Métodos y procedimientos de producción de información	
Funciones de gestión de la información	
Información de referencia y recursos compartidos	1
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0
Porcentaje de cumplimiento	50%

Nota. Elaboración propia.

Tabla 14 Cuadro de análisis de aplicación BIM

ENTIDAD RESPONSABLE	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
PROGRAMA DE DESARROLLO REGIONAL CUSCO (PRODER)	TERMINOS DE REFERENCIA Elaboración del Expediente Técnico – Estudios Definitivos Proyecto Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad del Cusco: Ovalo Libertadores Puente Costanera Nodo Versalles Cod. PIP 245953		2015 / 240 d.c	-	-	e	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Las visualización 3D se solicitan para la micro simulación

Nota. Elaboración propia.

6.2. Evaluación de la aplicación BIM en los TDR para la etapa de construcción

Por otro lado, se revisó la “Solicitud de ofertas para la contratación de obras” el cual fue elaborado en base del “Documento Estándar de Adquisiciones para la Contratación de Obras”. Este presentaba 3 partes y 10 secciones las cuales tenían sus propios incisos. Se muestra a continuación lo más resaltante del presente documento en cuanto a la solicitud de información al postor:

- Parte 1: Procedimientos de selección
 - Sección 1 Instrucciones a los licitantes: En esta sección se especifica lo establecido para determinar el cumplimiento de las ofertas y el planteamiento de la evaluación de ofertas. Asimismo, se muestra el criterio de comparación de ofertas en la que se establece que se compararán los costos de las ofertas y se determinará el menor.

Por otro lado, se establece que para contar con la entera aprobación del contratante la oferta debe presentar el costo más bajo y una propuesta adecuada en respuesta del documento de licitación. La oferta que cumpla con estos dos criterios será llamada oferta más ventajosa.
 - Sección 3 Criterios de Evaluación y Calificación: Los criterios a ser evaluados por el contratante son la actualización de los documentos de elegibilidad, litigios pendientes de resolución, situación financiera, personal clave y subcontratistas especializados. Además, si el contratante considera necesario podrá solicitar a los licitantes una Mejor Oferta Financiera (MOF).

- Parte 2: Requisitos de las obras
 - Requisitos de las obras. Esta sección del documento es destinada a presentar a los licitantes todos los estudio a realizar en la etapa de diseño. Inicia presentando el resumen ejecutivo y después anexa especificaciones, planos e información complementaria. Asimismo, enfatiza la importancia de la inclusión de especificaciones referidas a normas o políticas ambientales, sociales y de seguridad y salud en el trabajo.

Luego de la revisión del documento, se evidenció la falta de inclusión BIM. Sin embargo, ello no quiere decir que el postor ganador no haya implementado o al menos un uso BIM. De hecho, durante la ejecución de la obra se solicitó el servicio de ACEDIM a Aceros Arequipa para ciertas infraestructuras por lo que se realizó el modelamiento y detallado de acero de refuerzo de estas obras. Estos modelos; no obstante, solo estaban disponibles para la visualización a través de *Trimble Connect*.

En cuanto a modelos producidos por los involucrados principales del proyecto tanto el contratista y la entidad desarrollaron modelos 3D en los que se aplicaron los usos BIM de la visualización 3D y la estimación de cantidades. Este último uso fue determinante para la aprobación de las valorizaciones; así como, en la coordinación entre el consultor y el contratista para la determinación del metrado real del proyecto.

Sin embargo, estas aplicaciones no se encuentran dentro de un documento que precise la manera en la que se empleará BIM. Es decir, no se creó un PEB o al menos no contractualmente, lo que ocasionó que los diversos interesados creen modelos 3D independientemente.

Por otro lado, la creación de estos modelos y las aplicaciones mencionadas durante la construcción no eximieron al proyecto de problemas como interferencias e incompatibilidades que fueron ocasionadas por deficiencias del ET.

6.3. Incompatibilidad e interferencia encontradas en la ejecución de obra del puente Costanera 2

Las prestaciones adicionales son aquellas entregas de activos o servicios que no estaban contemplados en los contratos, bases, etc (Plataforma digital única del Estado Peruano,2023). Por ejemplo, estos pueden ser generados por deficiencias en los documentos del ET; es decir, “...cuando los documentos que lo componen no cumplen con definir adecuadamente las características, alcance y la forma de ejecución de la obra, así como tampoco describen adecuadamente las condiciones del terreno” (Programa Nacional de Infraestructura Educativa [PRONIED], 2015, p.3). Estas deficiencias pueden ser catalogados en 3 tipos (Benavides,2020):

- Interferencia: cuando los elementos constructivos colisionan entre sí o con infraestructuras existentes.
- Omisiones: ocasionadas cuando hay falta de información para la construcción y, por lo tanto, para el correcto funcionamiento del activo
- Errores: se suscita cuando la información presentada en el ET no garantiza el adecuado funcionamiento de la inversión una vez que se construya.

Por otro lado, según la Ley de Contrataciones del Estado también considera como posibles causas de prestaciones adicionales "...las situaciones imprevisibles posteriores al perfeccionamiento del contrato y por causas no previsibles en el ET de obra y que no son responsabilidad del contratista" (2019, p.9). Estas últimas causas al no poder preverse no constituyen una deficiencia en el ET siempre.

En el caso del puente Costanera 2 presentó interferencias e incompatibilidades que retrasaron el avance físico del proyecto. Por ejemplo, una incompatibilidad fue la mencionada por el contratista en la carta "Carta N°129-22-CGCC/COPESCO" y respondida por el consultor mediante la "J3D166-LT-206-2022". Tras la revisión de la mencionada incompatibilidad entre la superestructura con el estribo izquierdo y derecho se concluyó que el problema se resumía en que los apoyos de neopreno del estribo izquierdo estaban desalineados respecto a las vigas postensadas, lo que se solucionó generando otro alineamiento de los topes sísmicos y las vigas postensadas.

Por otro lado, también se tuvo problemas de interferencias. La más perjudicial para la construcción del puente fue la interferencia de las zapatas con una tubería de agua de 700mm. Esta tubería alimentaba de agua potable a varios sectores de la ciudad del Cusco, por lo que procurar su funcionamiento es indispensable. Por ello, solucionar esta interferencia supuso el rediseño del puente por un monto de S/ 70,504.00 según lo definido en la carta J3D166-LT-253-2022 y Carta N° 180-22-CGCC/COPESCO.

La no previsión de dicho problema fue producida principalmente por la unión de omisión de buenas prácticas de validación de la información de terceros recibida por parte del proyectista y la desactualización de la información por parte de la concesionaria, pues se elaboraron los diseños considerando la información desactualizada de la ubicación de las redes de tuberías de agua entregada por SEDACUSCO al proyectista.

Este problema pudo haberse previsto realizando inspecciones en zonas clave de la zona del proyecto para confirmar la existencia de estas redes y también aplicando usos BIM como la visualización 3D, coordinación de la información y detección de interferencias para poder facilitar el proceso del levantamiento de interferencias. En el capítulo 9, se muestra cómo herramientas BIM como Trimble Connect y Tekla facilitan el proceso mencionado anteriormente.

Capítulo 7: Proceso de elaboración y validación del Plan de Ejecución BIM

7.1. Alcance y objetivos

El análisis y revisión realizado por los expertos se centró en el contenido del PEB. Por ello, las observaciones resultantes se enmarcaron en los diferentes incisos planteados en el documento en mención. Además, en cuanto la cantidad de expertos, debido a que no existe alguna recomendación o regla a cerca de la cantidad mínima de entrevistados se estableció un número mínimo de 8 entrevistados en base a lo propuesto por Hallowell y Gambatese: *“Since most studies incorporate between eight and 16 panelists, a minimum of eight is suggested* “[desde que la mayoría de los estudios incorporan entre ocho a 16 panelistas el mínimo sugerido es de ocho] (2010, p.6).

Por otro lado, el objetivo principal de la validación es poder unificar las mejores prácticas de la GI para la elaboración de un ET de puentes con BIM; así como, complementar lo propuesto en el PEB con las observaciones y punto de vista de los entrevistados. Asimismo, se busca conocer cómo se lleva a la práctica lo propuesto por la GNB y qué oportunidades de mejora se debería tomar en cuenta al implementar BIM en los proyectos públicos en la etapa de diseño.

7.2. Metodología para la obtención del PEB validado

El proceso para obtener el PEB validado de la investigación se divide en 3 etapas. La primera se basa en establecer un PEB inicial de acuerdo a la información recabada de la GNB y otros recursos importantes, luego el siguiente paso se centra en validar el documento mediante entrevistas a profundidad. Finalmente, se modificará el PEB con las observaciones realizadas y buenas prácticas que los investigadores identificaron en el sector privado. Todo ello, dará como resultado el PEB validado.

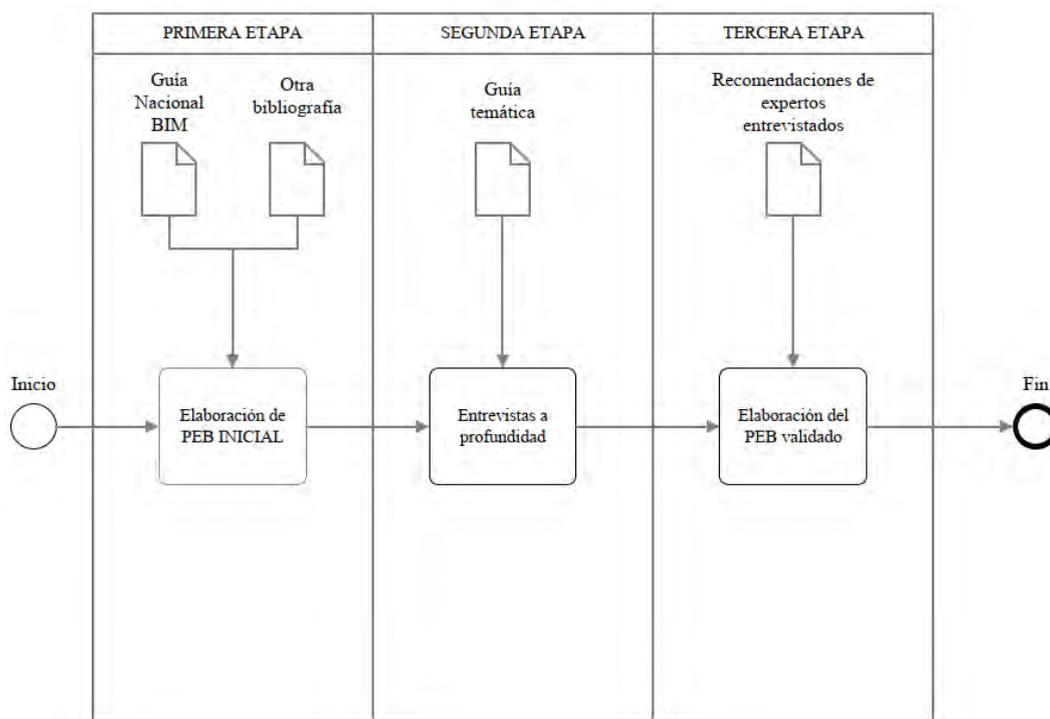


Figura 28. Proceso de creación del PEB validado

Elaboración propia

Respecto a la segunda etapa, la validación fue realizada por medio de entrevistas, las cuales se fundamentaron en la técnica de las entrevistas a profundidad, ya que con esta técnica de investigación cualitativa se puede ofrecer un mejor entendimiento de las ventajas y desventajas de una implementación BIM (Min-Ho et al., 2022). En estas se establecen reuniones presenciales o virtuales entre el entrevistado y el entrevistador con el fin de

conseguir, a través de preguntas, la información deseada (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa, [SINEACE] 2020).

De manera más precisa se podría catalogar a las entrevistas realizadas como entrevistas abiertas, pues para realizarlas se elaboró una guía temática según el tipo de validador, la cual era dirigida por los entrevistadores según la disponibilidad del entrevistado; es decir, brindando a las entrevistas la flexibilidad necesaria para poder satisfacer los objetivos de la validación. (Hernández et al., 2014).

7.3. Tipos de expertos

El enfoque seguido para la elección de los participantes fue la de muestreo propositivo, en la que se seleccionaron a los validadores de acuerdo a la información potencial que podían ofrecer a cerca de los temas de interés (SINEACE, 2020). Por ese motivo se establecieron 3 tipos de validadores que se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 16 *Tipos de expertos para las entrevistas a profundidad*

TIPOS DE EXPERTOS BIM		
Expertos BIM afines a la construcción en general (E.B.C.G)	Campeones BIM en el ámbito público(C.B.P)	Expertos BIM con experiencia en puentes (E.B.E.P)
Desempeñaron funciones de gestor o coordinador BIM, jefe de equipo BIM o son gerentes de empresas del sector de la construcción que implementan BIM	Profesionales con capacidades técnicas y teóricas (Azzouz, A., 2017) que lideran, forman o formaron parte de equipos que implementan BIM dentro de procesos públicos.	Son profesionales que aplicaron BIM en proyectos de puentes durante más de 10 años.

Nota. Elaboración propia.

Para la investigación se contó con un total de 9 expertos, los cuales fueron evaluados en base a los años de experiencia que poseen aplicando BIM en el sector privado, en el sector público y aplicando BIM para el desarrollo de puentes. De esa manera, se observó en cuáles de los tres campos los expertos poseían mayor experiencia y de acuerdo a ello se los clasificaba. El resultado de la tabla se presenta a continuación.

Tabla 17. Evaluación de expertos en base a años de experiencia aplicando BIM

CALIFICACIÓN DE EXPERTOS EN AÑOS APLICANDO BM								
EXPERTOS	BIM EN SECTOR PRIVADO		BIM EN SECTOR PÚBLICO		BIM APLICADO A PUENTES		EXPERIENCIA TOTAL	TIPO DE EXPERTO
	FUNCIONES	EXPERIENCIA	FUNCIONES	EXPERIENCIA	FUNCIONES	EXPERIENCIA		
Johnny Monges	Consultor BIM, Jefe de Equipo BIM, Analista Senior	16	-	-	-	-	16	Experto BIM afines a la construcción en general
Felipe Quiroz	-	-	Presidente Comité BIM	1	Director BIM/VDC	13	14	Experto BIM con experiencia en puentes
Renzo Rios	Coordinador e ingeniero BIM, Desarrollador de software	10	-	-	-	-	10	Experto BIM afines a la construcción en general
Gino Fernandez	Arquitecto Consultor	1	Lider de equipo del Plan BIM Perú, Arquitecto.	7	-	-	8	Campeón BIM en el ámbito público
Kevin Vega	Coordinador BIM	8	-	-	-	-	8	Experto BIM afines a la construcción en general
Diego Acevedo	Coordinador BIM	2	Coordinador BIM	3	-	-	5	Campeón BIM en el ámbito público
Alonso Urbina	Gerente de ingeniería	5	-	-	-	-	5	Experto BIM afines a la construcción en general
Frank Chuquin	-	-	Especialista BIM en obras civiles y gestor de proyectos	4	-	-	4	Campeón BIM en el ámbito público
Danny Murguía	Coordinador BIM	3	Miembro Fundador del Comité BIM	-	-	-	3	Experto BIM afines a la construcción en general

Nota. Elaboración propia.

7.4. Resultado de las entrevistas a profundidad

Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución

En primer lugar, se aprecia que los Expertos BIM afines a la Construcción en General (EBCG) recomiendan que dentro del equipo de ejecución debe existir un especialista BIM que instruya, colabore y se encargue de la GI. Por otro lado, el Experto en BIM con Experiencia en Puentes (EBEP) establece que se debería evitar la aplicación de los roles BIM que dispone la GNB, pues de aplicarse la GI con BIM solo sería exclusivo de un área, mas no de todo el equipo. Asimismo, la GNB establece que los roles BIM “(...) no definen una nueva disciplina o un nuevo” (2023, p.62). En segundo lugar, tanto los EBCG como los CBP recomiendan la necesidad de detallar a los participantes del equipo consultor y de la Entidad, pues de esa manera se muestra que la GI es un trabajo de todos y no solo del postor ganador (G. Fernandez, entrevista, 2022). Además, se recomendó establecer actividades generales con el fin de tangibilizar la relación entre los cargos tradicionales y sus responsabilidades con respecto a la GI con BIM. Como resultado de todo lo anterior, se dejó de asumir como cargos a aquellos roles presentados por la GNB, lo que ocasionó que se muestre en el organigrama cargos afines a los que se necesitan para la elaboración de un ET para construir un puente vehicular. Sin embargo, se mantuvo un cargo que guarda relación a la implementación de BIM en el proyecto. Esta acción se consideró oportuna, ya que este será encargado de que todo el equipo de proyecto incluya BIM dentro de sus procesos de elaboración de la información, lo que generará que todos los involucrados adopten BIM y conozcan sus potencialidades al ser incluidos dentro del proceso. Además, se estableció una matriz de asignación de responsabilidades (Matriz RACI) que establece las relaciones de cada participante con las actividades y subactividades pertinentes que la GNB propone.

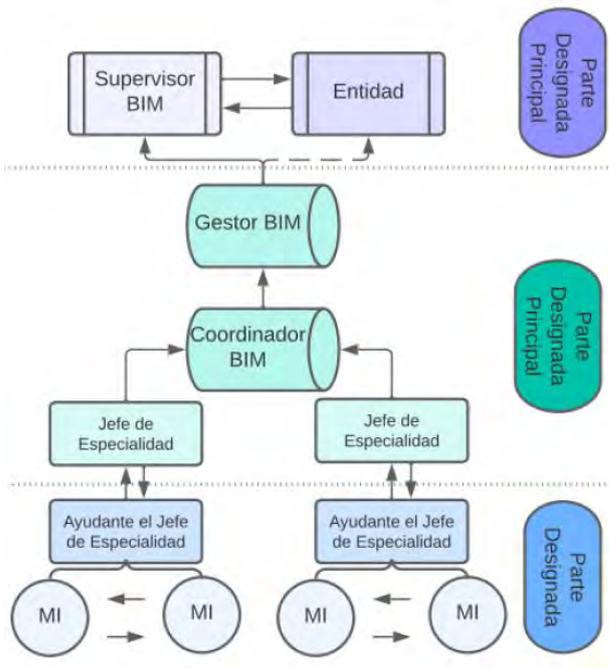


Figura 29. Organigrama antes de las entrevistas
Elaboración propia

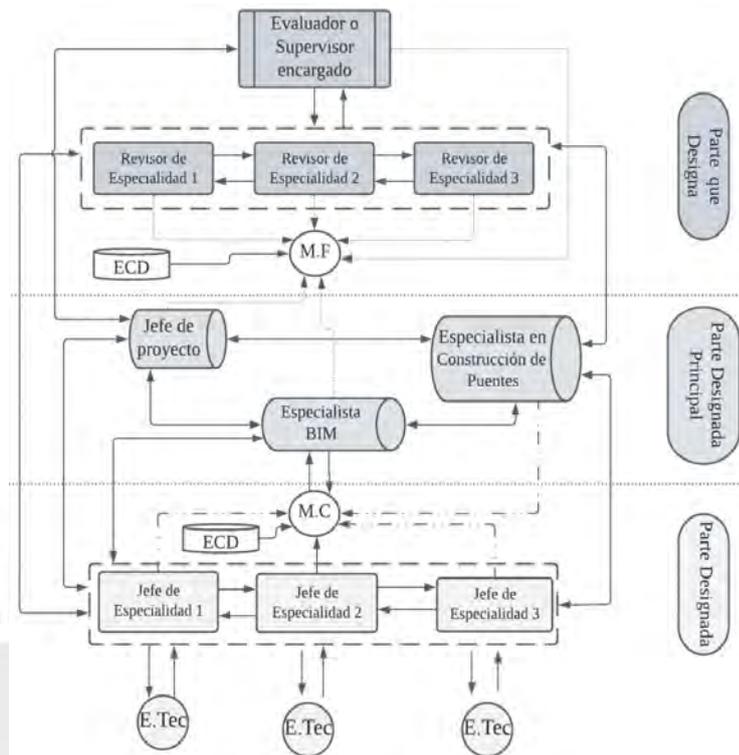


Figura 30. Organigrama después de las entrevistas
Elaboración propia

Tabla 18. Matriz RACI implementada en el PEB validado

PROCESO DE LA G.I	ACTIVIDADES	JEFE DEL PROYECTO	EQUIPO TÉCNICO	ESPECIALISTA BIM	JEFES DE ESPECIALIDAD	REVISORES DE LA ENTIDAD	EVALUADOR DE LA ENTIDAD
Contratación o Designación	Actualizar el Plan de Ejecución BIM con el fin de crear un PEB definitivo.	I, A	R	R, C	R	-	-
	Validar junto con la parte designada el PEB definitivo, en esta se afirmarán los procesos, tecnologías y participantes en la elaboración de la información	I, A	R	R, C	R	I, A	I, A
	Crear una matriz en la que se muestren las responsabilidades que tendrá el equipo de ejecución a lo largo de la gestión de la información.	I, A	R, I	R, C	R, I	I, A	I, A
	Evaluar las aptitudes y capacidades de los equipos de trabajo.	I, A	I, C	R	I, C	I, A	I, A
	Realizar los EIR propios de la empresa consultora necesarios para producir los modelos. Así como los MIDP y TIDP.	I, A	R	R, A	R, I	I, A	I, A

Nota. Elaboración propia.

Lista de recursos informáticos necesarios

Para empezar, el EBEP recomienda el uso del programa Tekla *Structures* para el modelamiento para la ingeniería de detalle en puentes en general, pues la gestión y livianez de los archivos representan una ventaja en la rapidez de colaboración y producción sincrónica del modelo. Por otro lado, los EBCG precisan que para la elaboración de los estudios de infraestructura se requiere de programas más especializados y con la capacidad de leer información más compleja, por lo que procurar un EDC capaz de leer y mostrar toda la información producida es esencial. Finalmente, los CBP consideran importante en que los programas estén asociados a un uso BIM y también presenten una explicación del porqué se hará uso del programa seleccionado. Asimismo, precisan la importancia de que los programas seleccionados posean la capacidad de interoperar mediante archivos OpenBIM. Todas las recomendaciones se observan aplicadas en la tabla presente.

Tabla 19 *Tabla de recursos informáticos después de las validaciones*

USOS BIM	SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN
Visualización 3D	Tekla, Infraworks, Civil 3D	Permite generar un modelo 3D útil para el entendimiento del proyecto
Detección de interferencias e incompatibilidades	Trimble connect	Permite detectar interferencias del modelo federado
Planificación de la fase de ejecución	Synchro 4D	Permite planificar de manera gráfica las futuras actividades de ejecución
Estimación de cantidades y costos Elaboración de documentación	Tekla- Ms Project- Excel	Permite la gestión de contrato, presupuestos, ordenes de cambio y otros documentos
Coordinación de la información	Trimble Connect u otro similar	Permite ver, descargar, publicar marcas de revisión, cargar y editar modelos de información en tiempo real
Levantamiento de condiciones existentes Análisis del entorno físico	ReCap. Civil 3D	Permite procesar las fotografías hechas por drones para crear una nube de puntos que conformen un 3D de las condiciones existentes.
Evaluación de sostenibilidad	SimaPro u otro similar	Permite cuantificar futuras emisiones de CO2 equivalentes liberadas

Nota. Elaboración propia.

Propuesta de indicadores de rendimiento

En primer lugar, el EBEP recomendó incluir el plan de porcentaje completado (PPC) medido en función de entregables; los CBP, el costo ahorrado por levantamiento de interferencia y el tiempo destinado a resolver una interferencia; los EBCG, el porcentaje de personal que asistió a la sesión ICE. En segundo lugar, los EBCG precisaron que, si bien es importante establecer indicadores, lo es también definir un valor meta y un plan de acción en caso no se llegue a cumplir este valor. Finalmente, uno de los expertos establece que los indicadores deben buscar medir la producción de buena ingeniería (D. Murguia, entrevista, 2022). Para conseguir ello, se establece que al igual que el costo y tiempo, la calidad resulta ser un factor imprescindible para el desarrollo de una infraestructura (Abas et al., 2015). De hecho, Adenuga (2013) define la calidad como la capacidad de los productos y procesos de satisfacer los requerimientos dispuestos. Asimismo, este factor también resulta ser un parámetro importante para relacionar el tiempo y costo de un proyecto (Wenfa, h. y Xinhua, H., 2014). Al ser un factor tan importante se determinó que los aspectos que más la afectan son la mejora continua, el trabajo colaborativo, la habilidad técnica del personal, certificación ISO y el área de procura del constructor (Abas et al., 2015). En base a los tres primeros aspectos y las recomendaciones hechas se incluyeron los indicadores que se observa en la siguiente imagen:

Tabla 20 Indicadores de rendimiento antes de las entrevistas

Nombre del indicador	Método de cálculo	Objetivo del indicador	Frecuencia
% de Interferencias en el diseño	(Cantidad de interferencias detectadas / metros cuadrados analizados) *100	Mapear las interferencias durante el diseño del proyecto	Semanal
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	(Cantidad de interferencias resueltas en la sesión ICE / cantidad de interferencias a ser resueltas en la sesión ICE) *100	Mapear la eficiencia de las reuniones ICE	Cada sesión ICE
% personas claves que asistieron a la sesión ICE	(Cantidad de personas claves que asistieron a la sesión ICE / cantidad de personas claves que debieron asistir a la sesión ICE) *100	Mapear el compromiso de las personas claves en las sesiones ICE	Cada sesión ICE
% del plan completado (PPC)	(Cantidad de compromisos cumplidos / Cantidad de compromisos pactados) *100	Medir el compromiso de los involucrados en la ejecución de sus actividades, considerando solo avances que cumplen o superaron el planificado	Semanal
% del trabajo completado (PWC)	(Suma del grado de cumplimiento de compromisos / Suma de compromisos pactados) *100	Medir el compromiso de los involucrados, considerando todo tipo de avances	Semanal
% del cumplimiento de restricciones (PCR)	(Restricciones liberadas / restricciones pactadas) *100	Medir el compromiso de los involucrados en el levantamiento de restricciones, las cuales son necesarias para el flujo continuo de trabajo	Semanal
Causas de no cumplimiento (CNC)	Identificar y medir la incidencia de cada causa de no cumplimiento	Identificar las principales razones de no cumplimiento de las actividades	Quincenal

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21 Indicadores de rendimiento después de las entrevistas

INDICADOR	MÉTODO DE CÁLCULO	OBJETIVO DEL INDICADOR
# observaciones por cada especialidad	# observaciones de especialidad	Conocer cuál es la especialidad que está teniendo más observaciones en la revisión de cada entregable por la Entidad.
% desviación del plazo del diseño de cada especialidad	(# días planificados para presentar entregable según el cronograma del plan de trabajo / # días reales para presentar entregable) *100	Detectar si las especialidades cumplen con los entregables dentro del plazo de entrega según el cronograma planificado.
% del plan completado (PPC)	(# entregables cumplidos / # entregables contractuales) *100	Medir la eficiencia y eficacia de los especialistas en el diseño de especialidades.
% personal que asistieron a la sesión ICE	(# personas claves que asistieron a la sesión ICE / # personas claves que debieron asistir a la sesión ICE) *100	Mapear el compromiso de las personas claves en las sesiones ICE. Solo se invitará a las personas cuya especialidad sea necesaria para resolver la interferencia.
# días de anticipación envío de la agenda para la sesión ICE	# días de anticipación en el envío de la agenda para la sesión ICE	Permitir que los especialistas se informen días antes sobre los temas a tratar en la sesión, para que den una solución más rápida durante la sesión ICE.
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	(# interferencias resueltas en la sesión ICE / # interferencias programadas a ser resueltas en la sesión ICE) *100	Mapear la eficiencia de las reuniones ICE. Solo se programará una cantidad realista de interferencias que puedan ser resueltas durante una sesión ICE.
Lead time para el levantamiento de interferencias	(Fecha de levantamiento - Fecha de designación de interferencias)	Permite identificar el tiempo destinado a levantar cada interferencia desde la designación de interferencias a los especialistas hasta la solución aprobada.
Costo ahorrado por levantamiento de interferencia	Cuantificar el gasto generado en obra en caso no se hubiese resuelto la interferencia	Permite identificar los beneficios reales de BIM al generar un ahorro en la fase de ejecución física de la obra, aumentando el retorno de la inversión.
Causas de no cumplimiento (CNC)	Identificar y medir la incidencia de cada causa de no cumplimiento	Identificar las principales razones de no cumplimiento de las actividades.

Nota. Elaboración propia.

INDICADOR	FRECUENCIA	VALOR META	RESPONSABLE	PLAN DE ACCIÓN (SI NO SE LLEGA A LA META)
# observaciones por cada especialidad	Semanal	0	Jefe de especialidad y jefe de proyecto	Identificar el tipo de observaciones hechas por parte de la Entidad y el especialista BIM. Si son observaciones respecto al diseño, reevaluar las competencias técnicas del equipo de diseño.
% desviación del plazo del diseño	Semanal	100%	Jefe de especialidad y jefe de proyecto	Identificar si las causas del retraso son atribuibles al diseñador. Analizar en equipo los causantes de dichos problemas y crear compromisos para resarcir los errores cometidos.
% del plan completado (PPC)	Por entregable	100%	Jefe de proyecto	
% personal que asistieron a la sesión ICE	Cada sesión ICE	>=90%	Especialista BIM	Difundir y explicar lo beneficioso que son las sesiones ICE para el diseño. Recalcular acuerdos contractuales afines a la asistencia a las sesiones ICE.
# días de anticipación en el envío de la agenda para la sesión ICE	Cada sesión ICE	<=5 y >=3 Días	Especialista BIM y jefe de proyecto	Organizarse con más días de anticipación para enviar la agenda a tiempo.
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	Cada sesión ICE	>=90%	Especialista BIM	Se averiguará las causas del por qué no se llega al valor meta.
Lead time para el levantamiento de interferencias	De acuerdo al caso de la interferencia	No críticos : >= 2 d.c Críticos : >= 5 d.c Muy Críticos : >= 7 d.c	Especialista BIM y Jefe de especialidad	Se recopilarán los motivos por los que no se está llegando al valor meta. A partir de estos se ejecutarán acciones más precisas.
Costo ahorrado por levantamiento de interferencia	De acuerdo al caso de la interferencia	100% de mapeo de los costos evitados por interferencia	Especialista BIM y Jefe de especialidad	Se definirán cuáles son las interferencias más influyentes para el BIM ROI. De estas todas deben estar mapeadas.
Causas de no cumplimiento (CNC)	Quincenal	100% de las CNC internas y con la entidad	Especialista BIM y Jefe de especialidad	Precisar que es necesario para agilizar la curva de aprendizaje y rastreo del rendimiento del equipo. Recalcular acuerdos contractuales afines.

Estrategia de coordinación, producción y entrega de información.

En primer lugar, los CBP y el EBEP precisan la necesidad de que exista compatibilidad entre los procesos de la producción y coordinación BIM con los entregables contractuales propuestos en los TDR. Los primeros recomiendan mostrar la información necesaria para la producción de la información que los estudios de las especialidades realizan, mientras que el segundo experto menciona que el proceso de producción, coordinación y entrega debe guardar relación con los entregables contractuales. En segundo lugar, los EBCG enfatizan la necesidad de que los procesos sean iterativos y que estos se enfoquen en la reducción del tiempo de respuesta entre las diferentes partes del equipo del proyecto. Al incluir estas recomendaciones en el PEB inicial, se define mejor las actividades a realizar lo que permite a los involucrados tener una idea general de la implementación BIM y saber cómo se irá desarrollando conforme los estudios técnicos se realicen. Asimismo, permite establecer una propuesta ordenada, razonable y verificable de la información desde etapas tempranas. En la figura de abajo se aprecia el contraste entre un proceso para la GI general y sin relación a la elaboración de un ET de un puente mientras que en el “después” se observa la ausencia de logos de softwares y la inclusión progresiva de los estudios de para la construcción del puente como entradas para la elaboración de modelos de información con BIM.

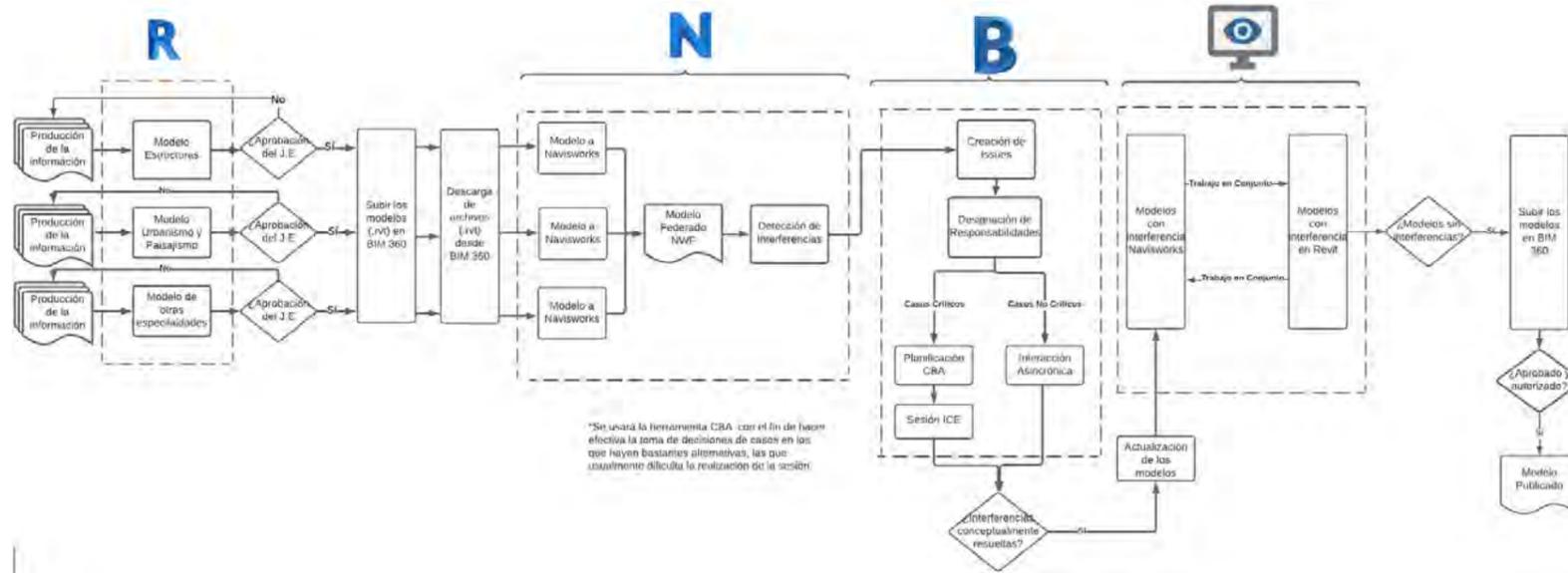


Figura 31. Proceso de Estrategia de producción y federación de la información antes de las entrevistas

Elaboración propia

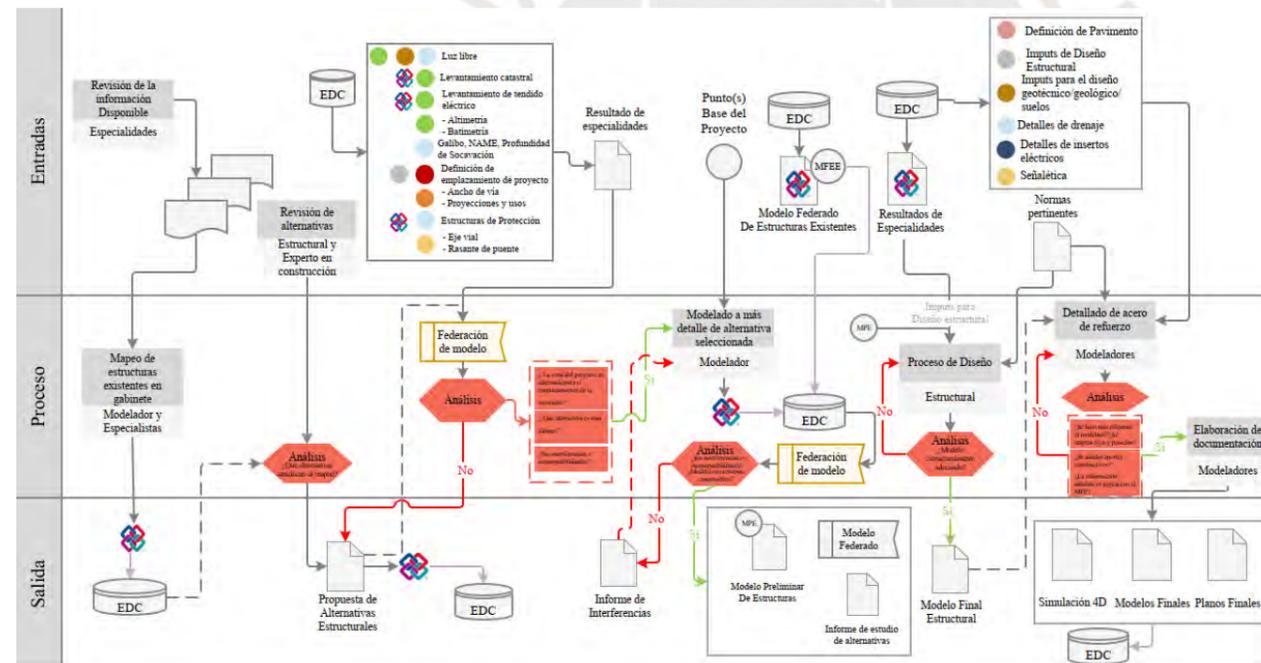


Figura 32. Proceso de producción de la información de ingeniería a detalle después de las entrevistas

Elaboración propia

Recomendaciones con menos incidentes

En cuanto al plan de movilización, los EBCG recomiendan complementar el cuadro existente en el anexo F con un cronograma Gantt que muestre visualmente la propuesta. Por otro lado, estos mismos expertos consideran necesario que se incluyan en las convenciones de identificación a todas las especialidades y que se diferencie de aquella información interna con aquella que puede ser compartida. Además, con respecto a la propuesta de calidad del modelo de información los CBP precisan que no todos los elementos del proyecto deben poseer el mismo LOD y LOI.

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra la incidencia que tuvieron las recomendaciones de los expertos en la modificación del PEB inicial para resultar en el PEB validado.

Tabla 22 *Incidencia de recomendaciones de expertos por incisos*

INCISOS APLICADOS EN EL PEB PROPUESTO	ALTA		
	MEDIA		
	BAJA		
	NINGUNA		
EXPERTO CON EXPERIENCIA EN PUENTES		CAMPEONES BIM EN EL ÁMBITO PÚBLICO	EXPERTOS BIM AFINES A LA CONSTRUCCIÓN EN GENERAL
Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución			
Características de la inversión			
Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución			
Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución			
Estrategia de entrega de Información del E.E			
Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información.			
Proceso de aplicación para cada Uso BIM del proyecto.			
Lista de Recursos informáticos necesarios			
Plan de movilización			
Lista de actividades que conforman la movilización			
Estrategia de entrega y proceso de ingeniería para desarrollar contenedores de información			
Propuesta de modificación o adición de normas de información			
Normas de información			
Convenciones de identificación de contenedores de información			
Propuesta de calidad del modelo de información			
Propuesta de indicadores de rendimiento			
Métodos y procedimientos de producción de información			
Estrategia de coordinación, producción y entrega de información.			
Actividades para la detección y resolución de interferencias			
Tolerancia y evaluación de interferencias			
Requisitos de seguridad de la información			
Nivel de seguridad			

Nota. Elaboración propia.

7.4.3. Discrepancia entre la GNB y el proceso de licitación de SEACE.

En el sector público, para poder concursar en un proyecto que requiere el servicio de consultoría de obras es necesario responder la información que se solicita mediante los anexos establecidos en las bases estándar aprobadas por la Directiva N° 001-2019-OSCE/CD. Entre lo solicitado por estas bases se encuentra la oferta técnica en la cual se solicita que se sustente solo la capacidad técnica y profesional del personal clave y del postor, mas no del personal no clave.

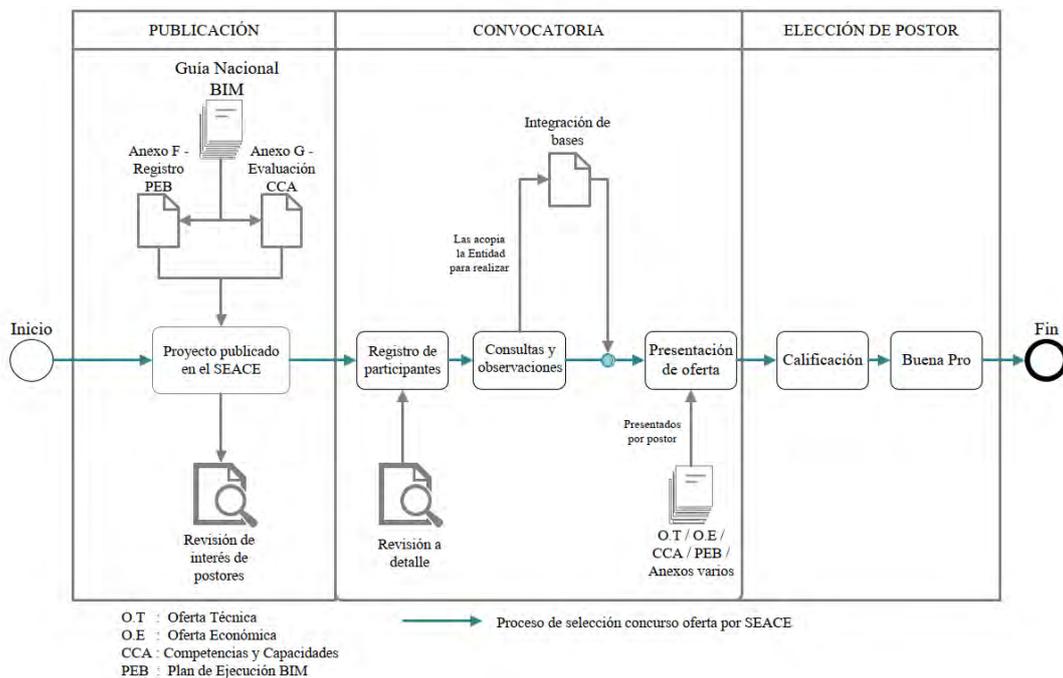


Figura 33. Proceso tradicional de concurso en el SEACE complementado con documentos propuestos por la GNB

Elaboración propia.

En consecuencia, el anexo G – “Registro de evaluación de capacidades y competencias (CCA)” de la GNB no podría ser aplicado de manera correcta, pues de acuerdo a la subactividad 3.3 se debería evaluar a todo el equipo de trabajo. Si se sigue el ejemplo propuesto por la GNB y se entiende por parte designada a aquella que contiene equipos de trabajo (MEF,2023), la evaluación incluiría no solo al personal clave sino también al personal no clave. Es decir, a todo el equipo del consultor o la empresa consultora.

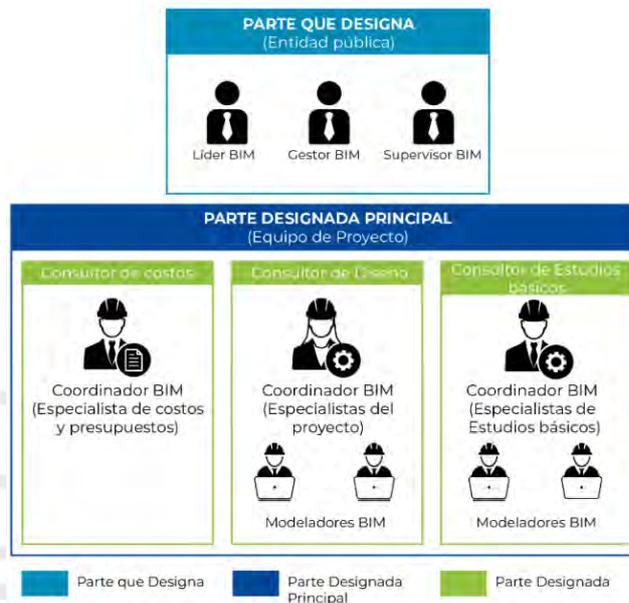


Figura 34. Esquema organizacional de las partes involucradas en la etapa de Elaboración del expediente técnico o documento equivalente

Tomado de MEF (2023) Guía Nacional BIM.

Capítulo 8. Propuesta de PEB definitivo para la fase de elaboración del expediente técnico

Como resultado del proceso de validación por medio de las entrevistas a profundidad se presenta el PEB validado que representa un PEB definitivo. Para elaborarlo se tomó como referencia el anexo F: Registro del PEB que propone la GNB, por lo que se aplicaron incisos y tablas que este anexo propone. A continuación, se presenta el proceso de presentación de los PEB dentro de un proceso de licitación en el SEACE y una comparación de los incisos del anexo F y el PEB validado.

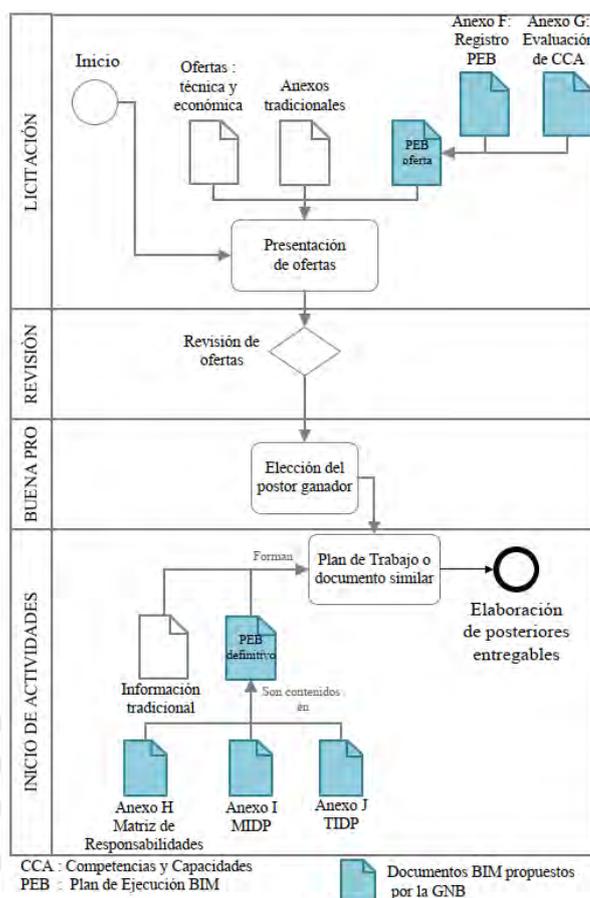


Figura 35. Proceso de licitación hasta el inicio de actividades complementado con documentos BIM de la GNB

Elaboración propia.

Tabla 23. Comparación de incisos entre el anexo F y el PEB validado

INCISOS ORIGINALES DE ANEXO F	INCISOS APLICADOS EN EL PEB VALIDADO
Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución	Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución
Características de la inversión	Características de la inversión
Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución	Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución
Responsabilidades de gestión de la información BIM del equipo de ejecución	Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución
Estrategia de entrega de Información del E.E	Estrategia de entrega de Información del E.E
Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información	Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información.
Estructura organizativa y composición del equipo de ejecución	Proceso de aplicación para cada Uso BIM del proyecto.
Lista de recursos informáticos necesarios	Lista de Recursos informáticos necesarios
Estrategia de Federación	-
Plan de movilización	Plan de movilización
Lista de actividades que conforman la movilización	Lista de actividades que conforman la movilización
Estrategia de entrega del Modelo de Información	Estrategia de entrega y proceso de ingeniería para desarrollar contenedores de información
Propuesta de modificación o adición de normas de información	Propuesta de modificación o adición de normas de información
Normas de información	Normas de información
Convenciones de identificación de contenedores de información	Convenciones de identificación de contenedores de información
Propuesta de calidad del modelo de información	Propuesta de calidad del modelo de información
Propuesta de indicadores de rendimiento	Propuesta de indicadores de rendimiento
Métodos y procedimientos de producción de información	Métodos y procedimientos de producción de información
Estrategia de coordinación entre especialidades	Estrategia de coordinación, producción y entrega de información.
Actividades para la detección y resolución de interferencias	Actividades para la detección y resolución de interferencias
Tolerancia y evaluación de interferencias	Tolerancia y evaluación de interferencias
Requisitos de seguridad de la información	Requisitos de seguridad de la información
Nivel de seguridad	Nivel de seguridad

Nota. Elaboración propia.

Como se mostró en el inciso 3.1.1. Adopción BIM en Gobiernos latinoamericanos el anexo F establece suficientes incisos para la elaboración de un PEB definitivo, por lo que la diferencia con el PEB de oferta será el nivel de detalle que dichos incisos contienen. Es por esa razón que se observa en la tabla mostrada anteriormente que el PEB validado es similar en cuanto a incisos con respecto al anexo F pues solo difiere en 3 incisos. Por un lado, la primera diferencia es la adición del inciso “Proceso de aplicación para cada uso BIM” el cual se extrajo de la guía elaborada por el Penn State *BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2*. Su inclusión fue necesaria porque permite a los involucrados entender e identificar cómo se realizará el intercambio de información entre las diferentes partes a través de cada uso BIM (Messner et. al, 2019). Por otro lado, con el fin de mejorar la continuidad de la información presentada se juntaron los incisos de estrategia de federación y estrategia de coordinación. Como consecuencia se crea el inciso “Estrategia de producción, coordinación y entrega de información” el cual posee flujos que abarcan estas 3 actividades a través de entradas, procesos y salidas. A continuación, se presenta el PEB validado por el trabajo de investigación.

8.1. Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución.

8.1.1. Características de la inversión.

El puente Costanera 2 pertenece al proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Ovalo Los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versailles”. Este puente está ubicado en el km 6+180 de la Vía Expresa, entre los distritos de San Sebastián y San Jerónimo. Asimismo, cruza el río Huatanay, otra característica de este puente es que cuenta con 2 vías dando continuidad a la Vía Expresa. El número de vías fue reducido, pues a partir del intercambiador Tupac Amaru se produce el cambio de número de vías (de 4 a 2 vías) por las limitaciones de espacio existentes (C.P.S de Ingeniería, Coba Perú (2019a)).

El estudio geotécnico realizado precisa que el puente tendrá pilotes, los cuales estarán compuestos por Cemento Tipo III, ya que el concreto estará expuesto a ataques de sulfatos (C.P.S & Coba Perú, 2019b). Por otro lado, la superestructura presenta un ángulo de esviaje de 45° y posee una longitud de 30.53 metros (C.P.S & Coba Perú, 2019c). Además, está compuesto por losas y vigas tipo cajón postensadas, las cuales se encuentran simplemente apoyadas en ambos estribos. Es importante aclarar que en el apoyo se cuenta con topes sísmicos que limitarán los desplazamientos frente a la acción del sismo. En la subestructura, se encuentran pilotes que están unidos a zapatas rectangulares.

Estas zapatas soportan a los estribos, los cuales son de tipo muro. En adición, en cuanto a la defensa riverense del puente, se colocarán gaviones. El sistema de drenaje empleado en el puente consta de tubos de drenaje instalados de manera perpendicular y, en otros casos, oblicua a la rasante. Estos conducirán las aguas pluviales hacia el río Huatanay (C.P.S & Coba Perú, 2019d).

8.1.2. Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución.

Alcance del equipo de ejecución

Elaborar el ET en el tiempo propuesto por la entidad mediante procesos colaborativos que garanticen el entendimiento, calidad y constructibilidad del proyecto.

Objetivos del equipo de ejecución

- Garantizar la constructibilidad desde el diseño para que la ejecución física del proyecto sea realizada en el menor tiempo posible, sin comprometer la calidad del proyecto y reduciendo el impacto ambiental y a la población aledaña.
- Establecer procesos colaborativos con la parte que designa y a otros participantes del proyecto en el proceso de la elaboración del E.T.

- Aumentar la calidad del ET usando idóneas herramientas tecnológicas con el fin de alcanzar un detalle ingenieril necesario para el uso de etapas de construcción y/o fabricación.
- Evitar sobrecostos y retrasos en la ejecución física del proyecto debido a incompatibilidades, choques y omisiones previsibles durante la elaboración del ET

8.1.3. Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución.

Se plantea la forma de comunicación entre los cargos de los involucrados principales (equipo consultor y la Entidad). En esta se puede apreciar cómo es que cada parte interactúa entre sí y la manera en la que las partes se comunican a través de modelos federados y/o compartidos; como también de manera directa como es el caso de los revisores de la entidad con los jefes de especialidad del consultor. Es importante mencionar que estos modelos pueden estar junto información no gráfica y se comparten por medio de un EDC.

Por otra parte, se propone usar los nombres de cargos tradicionales en vez de los nombres de roles que propone la guía, pues de esa manera se genera mayor familiaridad con el proceso y se incentiva a la sinergia entre las responsabilidades que tienen los roles BIM presentados por la GNB y las responsabilidades tradicionales de los involucrados principales como por ejemplo el equipo técnico debe tener la capacidad de satisfacer las responsabilidades del rol del modelador BIM. Asimismo, se propone la participación de un “Especialista BIM” que cumplirá funciones de soporte en casos en los que se necesite mayor madurez BIM, tal como en la gestión del EDC.

Este organigrama es complementado al establecer el tipo de comunicaciones que la entidad, por medio de los revisores, y el consultor, por medio de especialistas, deben realizar con el fin de que se cumpla lo acordado contractualmente y que los periodos de revisión de los informes, y la latencia existente en la respuesta y envío de consultas disminuyan. Por otro lado, saber cómo los integrantes del equipo de ejecución se relacionarán con las actividades referidas a la gestión y creación de la información una vez otorgada la buena pro resulta importante. Para ello se desarrolló una matriz RACI (Responsabilidad, Aprobación, Consulta e Informado)

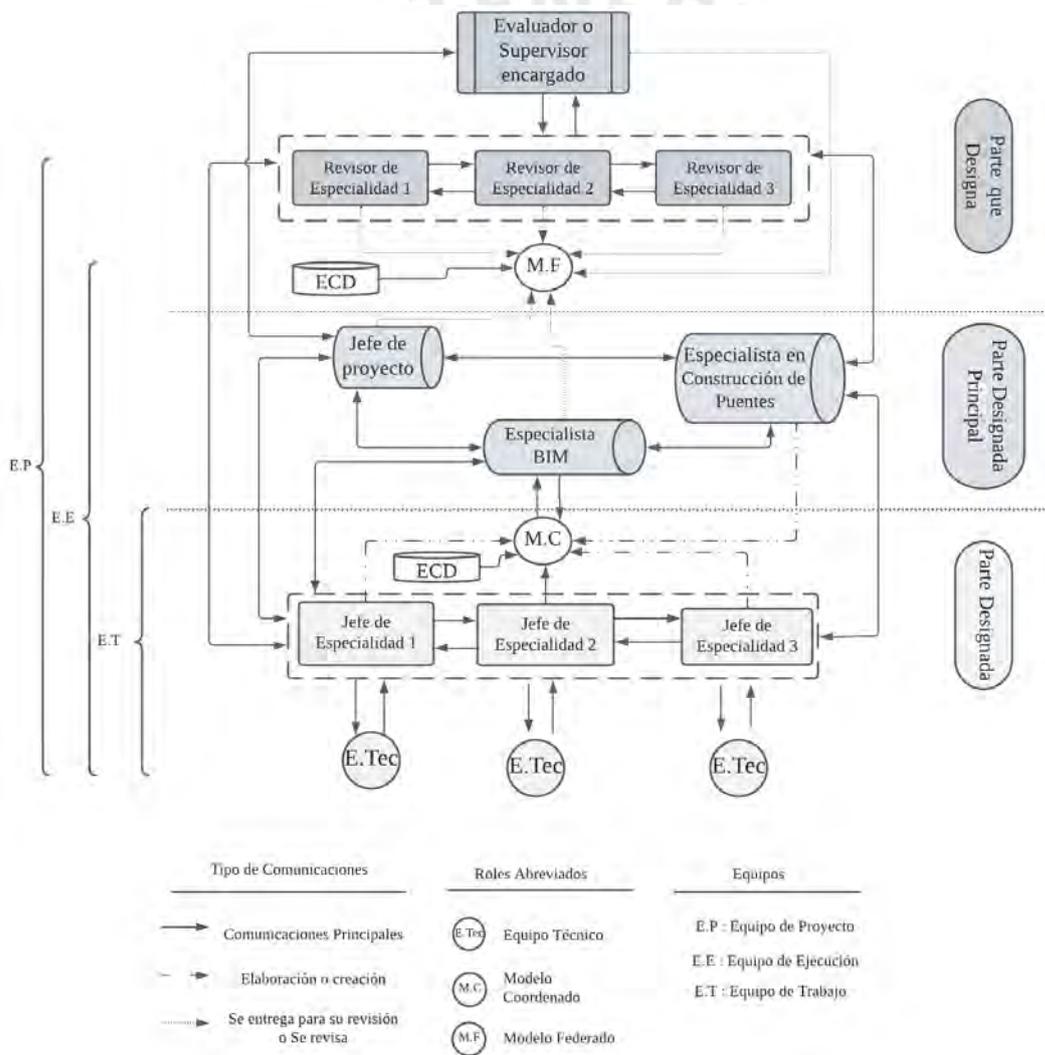


Figura 36. Diagrama de organización del equipo de proyecto para el desarrollo de un E.T de puentes basados en la GNB y sus interacciones

Elaboración propia.

Tabla 24 Matriz de RACI para la gestión de la información

PROCESO DE LA G.I	ACTIVIDADES	JEFE DEL PROYECTO	EQUIPO TÉCNICO	ESPECIALISTA BIM	JEFES DE ESPECIALIDAD	REVISORES DE LA ENTIDAD	EVALUADOR DE LA ENTIDAD
Contratación o Designación	Actualizar el Plan de Ejecución BIM con el fin de crear un PEB definitivo.	I, A	R	R, C	R	-	-
	Validar junto con la parte designada el PEB definitivo, en esta se afirmarán los procesos, tecnologías y participantes en la elaboración de la información	I, A	R	R, C	R	I, A	I, A
	Crear una matriz en la que se muestren las responsabilidades que tendrá el equipo de ejecución a lo largo de la gestión de la información.	I, A	R,I	R, C	R,I	I, A	I, A
	Evaluar las aptitudes y capacidades de los equipos de trabajo.	I, A	I, C	R	I, C	I, A	I, A
	Realizar los EIR propios de la empresa consultora necesarios para producir los modelos. Así como los MIDP y TIDP.	I, A	R	R, A	R, I	I, A	I, A
Movilización	Realizar el plan de movilización	I, A	R, I	R,A	R,I	I	I
	Realizar la movilización de recursos siguiendo el plan de movilización.	I	R	R, C	R	I	I
	Movilizar todo lo referente a la tecnología de la información.	I	R	R	R	I	I
	Validar los métodos y procesos establecidos poniéndolos a prueba.	I	R,C	R,A	R,C	I, A	I, A

PROCESO DE LA G.I	ACTIVIDADES	JEFE DEL PROYECTO	EQUIPO TÉCNICO	ESPECIALISTA BIM	JEFES DE ESPECIALIDAD	REVISORES DE LA ENTIDAD	EVALUADOR DE LA ENTIDAD
Producción colaborativa de la información	Verificar que se pueda acceder a la información que se usará como referencia y a otros recursos compartidos.	I	R	R,I	R	I, C	I, C
	Producir la información de acuerdo a los TIDP establecidos.	I	R	R,I	R	I	I
	Realizar el primer control de calidad: revisión del cumplimiento de los requisitos establecidos en los contenidos de información.	I	R	I,C	R	I, A	I
	Segundo control de calidad: Revisión de los resultados del intercambio de información	I	R	I,A,C	I,A	I,A	I
	Examinar los modelos de información producida	I,C	I,C	R	I,C	I	I
Entrega del modelo de información	Presentación del modelo de información a la Parte Designada Principal	I,A	R	I,A	R	-	-
	Aceptación o rechazo del modelo de información.	R	I	R	I	-	-
	Presentación del modelo de información a la entidad.	R	I,C	R	I,C	I,A	I,A
	Verificación y autorización del Modelo de Información	I	I, C	I, C	I, C	R, A	I
Fin de la fase de Ejecución	Archivamiento del PIM	I, C	-	I, C	I, C	R,C	I,A
	Recolección de lecciones aprendidas	R,C,A	R,C	R,C,A	R,C	R,C	R,C,A

Nota. Elaboración propia.

8.2.Estrategia de entrega de información

8.2.1. Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información.

Resulta importante comprender los objetivos organizacionales de alto nivel y aquellos RI del proyecto con el fin de establecer usos BIM acordes a los intereses de la Entidad. Por ello se revisaron los siguientes documentos:

- Resumen ejecutivo – Vía Expresa Cusco
- PRODER – Programa de Desarrollo Regional – Plan COPESCO
- Programa mejoramiento del transporte en la ciudad del Cusco
- Plan Estratégico Institucional Ampliado (PEI) 2020-2024
- Pedido de propuestas PP No. 001-2015-COPESCO-PRODER

Tabla 25 *Objetivos y usos BIM establecidos*

OBJETIVOS DE LA G.I CON BIM	USOS BIM
Definir procesos constructivos eficientes en tiempo y costo con el menor impacto posible a los bienes aledaños al proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización 3D - Levantamiento de condiciones existentes - Análisis del entorno físico - Planificación de la fase de ejecución
Unificar la información gráfica y no gráfica de las especialidades pertinentes a través del uso del Modelo Federado, asegurando la coherencia y compatibilidad de la información.	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de especialidades - Coordinación de la información - Revisión del diseño
Estimar y controlar el impacto ambiental que será generado en la ejecución del proyecto, buscando reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de sostenibilidad
Detectar interferencias para prevenir sobrecostos y contratiempos en el proyecto, generando una imagen positiva en la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Detección de interferencias e incompatibilidades
Obtener estimaciones de los metrados y planos a partir del modelo de manera automatizada.	<ul style="list-style-type: none"> - Estimación de cantidades y costos - Elaboración de documentación
Desarrollar procesos colaborativos de la producción de la información.	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los usos propuestos aplican

G.I : Gestión de la información

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Proceso de aplicación para cada Uso BIM del proyecto.

Con el fin de dotar a la implementación BIM de un detalle necesario para la trazabilidad y un mejor entendimiento de las actividades del equipo de ejecución y también para mostrar a la entidad la forma en la que este equipo desarrollará y gestionará la información es necesario elaborar gráficos de procesos para cada uso BIM en los que se pueda evidenciar como la aplicación de estos contribuyen al cumplimiento de los objetivos. Todos ellos se encuentran en el anexo de la tesis : “Procesos para cada uso BIM”.

8.2.2. Lista de Recursos informáticos necesarios.

Se plantea implementar los siguientes recursos informáticos con el objetivo de cumplir con los usos BIM establecidos del proyecto. Cabe mencionar que la presente tabla solo está incluyendo los usos que pueden ser correspondidos con un software BIM. Además, es posible que un mismo software pueda ser usado para cumplir más de un uso.

Tabla 26 Recursos informáticos recomendados a implementar

USOS BIM	SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN
Visualización 3D	Tekla, Infraworks, Civil 3D	Permite generar un modelo 3D útil para el entendimiento del proyecto
Detección de interferencias e incompatibilidades	Trimble connect	Permite detectar interferencias del modelo federado
Planificación de la fase de ejecución	Synchro 4D	Permite planificar de manera gráfica las futuras actividades de ejecución
Estimación de cantidades y costos Elaboración de documentación	Tekla-Ms Project-Excel	Permite la gestión de contrato, presupuestos, ordenes de cambio y otros documentos
Coordinación de la información	Trimble Connect u otro similar	Permite ver, descargar, publicar marcas de revisión, cargar y editar modelos de información en tiempo real
Levantamiento de condiciones existentes Análisis del entorno físico	ReCap. Civil 3D	Permite procesar las fotografías hechas por drones para crear una nube de puntos que conformen un 3D de las condiciones existentes.
Evaluación de sostenibilidad	SimaPro u otro similar	Permite cuantificar futuras emisiones de CO2 equivalentes liberadas

Nota. Elaboración propia.

Asimismo, respecto al uso BIM de estimación de cantidades y costos, si bien el software S10 es muy usado en el medio peruano para la elaboración de presupuestos, no cuenta con interoperabilidad; por ello, se escogió el software Synchro Cost. Por otro lado, al cuantificar los recursos necesarios para construir la inversión desde el modelo 3D, bastaría con usar softwares más tradicionales como MS Project y Excel, los cuales pueden ser usados en un entorno BIM.

Existen otros softwares que contribuyen a la elaboración de los estudios definitivos del ET, tales como el QGIS, Vissim, HEC-RAS , entre otros que pueden ser incluidos dentro de un entorno BIM pese a limitaciones de interoperabilidad.

8.2.3. Plan de movilización.

El plan de movilización contiene las actividades preliminares que deben realizarse para asegurar que se podrá desarrollar correctamente toda la GI. Con el fin de que se dé una mejor interpretación, se ha añadido un Diagrama de Gantt que muestra la secuencia de las actividades dentro del plan de movilización.

Tabla 27 Lista de actividades que conforman la movilización

Nº	TAREA	RESPONSABILIDADES	EQ. DE TRABAJO	PLAZO	OTRAS ACCIONES Y COMENTARIOS
Entorno de Datos Comunes (EDC)					
1	Evaluación de la secuencia de los procedimientos en el Entorno de Datos Comunes (EDC).	Efectuar un testeo entre las partes involucradas a fin de comprobar el funcionamiento del flujo del EDC.	Especialista BIM	Hasta días calendario	2 Cualquier información debe ser compartida mediante el EDC del proyecto.
2	Testeo de la seguridad en el acceso al Entorno de Datos Comunes (EDC) para las partes involucradas.	Otorgar tanto las restricciones de acceso como edición para cada parte involucrada	Especialista BIM	Hasta días calendario	2 Deberá tener un usuario y contraseña todo integrante del EDC.
Recursos informáticos (Software & Hardware)					
3	Constatar la cantidad, capacidad y funcionamiento de cada dispositivo tecnológico.	Cerciorarse del estado actual de los equipos tecnológicos, de manera que tengan suficiente capacidad para implementar los softwares requeridos.	Especialista BIM	Hasta días calendario	5 Los aparatos tecnológicos a usar son computadoras, laptops, tablets y pantallas táctiles, todos ellos deberán ser verificados.
4	Comprobar el adecuado funcionamiento de los softwares requeridos en el proyecto	Cerciorarse que cada laptop o computadora tenga instalado la versión requerida de los softwares y así como su actualización.	Especialista BIM	Hasta días calendario	3 Los softwares requeridos están en la tabla de recursos informáticos del PEB
Normas, estándares, métodos y procedimientos					
5	Confirmar que los procesos defendidos se alineen a las NTP-ISO 19650 Parte 1 y 2, y la Guía Nacional BIM	Verificar que la gestión de la información BIM se adecúe al ciclo de inversión establecido por Invierte.pe.	Especialista BIM	Hasta días calendario	1 -
Capacidades y plan auxiliar					
6	Evaluar que todos los equipos de trabajo puedan alcanzar sus objetivos	Comprobar que el equipo de trabajo tenga las capacidades y competencias	Jefe de especialidad	Hasta días	05 -
Capacitaciones					
7	Impartir formación interna sobre las actividades y procesos de la Gestión de la Información BIM implementados en el actual proyecto de inversión.	Se explicará la importancia de la elaboración de un Plan de Ejecución BIM y el trabajo colaborativo bajo una plataforma común para todos los involucrados en base a procesos ya definidos en el PEB	Especialista BIM y jefe de proyecto	Hasta días calendario	1 -

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

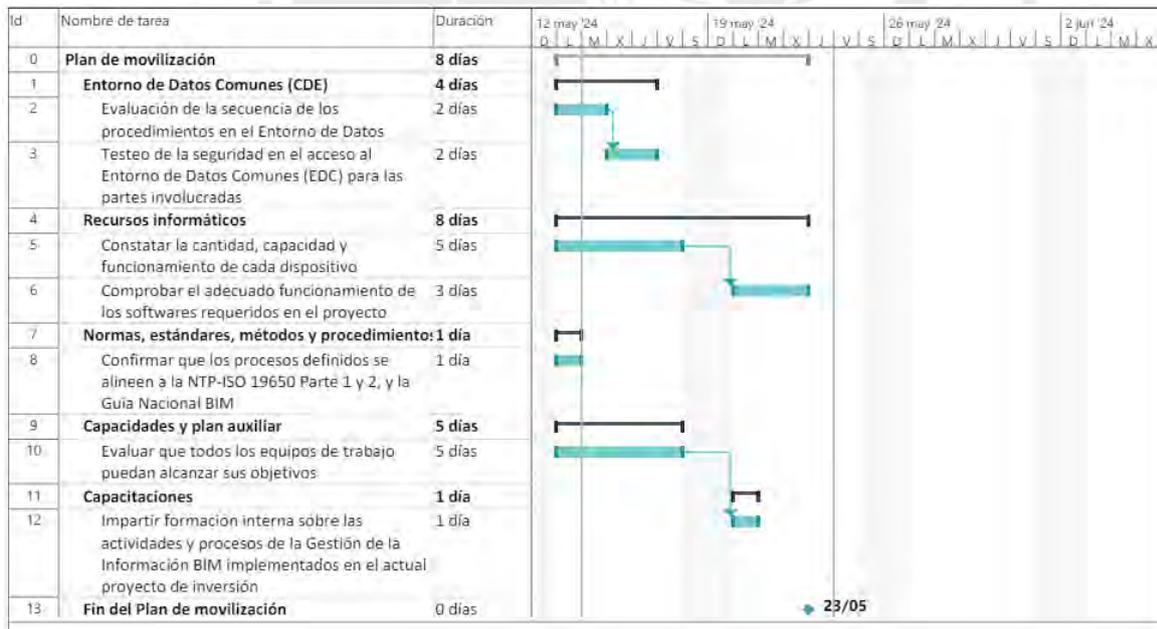


Figura 37. Diagrama de Gantt para el Plan de movilización

Elaboración propia.

8.2.3. Estrategia de entrega del Modelo de Información

La estrategia de entrega es determinada por el TIPD, MIPD y la matriz de responsabilidades, los cuales pueden ser encontrados en los anexos de la tesis.

8.3. Propuesta de modificación o adición de normas de información.

8.3.1. Normas de información.

Convenciones de identificación de contenedores de información

Se plantea implementar la siguiente estructura de codificación de archivos para que exista una única interpretación de los archivos y se tenga una adecuada comunicación entre los involucrados del proyecto.

Tabla 28 *Identificación de contenedores de información*

PROPUESTA DE CONTENEDORES DE INFORMACIÓN			
Convenios de identificación	Obligación	Código	Nombre / descripción
Código o nombre del proyecto	Requerido	PYT	Elaboración del Expediente Técnico (Diseño) del Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Ovalo Los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versalles.
Cliente o empresa	Requerido	XYZ	XYZ Consultora
Nivel o localización	Requerido	SUB	Primer nivel: subestructura
		SUP	Segundo nivel: superestructura
Tipo de archivo	Requerido	ET	Especificaciones técnicas
		PL	Planilla
		MD	Memoria descriptiva
		DE	Planos - detalles
		U	Planos Ubicación y
		P2	Planos 2D
		M2	Modelo 2D
		M3	Modelo 3D
		MOC	Modelo Coordinado
FED	Modelo Federado		

PROPUESTA DE CONTENEDORES DE INFORMACIÓN			
Convenios de identificación	Obligación	Código	Nombre / descripción
Disciplina	Requerido	URB	Urbanismo y paisajismo
		SOC	Social
		ARQ	Arqueología
		EST	Estructuras y obras de arte
		SUE	Suelos
		CAN	Canteras y fuentes de agua
		PAV	Pavimentos
		HH	Hidráulica e hidrología
		GG	Geotecnia y geología
		AM	Ambiental
		SS	Señalización y seguridad vial
		ILU	Iluminación e instalaciones eléctricas
		SEM	Semaforización
		TF	Tráfico
TDG	Trazo y diseño geométrico		
TGG	Topografía y georreferenciación		
Código de estado	Requerido	S0	Estado inicial o en proceso de elaboración
		S1	Listo para su revisión por el jefe de Especialidad
		S2	Listo para compartir al Modelo Federado
		S3	Compatibilizado, con <i>issues</i> a ser corregidas
		S4	Revisado y sin observaciones
		ENT*	Archivos compartidos con la Entidad
# Versión	Requerido	V1	Versión 1
		V2	Versión 2
		V3	Versión 3
Código de seguridad	Opcional	DP	Disponible al público
		UI	Solo uso interno
		CF	Confidencial
		EC	Estrictamente confidencial
Identificador	Opcional	1	-
		2	-

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Respecto al código de estado, S0 se refiere a que el modelo recién está siendo modelado. Posteriormente, pasará al estado S1, cuando el modelo está apto para ser revisado por el jefe de especialidad (JE), de manera que no haya errores técnicos ni normativos para poder pasar al siguiente estado, el cual es S2. Este estado consiste en que el modelo ha sido terminado y puede ser compartido para tener un modelo compatibilizado (MC) que incluya todas las especialidades del proyecto.

Después, en el estado S3, el modelo compatibilizado podrá tener algunas interferencias que deberán ser corregidas. Por último, en el estado S4 el modelo de cada disciplina ya ha sido corregido y su federación resulta en un modelo federado. Cabe resaltar que este proceso es iterativo, hasta que ya no se tengan incompatibilidades en el diseño. De esa manera, la codificación de un archivo podría ser de la siguiente manera:

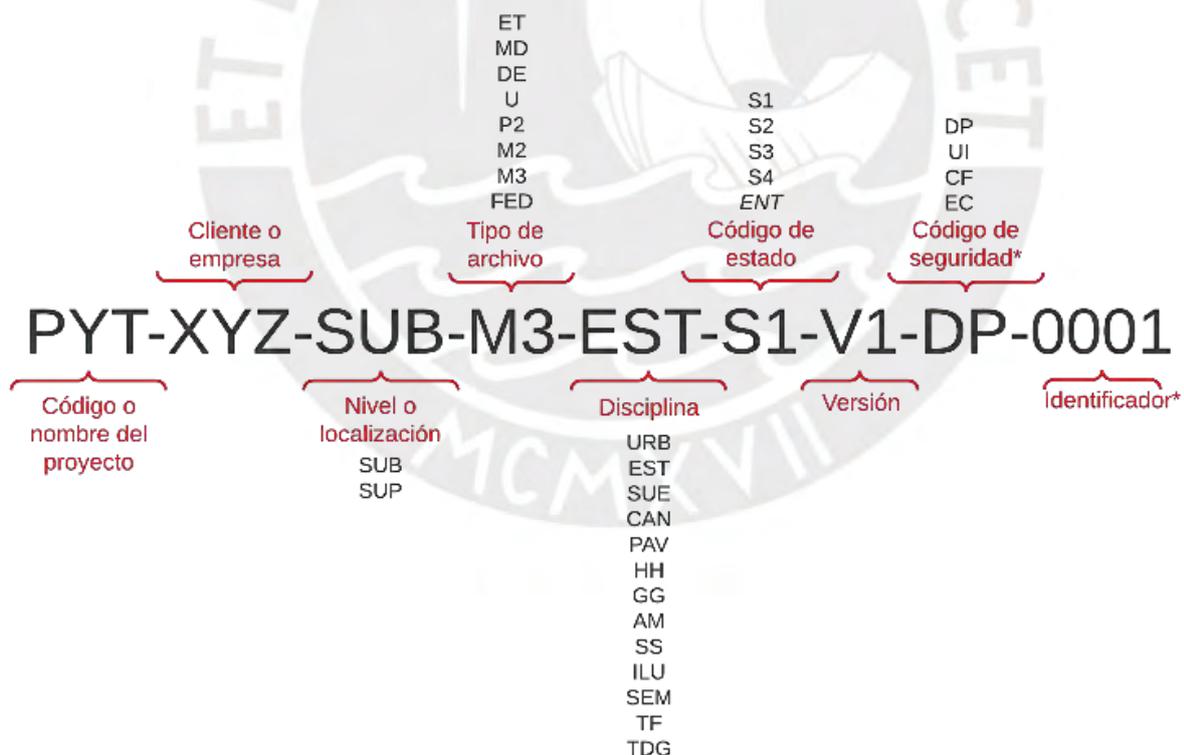


Figura 38. Ejemplo de codificación de archivo
Elaboración propia.

Propuesta de calidad del modelo de información

Para garantizar la calidad de la información generada se encuentran dentro de los procesos de trabajo validaciones preliminares como “la validación normativa” cuyo responsable es el o la jefe de especialidad. Esta validación será también revisada y aprobada por los revisores de la entidad. Por otro lado, se cuenta con el anexo: “Protocolo de gestión de calidad”, el cual es fundamental para que los modelos de información puedan ser compartidos. Asimismo, en base a estos dos documentos de validación mencionados anteriormente se mencionan lineamientos generales que deben cumplir todos los modelos de información

Tabla 29 *Requisitos de calidad generales de los modelos de información*

ASPECTO DE CONTENEDOR DE INFORMACIÓN	REQUISITOS DE CALIDAD
Modelo de información	Es imprescindible que todas las especialidades trabajen de manera colaborativa e integral, por lo que se requiere que el equipo de ejecución se reúna en sesiones ICE al menos dos veces por mes.
	Criterios de aceptación basados en la colaboración y constructibilidad: <ul style="list-style-type: none">- Es necesario que un representante de la Entidad, que valide de manera preliminar el modelo de información.- Se solicita el envío de reportes de las interferencias detectadas y levantadas según el caso de interferencia.- El modelo de información deberá contar con la conformidad del especialista en la construcción de puentes. Criterios de aceptación referidos al contenido del Modelo de Información: <ul style="list-style-type: none">- El modelo de información cuenta con todos los atributos y parámetros llenados correctamente de acuerdo al hito de avance.- Los elementos del modelo de información cuentan con el LOD y LOI definidos en la MIDP de acuerdo al hito en el que se encuentran.- El modelo de información está correctamente subido al EDC junto con la nomenclatura y metadata correcta.- Los modelos de información fueron revisados por el jefe de especialidad correspondiente y el especialista BIM.- Las unidades de medida de todas las especialidades están de acuerdo a lo establecido en los criterios de modelado presentes en los anexos del PEB.

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Propuesta de indicadores de rendimiento del proceso del diseño

Se deben colocar diversas métricas al proyecto para permitir un adecuado monitoreo de su desempeño y facilitar la toma de decisiones. Estos pueden ser internos y externos. Los internos son únicamente usados por el consultor, mientras que los externos deben ser compartidos a la Entidad, para que esta sepa el avance del diseño.

Tabla 30 *Indicadores de rendimiento del proyecto*

INDICADOR	MÉTODO DE CÁLCULO	OBJETIVO DEL INDICADOR
# observaciones por cada especialidad	# observaciones de especialidad	Conocer cuál es la especialidad que está teniendo más observaciones en la revisión de cada entregable por la Entidad.
% desviación del plazo del diseño de cada especialidad	(# días planificados para presentar entregable según el cronograma del plan de trabajo / # días reales para presentar entregable) *100	Detectar si las especialidades cumplen con los entregables dentro del plazo de entrega según el cronograma planificado.
% del plan completado (PPC)	(# entregables cumplidos / # entregables contractuales) *100	Medir la eficiencia y eficacia de los especialistas en el diseño de especialidades.
% personal que asistieron a la sesión ICE	(# personas claves que asistieron a la sesión ICE / # personas claves que debieron asistir a la sesión ICE) *100	Mapear el compromiso de las personas claves en las sesiones ICE. Solo se invitará a las personas cuya especialidad sea necesaria para resolver la interferencia.
# días de anticipación envío de la agenda para la sesión ICE	# días de anticipación en el envío de la agenda para la sesión ICE	Permitir que los especialistas se informen días antes sobre los temas a tratar en la sesiones, para que den una solución más rápida durante la sesión ICE.
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	(# interferencias resueltas en la sesión ICE / # interferencias programadas a ser resueltas en la sesión ICE) *100	Mapear la eficiencia de las reuniones ICE. Solo se programará una cantidad realista de interferencias que puedan ser resueltas durante una sesión ICE.
Lead time para el levantamiento de interferencias	(Fecha de levantamiento - Fecha de designación de interferencias)	Permite identificar el tiempo destinado a levantar cada interferencia desde la designación de interferencias a los especialistas hasta la solución aprobada.
Costo ahorrado por levantamiento de interferencia	Cuantificar el gasto generado en obra en caso no se hubiese resuelto la interferencia	Permite identificar los beneficios reales de BIM al generar un ahorro en la fase de ejecución física de la obra, aumentando el retorno de la inversión.
Causas de no cumplimiento (CNC)	Identificar y medir la incidencia de cada causa de no cumplimiento	Identificar las principales razones de no cumplimiento de las actividades.

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Tabla 31 Propuesta de planes de acción

INDICADOR	FRECUENCIA	VALOR META	RESPONSABLE	PLAN DE ACCIÓN (SI NO SE LLEGA A LA META)
# observaciones por cada especialidad	Semanal	0	Jefe de especialidad y jefe de proyecto	Identificar el tipo de observaciones hechas por parte de la Entidad y el especialista BIM. Si son observaciones respecto al diseño, reevaluar las competencias técnicas del equipo de diseño.
% desviación del plazo del diseño	Semanal	100%	Jefe de especialidad y jefe de proyecto	Identificar si las causas del retraso son atribuibles al diseñador. Analizar en equipo los causantes de dichos problemas y crear compromisos para resarcir los errores cometidos.
% del plan completado (PPC)	Por entregable	100%	Jefe de proyecto	
% personal que asistieron a la sesión ICE	Cada sesión ICE	$\geq 90\%$	Especialista BIM	Difundir y explicar lo beneficioso que son las sesiones ICE para el diseño. Recalcar acuerdos contractuales afines a la asistencia a las sesiones ICE.
# días de anticipación en el envío de la agenda para la sesión ICE	Cada sesión ICE	≤ 5 y ≥ 3 Días	Especialista BIM y jefe de proyecto	Organizarse con más días de anticipación para enviar la agenda a tiempo.
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	Cada sesión ICE	$\geq 90\%$	Especialista BIM	Se averiguará las causas del por qué no se llega al valor meta.
Lead time para el levantamiento de interferencias	De acuerdo al caso de la interferencia	No críticos : ≥ 2 d.c Críticos : ≥ 5 d.c Muy Críticos: ≥ 7 d.c	Especialista BIM y Jefes de especialidad	Se recopilarán los motivos por los que no se está llegando al valor meta. A partir de estos se ejecutarán acciones más precisas.
Costo ahorrado por levantamiento de interferencia	De acuerdo al caso de la interferencia	100% de mapeo de los costos evitados por interferencia	Especialista BIM y Jefes de especialidad	Se definirán cuáles son las interferencias más influyentes para el BIM ROI. De estas todas deben estar mapeadas.
Causas de no cumplimiento (CNC)	Quincenal	100% de las CNC internas y con la entidad	Especialista BIM y Jefes de especialidad	Precisar que es necesario para agilizar la curva de aprendizaje y rastreo del rendimiento del equipo. Recalcar acuerdos contractuales afines.

Nota. Elaboración propia.

Cabe resaltar que tanto la frecuencia de revisión del indicador como el valor meta van a depender de la complejidad del proyecto, lo cual deberá ser establecido por el consultor y la Entidad. Asimismo, durante el diseño, es posible que se pueda prescindir de algunas métricas en caso se vea necesario. En caso de los planes de acción, se han colocado actividades referenciales que pueden servir de guía.

8.3.2. Métodos y procedimientos de producción de información.

Estrategia de coordinación, producción y entrega de información

La estrategia se basará en los tipos de entregables o hitos que el establece para el desarrollo de la información. Al tener en cuenta que los entregables exigen mayor detalle de los estudios a medida que el proyecto se desarrolla se propone procesos de coordinación, producción y entrega de información posean la capacidad de satisfacer dicha característica

En consecuencia, los entregables contractuales son cada vez más extensos y laboriosos de revisar, por lo que es importante abordar esta situación con una propuesta organizada en la que el trabajo de federación y revisión se realice también durante el proceso del desarrollo de la información. Es por ello que se propone realizar validaciones parciales con la Entidad. Asimismo, en la estrategia de federación de contenedores de información se resaltan de amarillo aquellas etapas de federación clave que se deben considerar durante la producción de la información. Por otra parte, la propuesta de producción de información general establece procesos de validación tanto técnica como de modelado en las que los revisores pertinentes de la Entidad son involucrados.

Además, uno de los fines principales de la creación de los modelos es que a partir de estos se produzcan planos que posean la información suficiente para la construcción. Por ello, es necesario proponer un flujo de producción de la información enfocado en la ingeniería de detalle. Este proceso muestra cómo el modelo estructural evoluciona a la par de los estudios de las diferentes especialidades. Finalmente, una vez obtenido el modelo a detalle se proceden a realizar cuantificaciones de los recursos requeridos y el presupuesto. Además, junto con lo anterior se adjunta la planificación de los trabajos de obra propuesto en un modelo 4D en el que se observe el proceso constructivo propuesto.

Estrategia de Federación de Modelos de información y Contenedores de Información complementarios

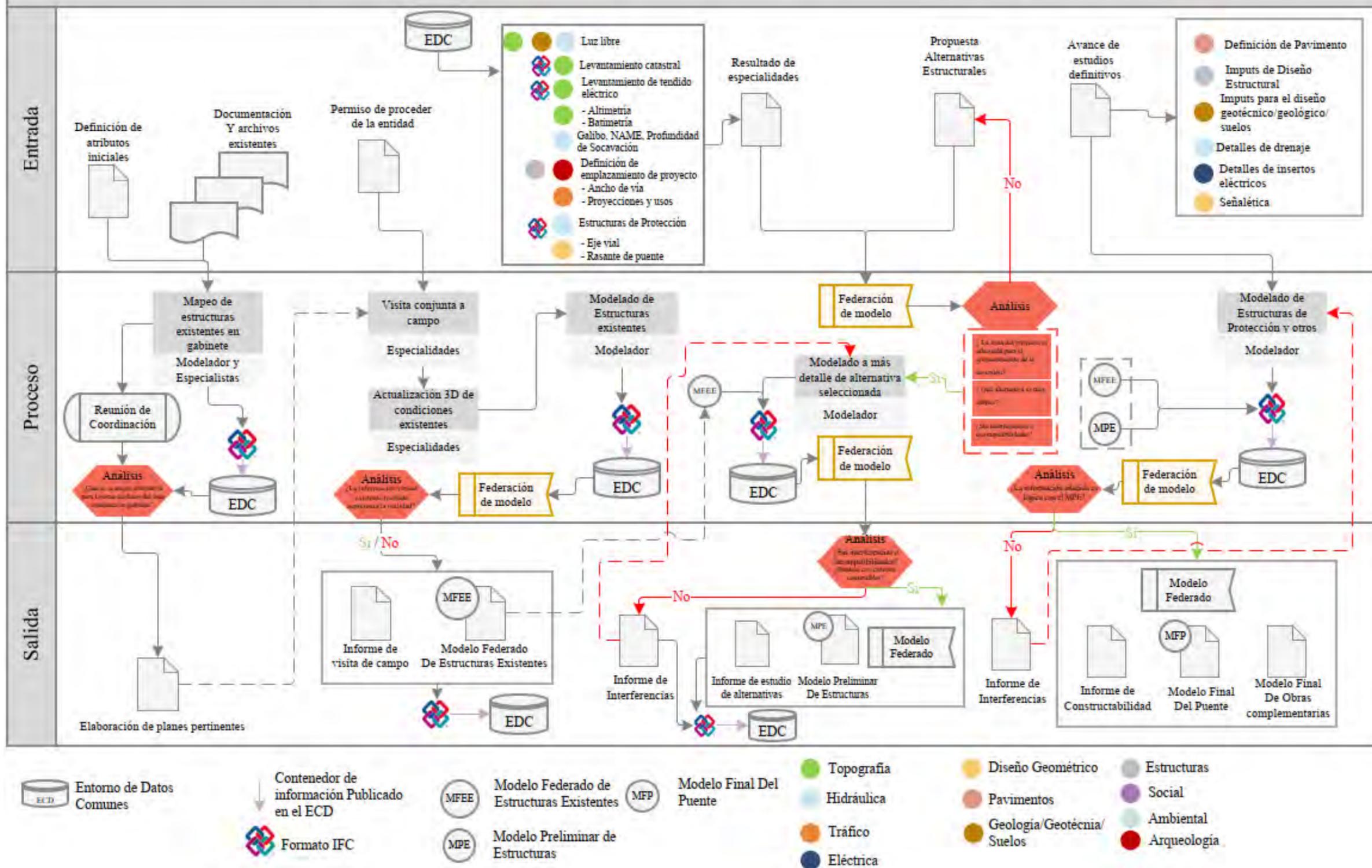


Figura 39. Diagrama de flujo de “Estrategia de Federación de Modelos BIM y Contenedores de Información complementarios”

Elaboración propia.

Plan de producción de información general (Visualización 3D, Revisión del Contenedores de información y Coordinación de especialidades)

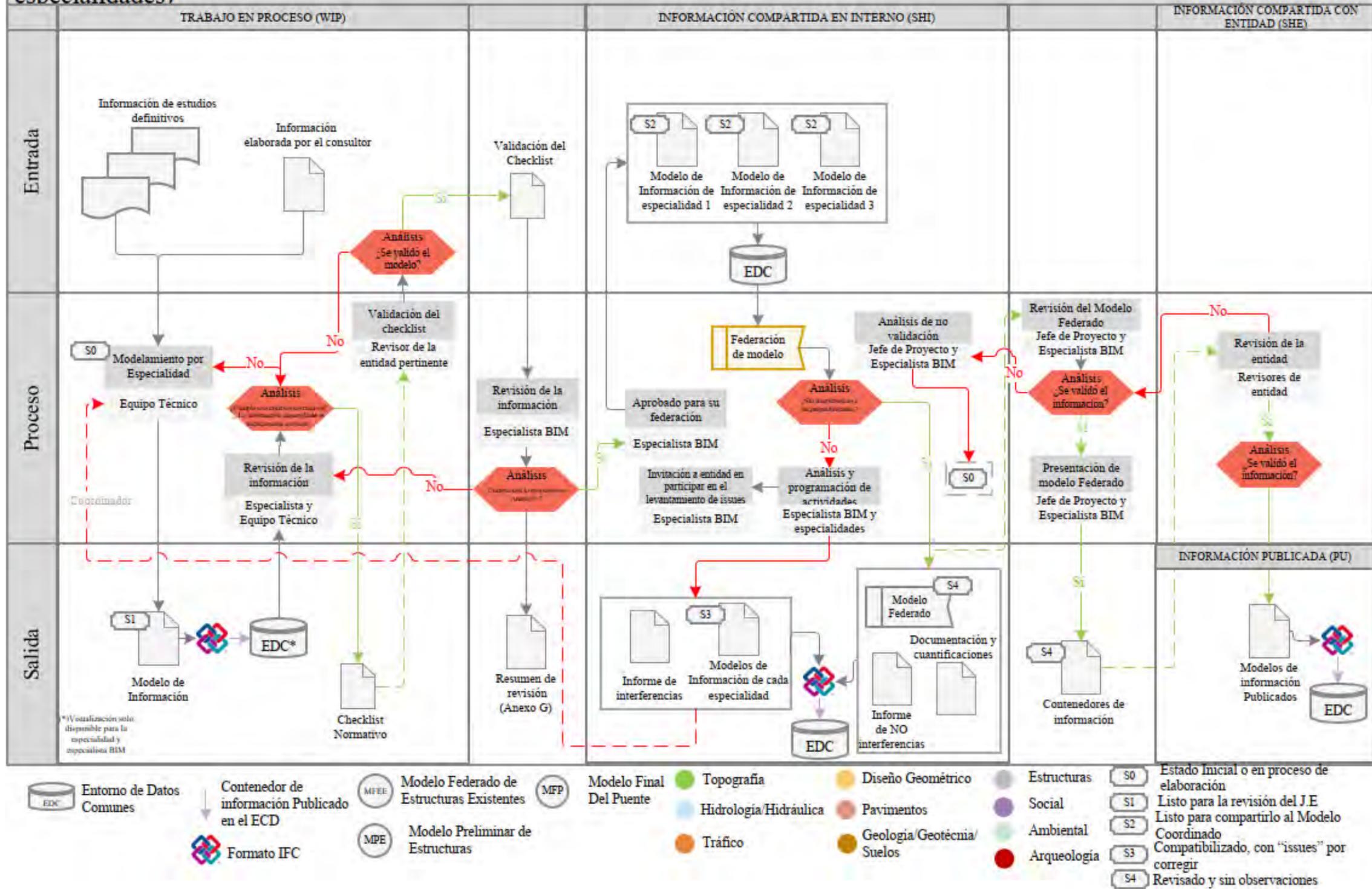


Figura 40. Plan de producción de información general
Elaboración propia.

Producción de la información para la ingeniería de detalle

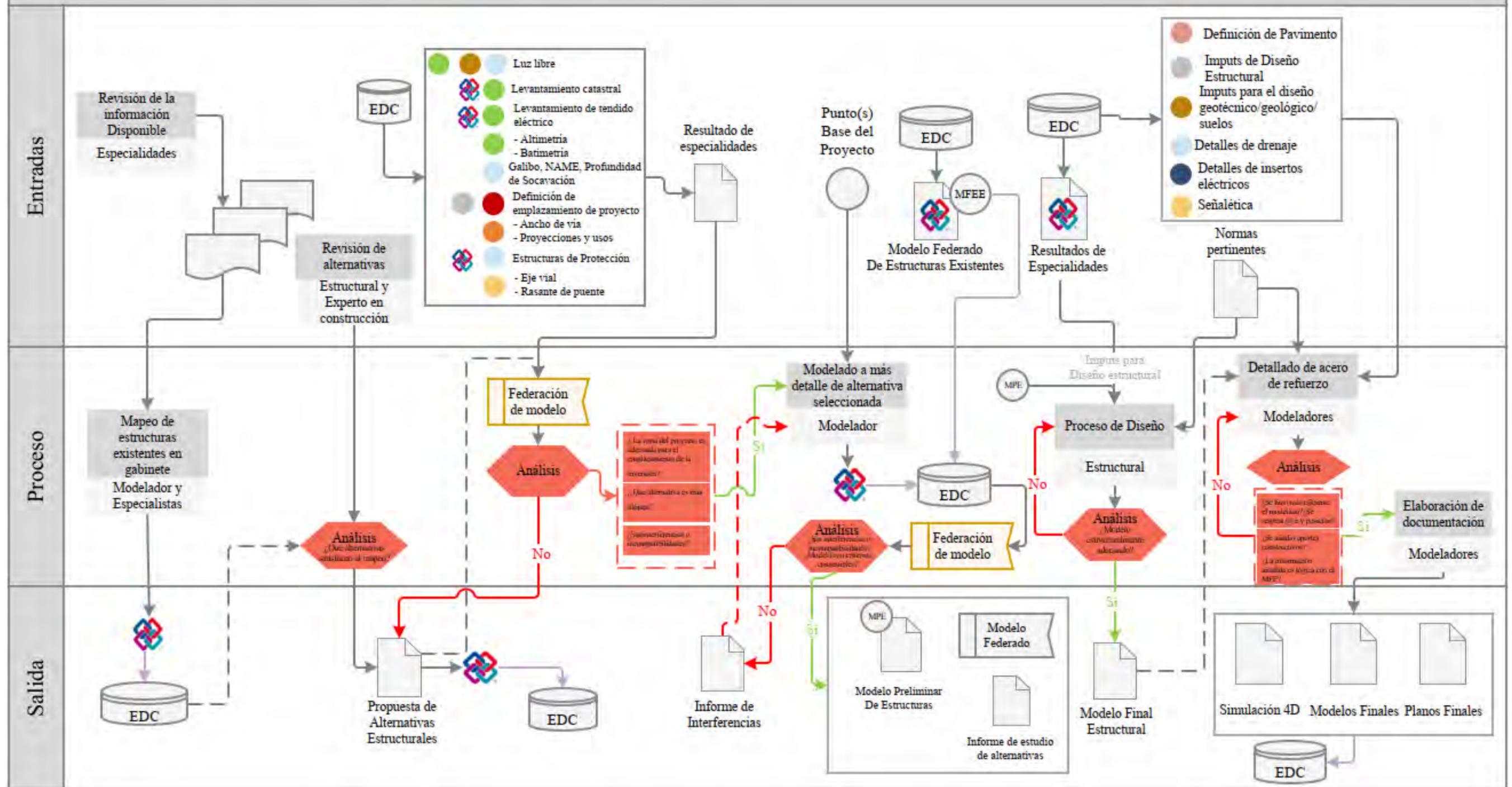


Figura 41. Diagrama de flujo de “Producción de la información para la ingeniería de detalle”

Elaboración propia.

Actividades para la detección y resolución de interferencias.

Las actividades de interferencias se presentan en un flujo donde están distribuidas en los estados propuestos por la GNB. Además, para un adecuado control de avance de la solución a las interferencias se usarán en el EDC indicadores simples que indiquen en qué etapa de levantamiento se encuentra la interferencia. De esa manera, el coordinador sabrá a simple vista en qué condición se encuentra el levantamiento de una interferencia. Estas son las siguientes.

Tabla 32 *Estados de avance de la interferencia*

ESTADOS DE AVANCE	DESCRIPCIÓN
Nueva	Aquella interferencia nueva que fue recién designada a los responsables de las distintas especialidades pertinentes
En Curso	Empieza cuando cada responsable analiza la interferencia y documentación de soporte para sustentar una posible solución y termina cuando tras la coordinación y diálogo entre los responsables se llega a una solución.
En Espera	Una vez definida la solución es revisada por el especialista BIM y especialista en construcción. Mientras que no sea validada, la solución quedará en espera.
Cerrada	Es aquella solución a una interferencia que se encuentra validada por los especialistas mencionados
Terminada	Es la solución (que fue previamente validada) implementada en el modelo.

Nota. Elaboración propia

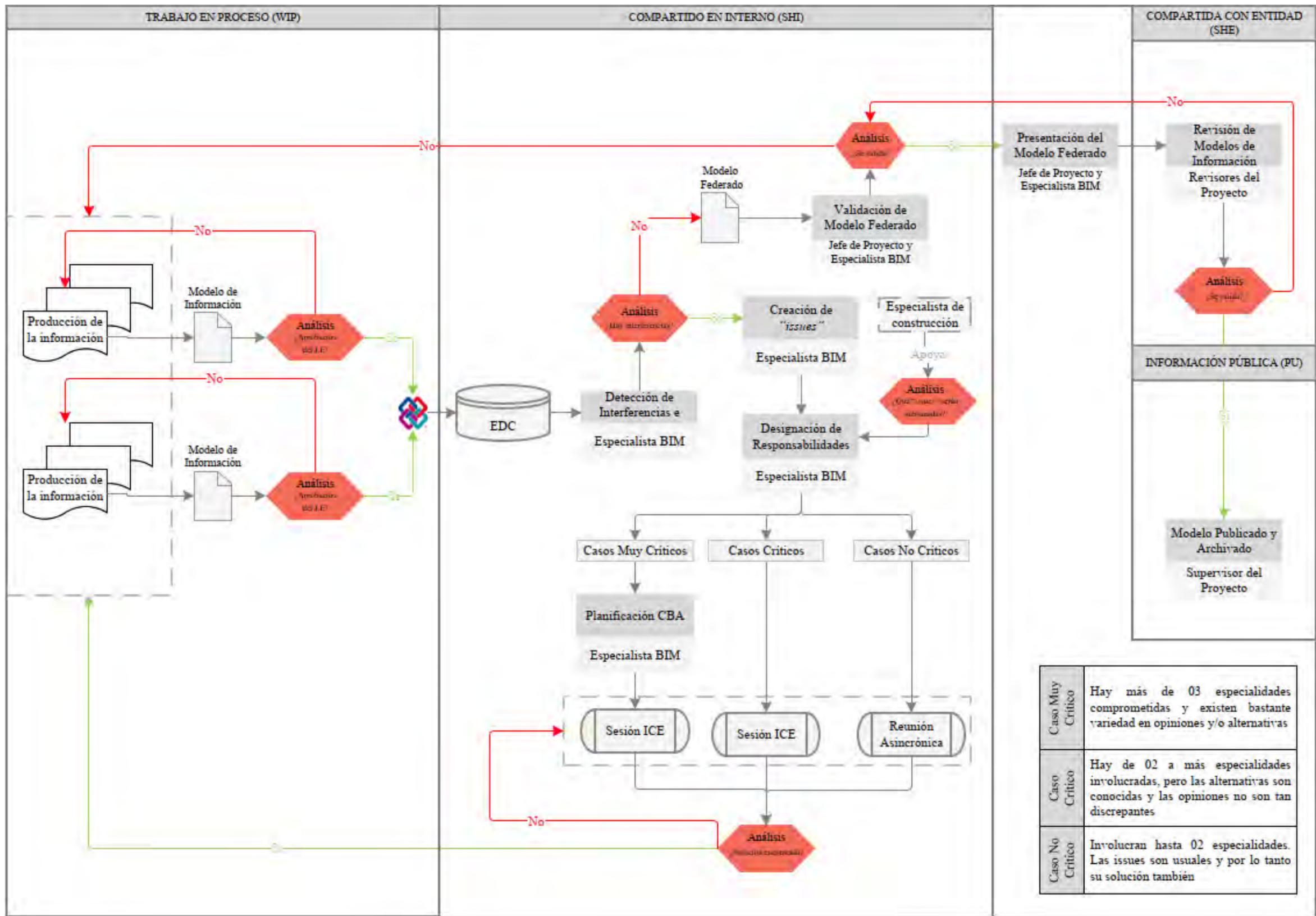


Figura 42. Flujo de actividades para la detección y resolución de interferencias
Elaboración propia.

Por otro lado, en la siguiente tabla se presentan las descripciones, plataformas, softwares involucrados y estados de las siguientes actividades principales (mencionadas en el flujo y repetidas en la tabla de abajo) y otras actividades complementarias.

Tabla 33 *Actividades principales y complementarias para las acciones de detección de interferencias*

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	PLATAFORMAS DE TRABAJO	SOFTWARES	ESTADOS
<i>Kickoff meeting</i> inicial: Definir acciones para resolver interferencias	Se definirán acciones para levantar los <i>issues</i> de manera asincrónica y sincrónica (sesiones ICE)	Trimble Connect	Google meet	-
Compartir información en el entorno común	Cada especialidad compartirá los archivos pertinentes cumpliendo con los estándares de entrega (Anexo N° 01)	Trimble Connect	Tekla Structures, Civil 3D.	S2
Federación de modelos de información	Es la unión de los modelos de información producidos por las distintas especialidades en un solo modelo.	Trimble Connect	Tekla Structures, Civil 3D, etc.	S2
Detección de interferencias	En esta acción se producen interferencias entre las especialidades, las cuales podrán ser detectadas de manera automática o tras inspección visual	Trimble Connect	Trimble Connect	S3
Resultados, responsables y propuesta de actividades	El reporte y tipo de interferencias (no críticas, críticas y muy críticas) detectadas serán enviados a las especialidades. Estas interferencias a ser levantadas son las que el especialista en la construcción, el especialista BIM y los especialistas involucrados hayan visto pertinentes solucionar.	Trimble Connect	Trimble Connect	S3
Preparación del CBA (De ser aplicable)	Primero, el jefe de proyecto en coordinación con el supervisor de la entidad define los campos y pesos de cada campo. Después, se realiza un consenso de aquellas soluciones que van a ser discutidas. Las especialidades involucradas deben presentar alternativas siempre y cuando se haya recabado suficiente data e información.	Google Sheets	Excel	-
Elaboración de la agenda para la sesión ICE (De ser aplicable)	En esta etapa se elabora la agenda de los temas a tratar e “ <i>issues</i> ” a solucionar. Asimismo, se analizan y proponen a los participantes de la futura sesión.	-	Excel/Google sheets	-
Seguimiento de las actividades propuestas	Es responsabilidad del especialista BIM realizar el control de avance de las interferencias usando los estados de avance mencionados.	-	-	S3

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	PLATAFORMAS DE TRABAJO	SOFTWARES	ESTADOS
Sesiones ICE (De ser aplicable)	Habrán sesiones ICE, previa emisión de la agenda ICE si el “issue” lo amerita. Asimismo, el equipo de ejecución puede solicitar reuniones ICE de emergencia si lo considera.	Trimble Connect	Google meet	S3
Generación de documentación	En esta etapa se elaboran documentos como un acta de reunión y lista de lecciones aprendidas	Trimble Connect	Excel	S3
Solución de interferencia	La solución debe ser reportada al integrador. Asimismo, este federará los modelos para que puedan ser compartidos nuevamente, siguiendo con la iteración.	Trimble Connect	Tekla Structures y Synerho Pro 4D	S4

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Tolerancia y evaluación de interferencias.

Los criterios para establecer la tolerancia entre los tipos de interferencia presentados en la tabla presentada se basan en determinar cuál debe ser la sobreposición máxima que deben los elementos modelados. Esta sobreposición será menor o mayor según el detalle de los modelos generados y también según el trabajo requerido para poder solucionar el error en la construcción. Por ejemplo, aquella interferencia entre un sumidero y una barra de acero del tablero del puente es sencillo de arreglar, ya que solo bastaría acomodar la barra de tal modo de que no choque con el sumidero. Por ello, sería coherente ser conscientes de dicha colisión, pero no utilizar recursos para poder acomodarlos de manera digital.

Tabla 34 *Tolerancia y tipo de interferencia*

TIPO DE INTERFERENCIA	TOLERANCIA	CASO
Acero de refuerzo vs Postensado	+/- 0 mm	Crítico
Acero de refuerzo vs instalaciones eléctricas y de drenaje	+/- 3 mm	Crítico
Volumetría de Puente vs Volumetría de Estructuras Complementarias	+/- 5 mm	Caso No Crítico / Crítico
Acero de refuerzo vs Insertos de señalización vertical	+/- 3 mm	Caso No Crítico / Crítico
Estructuras Proyectadas vs Estructuras Existentes	+/- 0 mm	Crítico a Muy crítico
Entre aceros de refuerzo	+/- 5 mm	Caso No Crítico

Nota. Tomado de “Guía Nacional BIM”, por MEF, 2023.

Requisitos de seguridad de la información.

Toda aquella información producida durante el proyecto está sujeta a cláusulas de confidencialidad y auditoría de la entidad contratante. Para ello, toda la información producida en el proyecto debe cumplir con los requisitos de seguridad, en términos de protección de datos, tal como se requiere en cumplimiento de la GNB. Por lo que se plantea nomenclatura específica que define quiénes pueden visualizar un contenedor de información.

Tabla 35 Códigos de seguridad

CÓDIGO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
DP	Disponible al público	Información aprobada y admisible para su difusión a terceros ajenos a la Entidad y el Consultor
UI	Solo uso interno	Información solo para la Entidad y el Consultor
CF	Confidencial	Información exclusiva de la empresa al contener datos sensibles que puedan afectar tanto a la imagen de la empresa como a sus trabajadores
EC	Estrictamente confidencial	Información altamente exclusiva de la empresa al contener datos sensibles que puedan afectar significativamente tanto a la imagen de la empresa como a sus trabajadores

Nota. Elaboración propia.

Nivel de seguridad.

En el nivel de seguridad, se contempla quién y a qué información tendrá acceso las diferentes partes involucradas en la plataforma colaborativa, la cual es *Trimble Connect*. Esta plataforma otorga 2 niveles de acceso, siendo el nivel 2 el que tiene más permisos. Los niveles son los siguientes:

Tabla 36 Niveles de seguridad del EDC

NIVELES
Nivel 1: Usuario
Nivel 2: Administrador

Nota. Elaboración propia.

Estos dos niveles serán asignados a los miembros del proyecto según el nivel de interacción que realizarán. Por ejemplo, tanto los modeladores como los jefes de especialidades poseerán el nivel de usuario mientras que el jefe del proyecto y el especialista BIM serán administradores. Sin embargo, asignar solo el nivel no es suficiente para delimitar las acciones de los involucrados a determinadas carpetas. Para ello, el especialista BIM asignará un tipo de permiso a cada participante. De ese modo, los profesionales de cada especialidad tendrán acceso completo a su especialidad, mientras que solo podrán observar el de las carpetas de las otras especialidades. Asimismo, el jefe de estudio y el especialista BIM poseerán acceso completo a aquellas carpetas que sean compartidas con la Entidad, mientras que determinados jefes de especialidad podrán solo tener acceso de lectura.

Tabla 37 *Tipo de permisos en Trimble Connect*

TIPO DE PERMISO
Sin acceso
Acceso : Solo lectura
Acceso : Completo

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 9: Aplicación del PEB validado, caso: interferencia con tubería de agua de 700mm.

En primer lugar, cualquier aplicación BIM a un proyecto debe estar acompañado de un documento que establezca lineamientos de cómo estos se usarán, para qué será usado y por quiénes; así como, quiénes estarán involucrados dentro de los procesos establecidos y qué los roles se les designará. El documento en cuestión es el PEB y para la aplicación BIM que se realizará se usará el PEB validado para analizar el caso de la interferencia de las zapatas con la tubería de agua de 700mm.

9.1. Modelado de la geometría y acero de detalle

Para la realización de esta actividad se aplicará el proceso de trabajo por fases mencionado en el anexo: “Protocolo de modelado estructural” de los anexos de la tesis. Este inicia con la georreferenciación del modelo mediante la definición del punto base. Una vez determinado el punto base se determinaron las fases para la colaboración. Estas son las siguientes:

- Fase 0 : Pilotes
- Fase 1 : Encepados
- Fase 3 : Muros de estribo (pantalla, contrafuertes, etc)
- Fase 4: Vigas longitudinales, vigas diafragma
- Fase 5 : Losas de aproximación, tablero y barreras New Jersey.

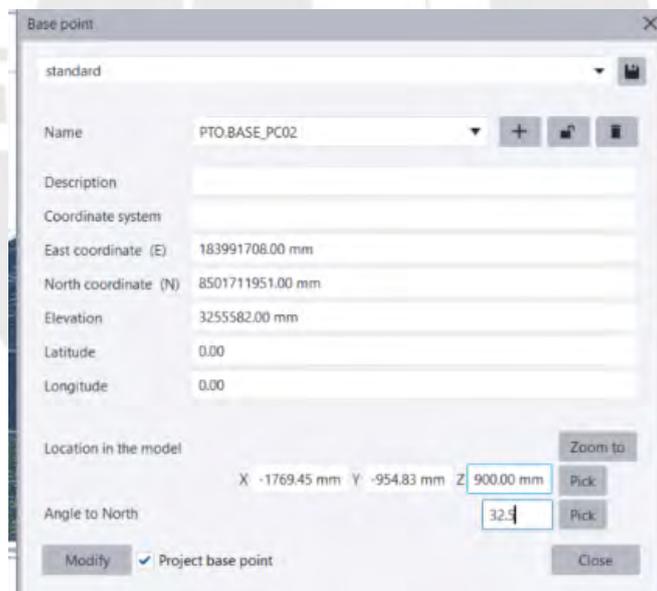


Figura 43. Definición del punto base en el modelo
Elaboración propia.

A continuación, se procedió a modelar la geometría y detallar el acero de la zapata pues es este el necesario para poder ejemplificar cómo la interferencia repercute con la

infraestructura. Para ello, se aplicaron criterios normativos que definen la longitud de traslape, ganchos y anclajes; así como, criterios y detalles constructivos necesarios para un claro entendimiento de la disposición del acero de refuerzo en obra.

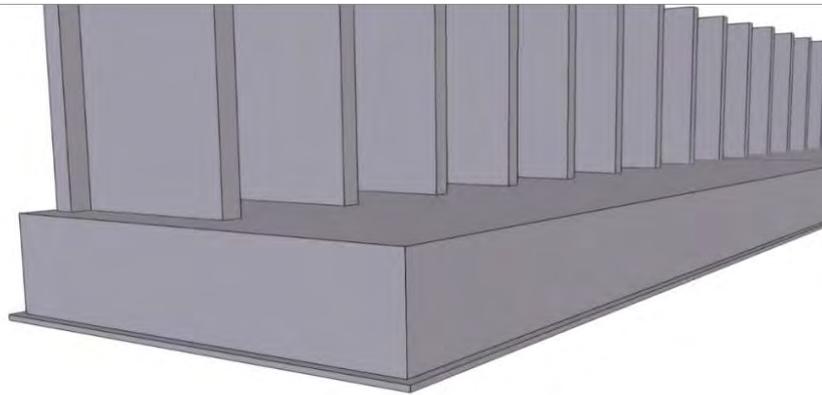


Figura 44. Geometría de la zapata del puente
Elaboración propia.

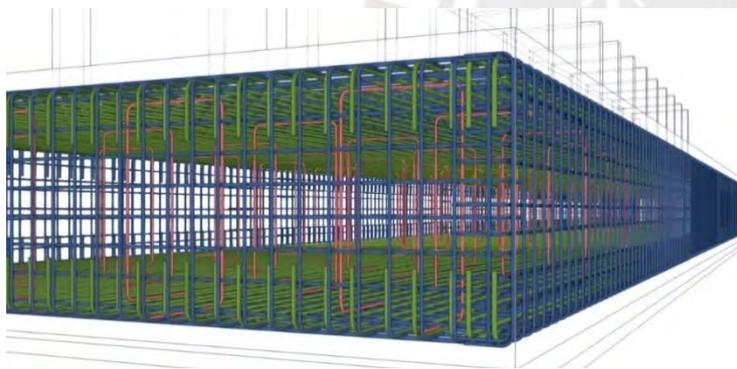


Figura 45. Detallado de acero de refuerzo para la construcción
Elaboración propia.

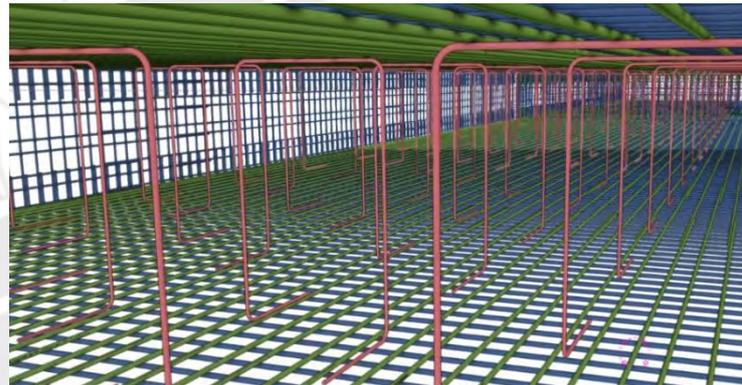


Figura 46. Separadores - detalles constructivos de acero de refuerzo
Elaboración propia.

Luego, se importa la información validada y actualizada de las redes de tuberías en “.dwg” al programa de modelado para que finalmente se pueda modelar la tubería existente que genera la interferencia de manera volumétrica.



Figura 47. Planta de catastro de red de tuberías de agua en zona de influencia del puente
Elaboración propia.

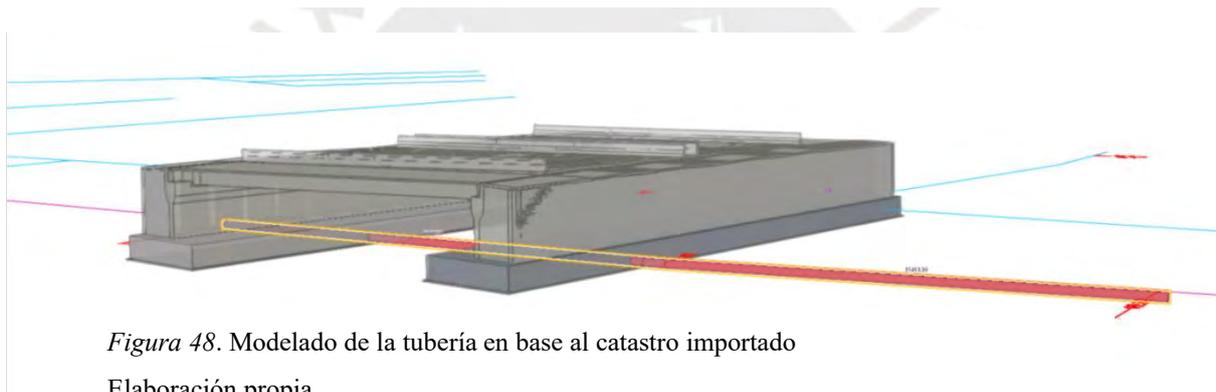


Figura 48. Modelado de la tubería en base al catastro importado
Elaboración propia.

9.2. Exportación de la información al EDC y gestión de interferencias

Después, toda la información es subida en formato IFC y .DWG a las carpetas correspondientes del EDC. Para ello se deberá usar el archivo base llamado “PC02-ifc-export”, pues dentro de este archivo ya se encuentra configurado por defecto aquellas entidades IFC que se exportarán durante el proyecto.

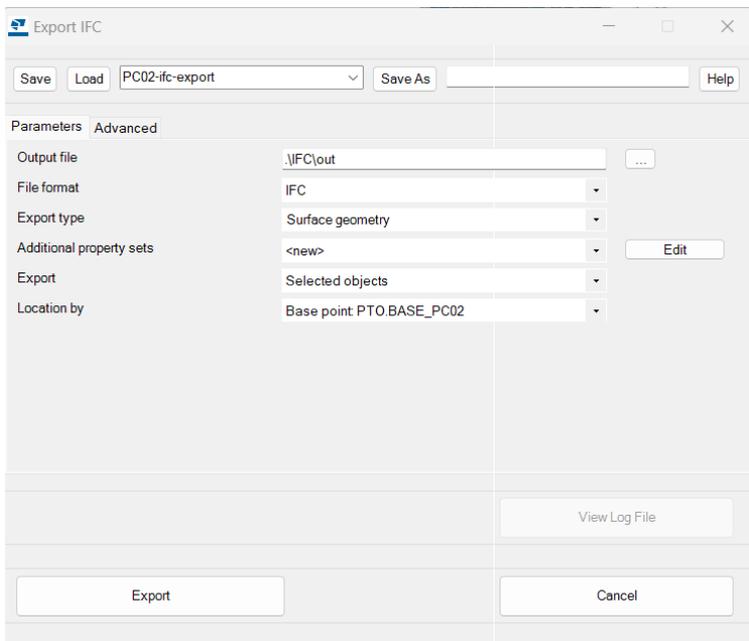


Figura 49. Uso del archivo base para la exportación
Elaboración propia

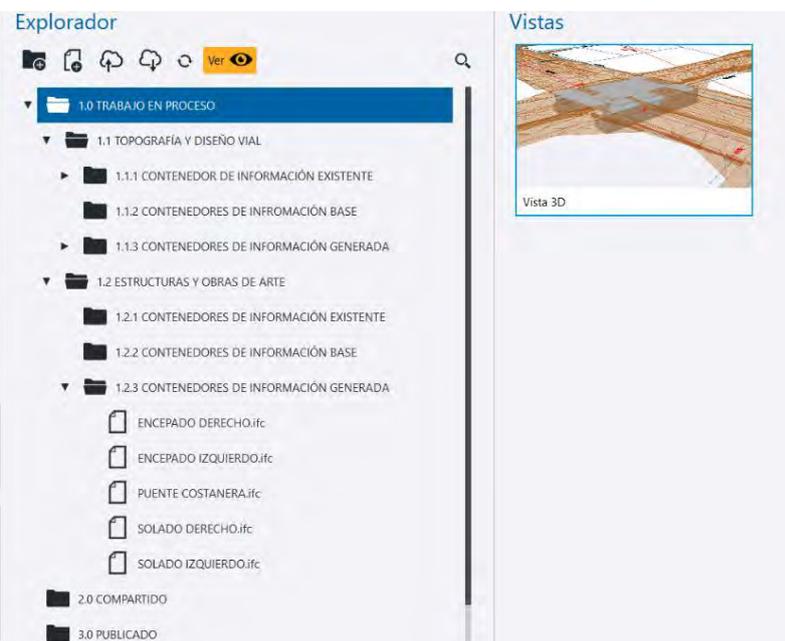


Figura 50. Información subida y federada automáticamente
Elaboración propia

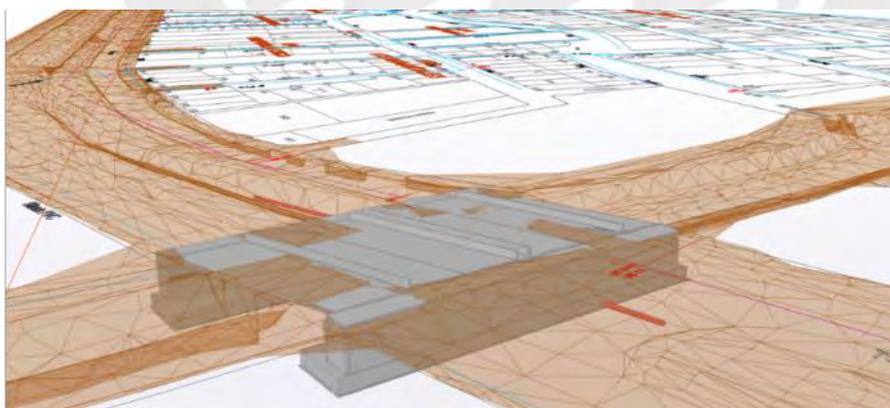


Figura 51. Integración de modelos de información de diferentes especialidades
Elaboración propia.

9.3. Detección de interferencias

Una vez que las especialidades pertinentes convergen en el EDC, se puede observar visualmente la interferencia. Sin embargo, es necesario realizar la detección de interferencias automática para poder tener una vista completa de todos los elementos involucrados. Para ello, se establece la tolerancia de “0.0 mm”, la cual es la establecida en el PEB validado para aquellas interferencias generadas por el choque de la infraestructura y las estructuras existentes.

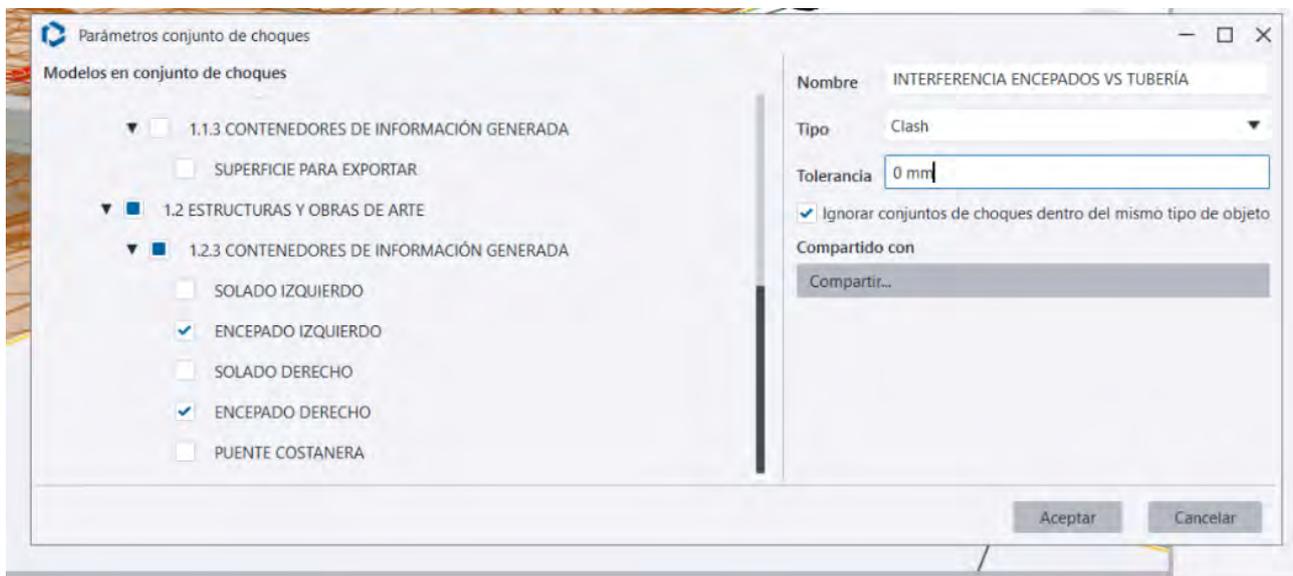


Figura 52. Creación tolerancia de interferencias en base a la tipología del PEB

Elaboración propia.

Una vez terminada la detección de interferencias, se tiene como resultado una lista de las interferencias detectadas por el programa. Es en esta etapa donde se empieza a evaluar caso por caso con el fin de determinar a los responsables, la prioridad, las fechas de vencimiento y las etiquetas del tipo de interferencia.

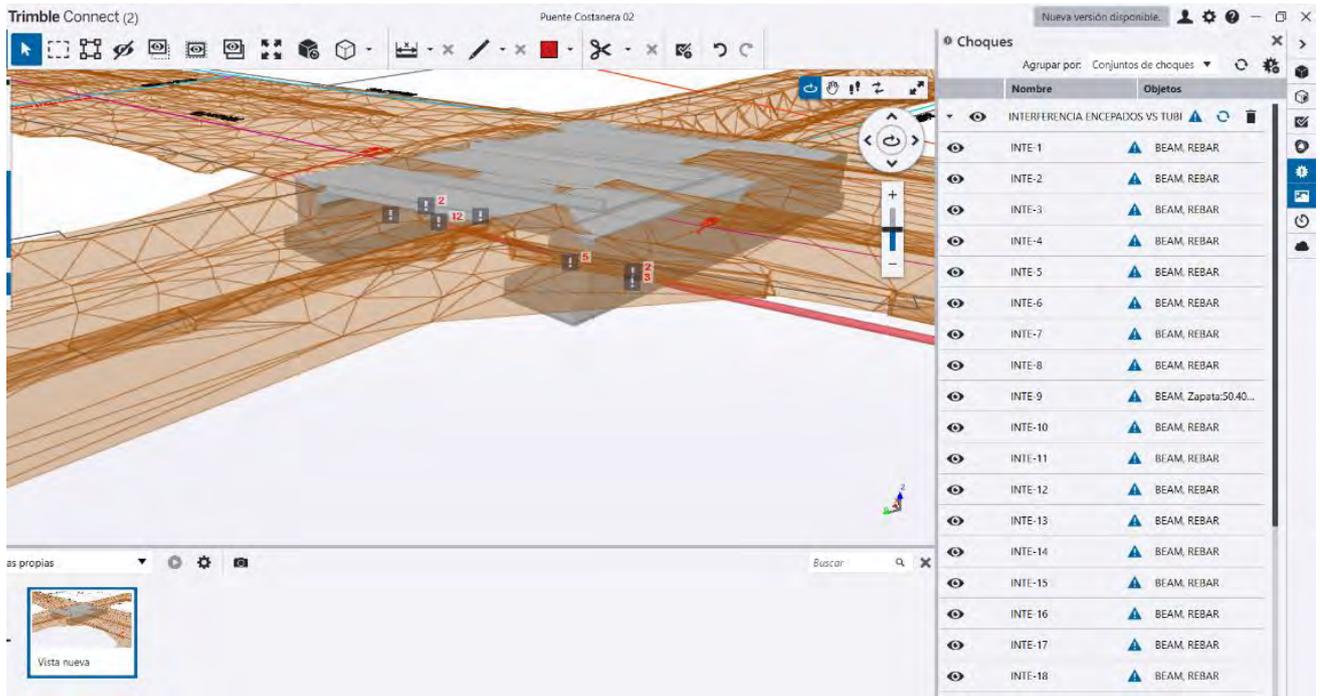


Figura 53. Detección de interferencia automática
Elaboración propia.

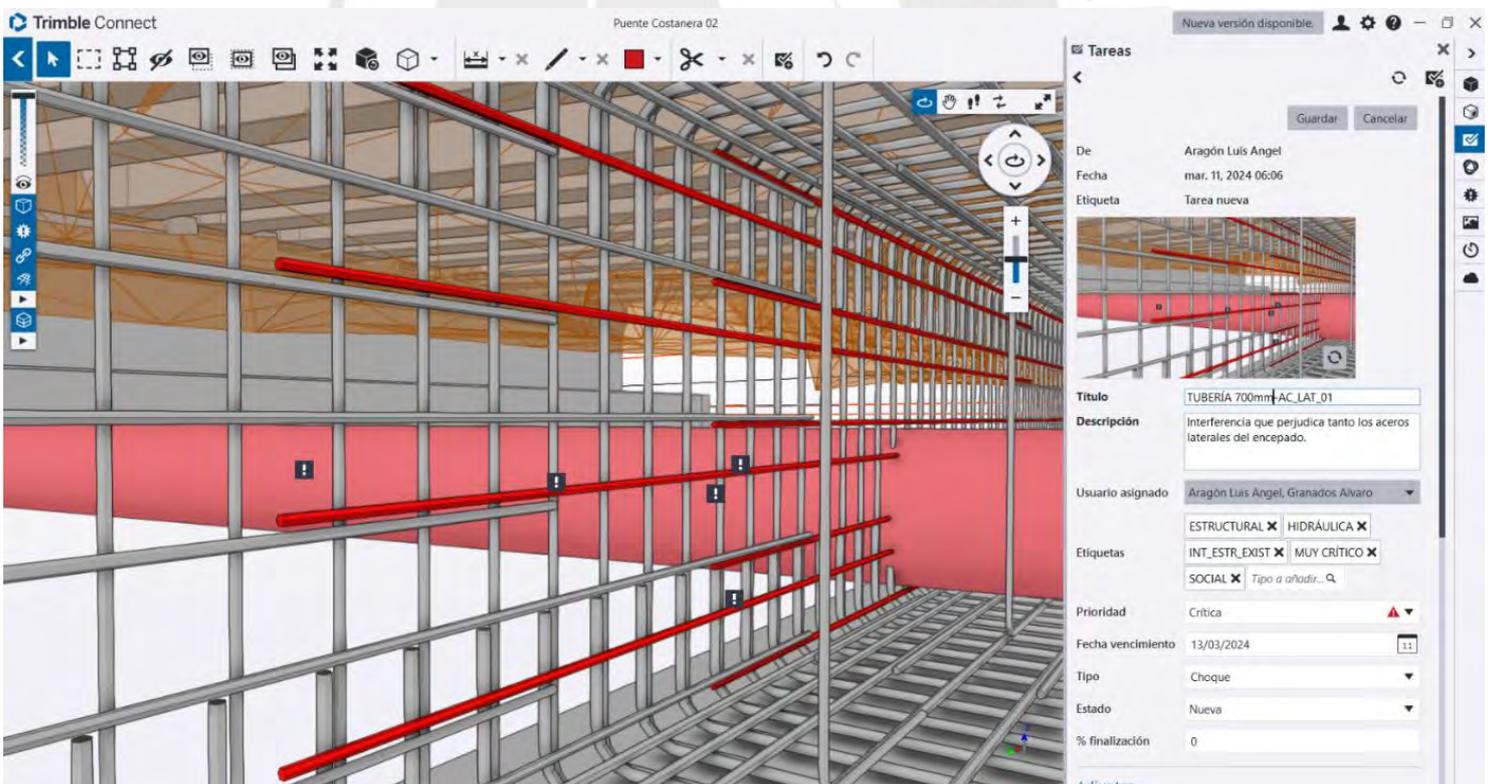


Figura 54. Ejemplo de interferencia llamada "TUBERÍA 700mm-AC_LAT_01"
Elaboración propia.

Por ejemplo, en la figura mostrada anteriormente se presenta la interferencia llamada “TUBERÍA 700mm-AC_LAT_01”, la cual muestra cómo la tubería interfiere con los aceros laterales horizontales de la zapata. Asimismo, se observan los usuarios asignados y las etiquetas usadas que contemplan las siguientes áreas: especialidades, caso de interferencia. Además, se precisa el tipo de interferencia que es “Estructuras Proyectadas vs Estructuras Existentes”; así como, la prioridad, la fecha de vencimiento, el estado y el porcentaje de finalización. Finalmente, para la gestión y control de avance de estas interferencias se muestra la ventana “Tareas” en la que se podrá visualizar rápidamente el estado de avance de este choque.

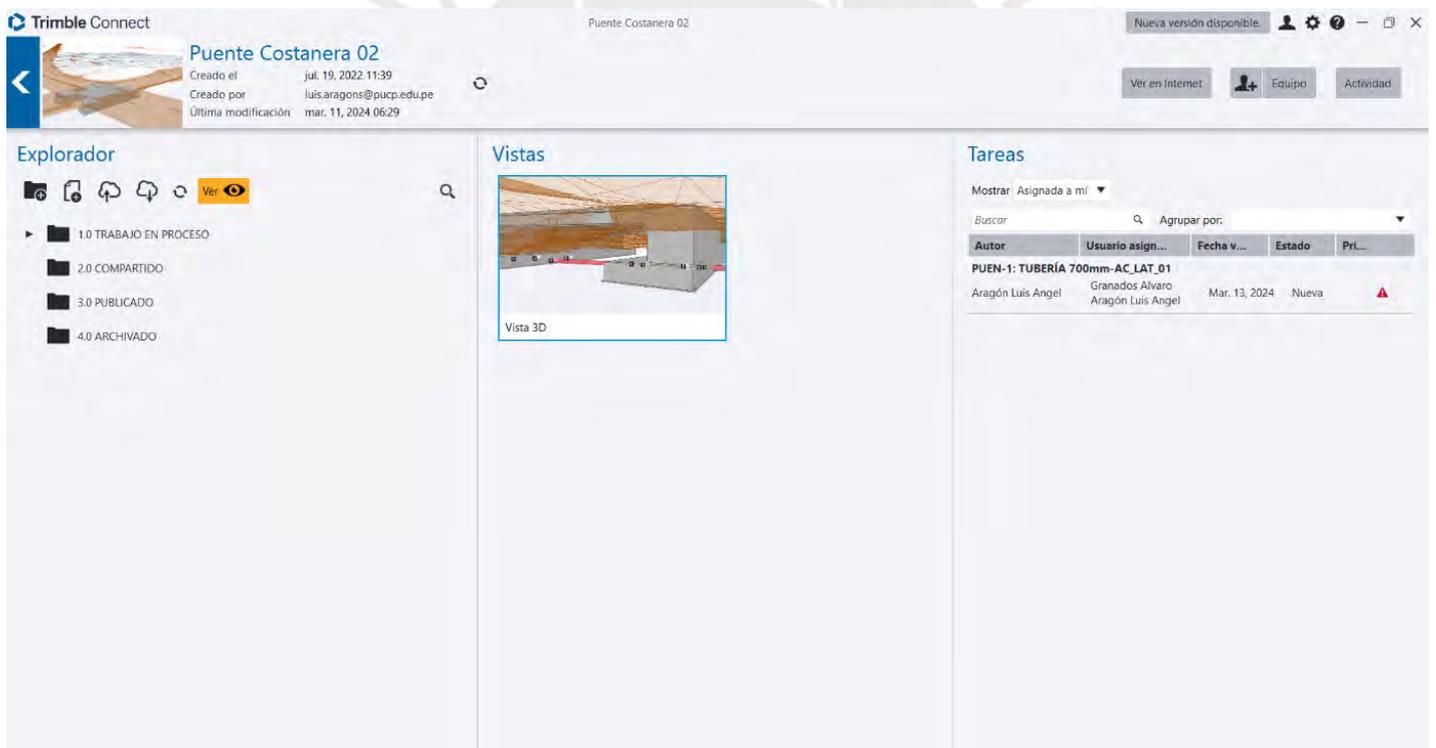


Figura 55. Control de avance de las interferencias

Elaboración propia.

9.4. Resultados de la aplicación BIM en el caso expuesto

Tras la aplicación de los usos BIM de visualización 3D, detección de interferencias y la coordinación de la información se pudo evidenciar cómo BIM facilita el proceso de levantamiento de las interferencias mediante el uso de herramientas de modelado y plataformas de colaboración; sin embargo, no solo es suficiente mostrar algunos alcances de esta metodología, sino poder identificar los beneficios potenciales asociados a la implementación con el fin de que sirva como incentivo para una correcta aplicación y apoyo por parte de los inversores (Sompolgrunk, et al., 2021).

Para ello y teniendo en cuenta que esta aplicación se hizo posteriormente a la construcción del puente se considerará como un beneficio a aquello que se pudo evitar (en la construcción) si se hubiese incorporado BIM junto con las buenas prácticas de verificación de información en la etapa de diseño del caso de estudio. Los resultados que se analizarán serán aquellos relacionados a la aplicación de BIM que representan un retorno de inversión establecidos para la evaluación cualitativa en el capítulo 5: Reducción de RFI y órdenes de cambio, reducción de sobrecostos, reducción y cumplimiento de plazo, aumento de la productividad y disminución de trabajos.

Reducción de RFI y órdenes de cambio

En el proyecto, los requisitos de información y solicitudes de cambio se transmiten principalmente mediante comunicaciones formales a través de correos electrónicos. Estos documentos son llamados cartas, las cuales fueron remitidos y respondidos para poder coordinar todo lo que se consideraba necesario en cuanto a la absolución de la interferencia que se tubo con la tubería de 700 mm. Tras la revisión del histórico de cartas se pudo observar lo siguiente:

- De la búsqueda realizada se contabiliza un aproximado total de 28 cartas fueron emitidas por la supervisión, el contratista del proyecto, y la entidad contratante. De estas se encuentra que se realizaron 5 propuestas de solución a la interferencia, las cuáles fueron todas observadas. Es decir, el proceso de creación y validación de propuestas se repitió 5 veces.

Reducción de sobrecostos

La interferencia detectada durante la ejecución del proyecto resultó ser demasiado restrictiva, pues se trataba del choque de ambas zapatas del puente costanera con una tubería de 700mm que provee de agua a parte significativa de la población cusqueña. Ello ocasionó el rediseño del puente y sobrecostos con el fin de solucionar dicho inconveniente.

De esta manera, una actividad inicial fue corroborar la ubicación de la tubería de 700mm. Para ello se realizó y aprobó la cuarta variación de obra mediante la carta 045-2023-GR CUSCO/PLAN COPESCO en la que se realizaron piques para detectar la tubería de 500mm y 700mm.

Específicamente, en el puente en mención, se realizaron 6 piques que costó S/. 14 186.36. Por otro lado, el presupuesto para la elaboración del rediseño costó S/. 70 504.00, monto que fue aceptado por el contratista en la carta N°180-22-CGGC/COPESCO.

Finalmente, del informe de avance mensual N° 38 se aprecia que el rediseño generó metrados mayores con respecto a los metrados iniciales de obra, lo que ocasionó costos mayores. La precisión de qué partidas variaron en cantidad y costo se muestran en la tabla de abajo. De esta manera se generó un sobrecosto total de S/. 1 199 085.667.

Tabla 38 Diferencia de metrados y costos contractuales con los ejecutados

PARTIDAS	UND,	METRADO CONTRACTUAL	COSTO (S/.)	METRADO EJECUTADO	COSTO (S/.)	DIFERENCIA (S/.)
Trazo y replanteo de puentes	M2	1 234,75	8 445,69	1 798,69	12 303,04	3 857,35
Excavación para estructuras en material común en seco	M3	2 874,9	19 261,83	5 608,86	37 579,36	18 317,53
Concreto clase D (F'c=280 kg/cm ²)	M3	632,4	231 382,51	713,2	260 945,62	29 563,11
Encofrado y desencofrado cara vista en seco	M2	410,4	38 027,66	523,33	48 491,76	10 464,1
Encofrado y desencofrado cara no vista en seco	M2	1 826,63	180 123,98	2 082,32	205 337,58	25 213,6
Excavación con funda para pilotes	M3	3 518,47	3 821 128,79	3 876,11	4 209 532,98	388 404,19
Acero de refuerzo Fy = 4,200 kg/cm ² (SUB ESTRUCTURA)	KG	286 481,05	1 541 268,05	382 554,72	2 058 144,39	516 876,34
Concreto F'c=280 kg/cm ² (en losas)	M3	231,41	91 703,15	233,67	92 598,75	895,6
Acero de refuerzo Fy = 4,200 kg/cm ² (SUPER ESTRUCTURA)	KG	91 233,19	490 834,56	97 495,52	524 525,9	33 691,34
Solado de concreto F'c= 100 kg/cm ²	M2	169,8	6 411,65	171,92	6 491,7	80,05
Transporte de desechos y excedentes a DME para D <= 1 km	M3-KM	5 544,42	33 211,08	13 663,93	81 846,94	48 635,86
Transporte de desechos y excedentes a DME para D > 1 km	M3-KM	43 074,6	37 474,9	87 208,5	75 871,4	38 396,5
						1 114 395,31

Nota. Elaboración propia.

Reducción y cumplimiento de plazo

La interferencia tuvo como consecuencia un retraso significativo en cuanto al inicio de la construcción del puente. El aviso de la existencia de la interferencia se realiza a través de la carta N°618-21-CGGC/COPESCO con fecha 01/09/2021. Tiempo después, el monto de la contraoferta realizada por la supervisión para la realización del rediseño es aprobada el 23/03/2022 mediante la carta N°180-22 CGGC/COPESCO. Finalmente, esta decisión es compartida con la entidad mediante a carta J3D166-LT-265-2022.

Por otro lado, de acuerdo del informe mensual N°39 se inició las actividades en el puente el 01/01/2023(Nippon Koe LAC, 2024). Al comparar esta fecha con lo propuesta por el cronograma inicial se observa que la fecha de inicio planificada se dispuso a finales el séptimo mes del inicio del proyecto. Es decir, tomando en cuenta que las actividades del proyecto iniciaron el 28/01/2021 se planificó empezar a realizar el puente alrededor del 26/08/2021.En síntesis, producto a la aprobación y elaboración del rediseño, y la elaboración de piques para detectar la tubería de 700mm se tuvo un retraso de aproximadamente 493 días calendarios.

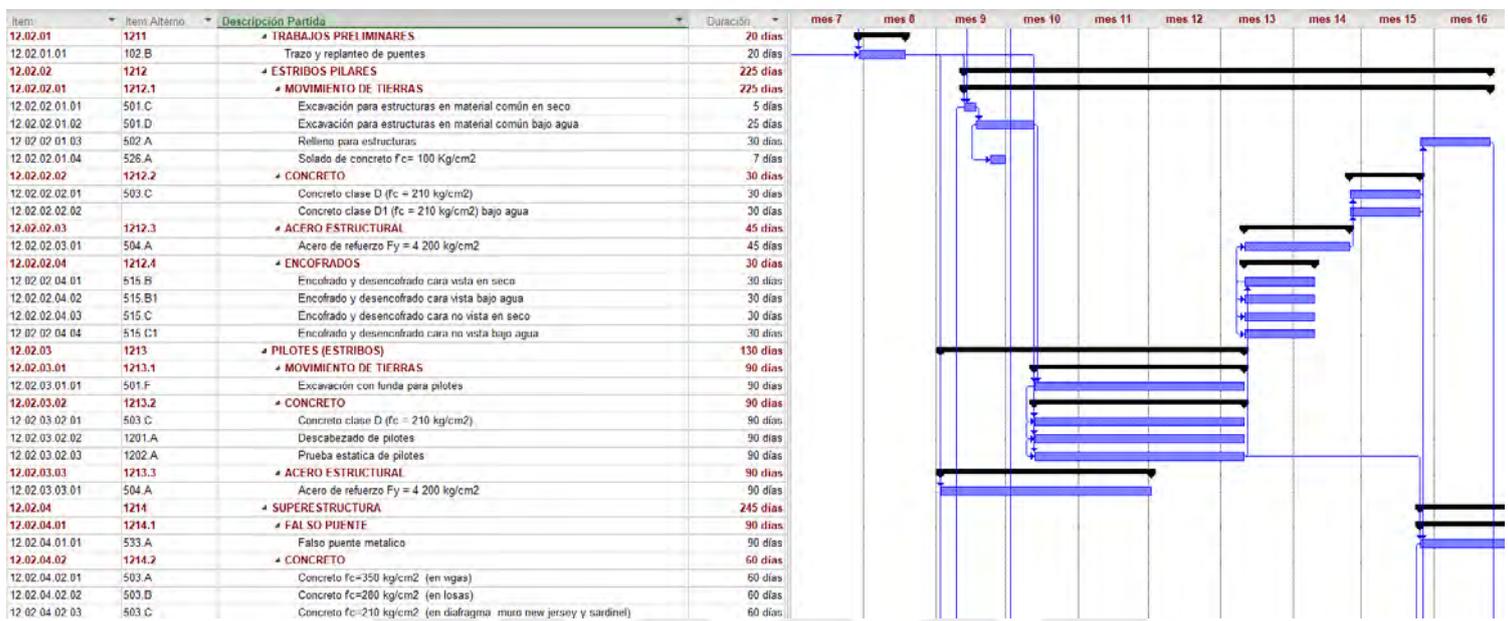


Figura 56. Cronograma de ejecución del Puente Costanera 2

Tomado de Cronograma de ejecución de obra.

Capítulo 10: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- En la evaluación cuantitativa, de los TDR revisados que no incluyen BIM se pudo encontrar que la información que contienen cumple hasta el 50% de la información requerida en el anexo E de la GNB. Ello quiere decir que antes de la publicación de este anexo los TDR ya solicitaban dicha información. Por otro lado, en los TDR que incluyen BIM se encontró que cumplen hasta un 60% de la información solicitada en el mismo anexo. Es decir, aun conteniendo BIM no se llegó a solicitar toda la información que el anexo E precisa.
- En la evaluación cualitativa, se evidencia que aquellos TDR con el 69% de cumplimiento de las “actividades de la GI” fueron elaborados por PROVIAS Nacional, mientras que aquellos que poseen un cumplimiento menor o igual que 31% son realizados en su mayoría por gobiernos regionales y municipios que no se ubican en la capital. Ello podría indicar la existencia de una brecha de conocimiento de la implementación de BIM en la elaboración de los TDR de proyectos públicos. Por lo tanto, resulta pertinente recomendar que se implemente una estrategia de difusión por la DGPMI de manera proactiva que capacite y otorgue recursos necesarios a los gobiernos regionales y municipalidades mencionados para que puedan implementar BIM de manera eficaz.
- De los TDR revisados entre los años 2021 al 2023, se aprecia una tendencia decreciente en la cantidad y calidad de la implementación BIM. Ello contrasta con los objetivos del Plan BIM Perú de implementar progresivamente la adopción y uso del BIM en los procesos de inversión de las entidades y empresas públicas.

- Del análisis de la implementación BIM que se realizó en el proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Óvalo los Libertadores – Puente Costanera – Nodo Versailles”, motivo de esta tesis, se encontró que en los TDR para el ET no fue requerida la aplicación de la metodología BIM. Por otro lado, se observó que en la etapa de construcción tanto la Entidad, supervisión y contratista conscientes por los potenciales beneficios de la aplicación de BIM, optaron por implementarla de forma proactiva, a pesar de que no era un requisito contractual.
- La aplicación de la técnica de investigación cualitativa denominada "entrevistas a profundidad" de tipo "abiertas" con el objetivo validar el PEB demostró ser una técnica de investigación práctica de aplicar, versátil y sumamente beneficiosa. Ello debido a que se promueve la participación activa de los expertos entrevistados, quienes aportaron con nuevas ideas y perspectivas novedosas, enriqueciendo el PEB inicial.
- De las entrevistas a profundidad sobre el PEB inicial se observa que los incisos en los que las recomendaciones incidieron más fueron la "Conformación y responsabilidades del equipo de ejecución" y la "Estrategia de coordinación, producción y entrega de información". Del primer inciso, el EBEP expresó que no se debería aplicar roles BIM, sino que las nuevas actividades y responsabilidades de implementar BIM deberían ser asumidas por los trabajadores que ocupan los cargos existentes. Ello discrepa levemente con lo propuesto por los EBCG, pues mencionaron que debería existir al menos un especialista que apoye al equipo en la GI con BIM. Por otro lado, todos los expertos convergen al recomendar que la GI con BIM no solo es responsabilidad del postor ganador, sino que tanto la Entidad como el personal clave y no clave del consultor deben participar activamente en ella. En

cuanto al segundo inciso, se observa que todos los expertos recomendaron que el enfoque de la producción, coordinación y federación de la información debe estar basada en la información que se desarrolla durante el proyecto y sus entregables contractuales.

- Las recomendaciones de los expertos también influyeron de manera significativa en los siguientes incisos "Lista de recursos informáticos necesarios" y "propuesta de indicadores de rendimiento". En estos apartados, se logró conocer y unificar las recomendaciones de los representantes del sector público como el privado, ya que eran complementarias. En cuanto a la "Lista de recursos informáticos necesarios", a los CBP les resulta importante asociar cada programa a un uso BIM determinado, justificar su uso y que posean la capacidad de interoperar mediante archivos OpenBIM, mientras que para los EBCG y el EBEP es importante contar con softwares especializados con capacidad de administrar eficientemente información más extensa y compleja. Sobre la "Propuesta de indicadores de rendimiento", los representantes del sector público mencionaron importante medir el tiempo que se demora en levantar una interferencia y el costo evitado por esta, mientras que para los representantes del sector privado no basta solo con poner indicadores, sino que recomendaron complementarlo con valores meta y planes de acción en caso no se llegue a dichos valores.
- El empleo del PEB validado permitió demostrar la capacidad de la metodología BIM para identificar y prevenir una deficiencia del ET: interferencia entre la tubería de agua de 700mm y las zapatas del puente. La detección se logró gracias a los usos de la visualización 3D y la coordinación de la información los cuales facilitaron la comprensión del problema. Además, la detección automática de interferencias se

permitió un análisis detallado del impacto de la tubería en los aceros de refuerzo de las zapatas. Esta información pudo ser clasificada, gestionada y compartida con diferentes especialistas para la solución colaborativa de la interferencia.

- De la literatura revisada, se muestra que uno de los factores más influyentes en la decisión de los involucrados del proyecto de incluir BIM en un proyecto es el retorno de inversión generado al aplicar dicha metodología (BIM ROI). Asimismo, se destaca que los resultados de BIM ROI más comunes son: Reducción de tiempos de entrega, RFI, órdenes de cambio y sobrecostos, y aumento de la productividad. En la tesis se comprobó el potencial de la implementación de BIM para aumentar el ROI del proyecto, ya que producto a la interferencia entre la tubería y las zapatas se produjo 493 días calendarios de retraso, alrededor de 28 comunicaciones (de los cuales 5 fueron órdenes de cambio) y sobrecostos de aproximadamente S/. 1 199 085.667. Estas consecuencias pudieron ser mitigadas o evitadas con la aplicación BIM en el desarrollo del ET pues hubiese podido contribuir a identificar y prevenir dicha interferencia.

Recomendaciones

- En Perú solo se cuenta con la publicación del anexo F: Registro del plan de ejecución BIM, así mismo, es el PEB que se presenta para licitar o PEB de oferta, mientras que en Chile por ejemplo, se cuentan con plantillas tanto para el PEB de oferta como el PEB definitivo. Sin embargo, el anexo F solicita casi la misma cantidad de información que la plantilla del PEB definitivo de Chile. Solicitar para la licitación esta cantidad de información junto con la información que tradicionalmente se sigue solicitando representa un aumento de volumen de trabajo extenuante para los postores y podría desincentivar a los postores ya que se requerirían mayores esfuerzos que significaría

una inversión perdida si no son favorecidos como ganadores. Por ello, se recomienda que el anexo F solicite aquella información necesaria para conocer de manera general cómo el postor pretende producir, entregar y revisar la información generada en un entorno BIM y con qué herramientas, mientras que en otro anexo se solicite más detalle de la GI con BIM y ya sea entregado por el postor ganador.

- Se observa que la GNB es más afín con la ISO 19650-2 que con la guía elaborada por el Penn State. Ello se evidencia cuando incisos de esta guía como “Plan ejecución para cada Usos BIM” y “futuras implementaciones BIM en el contrato” no son considerados por la GNB como parte de los entregables que el equipo de trabajo debe realizar durante las etapas de GI: presentación de ofertas y designación. Sin embargo, durante la investigación resultó de utilidad aplicar el primer inciso en el PEB validado, pues se comprendió mejor cómo se plantea realizar cada uso BIM y cómo se pretende realizar la integración de los distintos involucrados en el proyecto. Por lo que se recomienda su aplicación, pues sirve para precisar cómo se realizará la GI. Por otra parte, también se recomienda que se solicite contractualmente el apartado relacionado a las futuras implementaciones BIM ya que promueve la documentación de las experiencias de aplicar BIM en los proyectos, lo que aporta a la curva de aprendizaje de los involucrados.
- Debido a la discrepancia encontrada sobre la aplicación de la evaluación de capacidades y conocimientos del equipo de trabajo que propone la GNB con respecto a los procesos vigentes de licitación para la consultoría de obras en el SEACE. Se recomienda la creación de dispositivos normativos que aprueben la obligatoriedad de la solicitud de la evaluación del personal clave y no clave en contrataciones con el Estado con el fin de compatibilizar lo propuesto por la GNB y estos procesos.

- La documentación y divulgación de las lecciones aprendidas, beneficios, potencialidades y obstáculos es de suma importancia para incentivar el uso de BIM entre los involucrados del sector de la construcción. Por ello, es necesario requerirlo en proyectos en los que se esté implementando BIM.



Bibliografía

- Alam, F., Ali, J., & Madni, S. (2023) *Identifying Barriers to effective BIM Adoption in the Re-Engineering of construction business practices in developing countries.*
- Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., & Kennedy, I. B. (2020). Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(1), 225–230.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.010>
- Autodesk. (2022). *User Access Levels.*
https://help.autodesk.com/view/BIM360D/ENU/?guid=BIM360D_GettingStarted_CLC_bim_360_user_access_levels_html
- Azzouz, A. (2017) *BIM Champions: why do we need them?*. ARUP. Recuperado el 13 de marzo del 2024, de <https://www.arup.com/perspectives/bim-champions-why-do-we-need-them>
- Barbosa, F., Woetzel, J., & Mischke, J. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. *McKinsey Global Institute.*
<https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>
- Bedrick, J., Faia, W., Ikerd, P. E., & Reinhardt, J. (2020). *Level of Development Specification LOD Spec 2020 Part I For Building Information Models.*
- Benavides, J. (2020). *Sesión 02 Participantes de un Proyecto de construcción.* PAIDEIA PUCP.
https://pucp.zoom.us/rec/play/hhCXxH_8CAny8bcEvloCiyoh7tbjYyh7yHs2E_d2_tF_CMx-0NLXOgFDeCmVT8CaKB9mPy3cYT0yLkGr.u3nSJedfl5I2mI6O?canPlayFromShare=true&from=share_recording_detail&continueMode=true&componentName=rec-play&originRequestUrl=https://pucp.zoom.us/rec/share/8tTnNsObBB6Sb_UyfJ4F3Ye2Ko5jBiiWmoxpGWkWLz9nnBHo8Dir8r8wLaUBdCe8.nnxPiIujh_17lXbu

Bentley Expert. (2020, November 19). *Success Story | BIM Application on Chengdu-Yibin Expressway*. <https://blog.virtuosity.com/success-story-bim-application-chengdu-yibin-expressway>

BIM Community. (2018). Iconic Bridge Project Connecting Hong Kong and Macau Adopts BIM Methodology. <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/105/iconic-bridge-project-connecting-hong-kong-and-macau-adopts-bim-methodology>

BIM FORUM (2020) *Level of development (LOD) specification part 1 & Commentary*.

Building Smart International (s/f). What is Open BIM?

<https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/>

Bulding Smart Spain (2022). Guía de Sistemas de Clasificación cuando se utiliza BIM.

<https://www.buildingsmart.org/standards/domains/infrastructure/ifc-bridge/>

Carta N° 045-2023-GR CUSCO/PLAN COPESCO (2023) *Adenda N°4*

Carta N°180-22-CGGC/COPESCO (2022) *Sobre re diseño de puente costanera 1*

Carta N°618-21-CGGC/COPESCO (2021) *Alternativa de solución de interferencias de tubería de agua potable de 700 mm puente costanera 1*

Carta J3D166-LT-253-2022 *Ejecución del puente costanera 1*

Carta J3D166-LT-265-2022 *Rediseño del puente costanera 1*

Construction Industry Institute. (1986). *Constructability, A Primer*. 1–16.

Choo, J. y C, S., (2014) *Values of Bridge in the formation of cities*

Constructivo. (2023). *Puente Kutuctay presenta más del 60% de avance en su construcción*.

<https://constructivo.com/noticia/puente-kutuctay-presenta-mas-del-60-de-avance-en-su-construccion-1694643912>

Construsoft. (2020). Puente Nanay y Viaductos de Acceso.

<https://construsoftbimawards.com/es/puente-nanay-y-viaductos-de-acceso/>

Corporación de Fomento de la Producción (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos*.

C.P.S de Ingeniería, Coba Perú (2019). *Elaboración del Expediente Técnico (Diseño) del Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Óvalo Los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versailles*.

C.P.S de Ingeniería, Coba Perú (2019). *Estudio Geotécnico de la Vía Expresa Cusco*.

C.P.S de Ingeniería, Coba Perú (2019). *Resumen ejecutivo de la Vía Expresa Cusco*.

C.P.S de Ingeniería, Coba Perú (2019). *Estudio hidráulica y drenaje de la Vía Expresa Cusco*.

Contraloría General de la República (2023). *Informe de Obras Paralizadas en el Territorio Nacional a octubre 2023*. <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/informes-publicaciones/4876411-informe-de-obras-paralizadas-en-el-territorio-nacional-a-octubre-2023>

Dakhil,A. , Alshawi, M. & Underwood, J. (2015) BIM Client Maturity: Literature Review.

Decreto Legislativo N° 1252, (2016). <https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-inv-publica/instrumento/decretos-legislativos/15603-decreto-legislativo-n-1252/file>

Decreto Legislativo N° 1432. Decreto que Modifica el Decreto Legislativo N° 1252, (2018). <https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-inv-publica/instrumento/decretos-legislativos/18171-decreto-legislativo-n-1432-1/file>

Decreto Legislativo N°1444. (2018). <https://www.mef.gob.pe/es/por-instrumento/decreto-legislativo/18212-decreto-legislativo-n-1444/file>

Decreto Legislativo N° 1486 (2020)
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1866210-4>

Decreto Supremo N° 237-2019-EF Aprobación del Plan Nacional de Competitividad y Productividad, (2019).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/348293/DS_237-2019-EF_ACCESIBLE.pdf

Decreto Supremo N° 289-2019-EF, (2019).

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/359371/DS289_2019EF.pdf

Decreto Supremo N° 108-2021-EF. Modificación del Decreto Supremo N° 289-2019-EF, (2021). <https://www.gob.pe/institucion/mef/normas-legales/1926189-108-2021-ef>

Decreto Supremo N° 345-2018-EF. (31 de diciembre del 2018). Diario Oficial El Peruano. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/264500/DS345_2018EF.pdf?v=1546471520

Decreto Supremo N° 082-2019-EF. (13 de marzo de 2019). Normas legales, N° 30225, Diario Oficial El Peruano.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/298343/DS082_2019EF.pdf

Decreto Supremo N° 119-2020 – EF. (24 de mayo del 2020). Diario Oficial El Peruano. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/730625/DS119_2020EF.pdf?v=1590323180

Decreto de Urgencia N° 021-2020(24 de enero de 2020) <https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-inv-publica/instrumento/decretos-de-urgencia/22842-decreto-de-urgencia-n-021-2020-1/file>

Del Savio, A. A., Vidal Quincot, J. F., Bazán Montalto, A. D., Rischmoller Delgado, L. A., & Fischer, M. (2022). Virtual Design and Construction (VDC) Framework: A Current Review, Update and Discussion. In Applied Sciences (Switzerland) (Vol. 12, Issue 23). MDPI. <https://doi.org/10.3390/app122312178>

Dirección de Gestión Vial Equipo de Gestión de Activos Viales (2023). *Resultados del inventario de puentes de la red vial nacional no concesionada.*

Directiva N° 001-2019-OSCE/CD (2019)

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/396946/RESOLUCION_N%C2%BA_185-2019-OSCE-PRE__1_.pdf

DIRECTIVA N° 001-2019-EF/63.01 (2019)

<https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-inv-publica/instrumento/directivas/19114-resolucion-directoral-n-001-2019-ef-63-01-2/file>

Eastman, C. M., Teicholz, P. M., Sacks, R., & Lee, G. (2008). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*.

Fanning, B. (2014). *Impacts and benefits of implementing bim on bridge an infrastructure rojects*

Feibel., B. (2013) *Invest performance measurement*.

Gerencia de Control de Servicios Públicos Básicos. (2019). *REPORTE DE OBRAS PARALIZADAS 2019*.

Giel, B., Issa, R. (2013). *Return on investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction*.

Giménez, Z. (2008). *Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles*.
http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2008/BUSINESS_ADMINISTRATION_AND_STRATEGY/151-160.pdf

Gobierno Regional de Ayacucho (2022) *Estudio definitivo del proyecto: “Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco”*.

Información insuficiente para la implementación BIM

Gobierno Regional de Ayacucho (2022) *Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Pampas*.

Hallowell,G., Gambatese,J. (2010). *Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research*.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista,M. (2014) *Metodología de la investigación*.

- ICANAL. (2018). ETP-ISO 12911:2018. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- ICANAL. (2024). NTP-ISO 29481-2:2018. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (2019). NTP-ISO 22263:2019.
- INACAL. (2020). NTP-ISO 29481-1:2019. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (2021a). NTP-ISO 12006-2:2021.
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (2021b). NTP-ISO 12006-3:2021.
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (2021c). NTP-ISO 19650-1:2021.
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (2021d). NTP-ISO 19650-2:2021
- Instituto Peruano de Economía (2022) *Las protestas cuestan por lo menos S/ 212 millones diarios al país.*
<https://www.ipe.org.pe/portal/las-protestas-cuestan-por-lo-menos-s-212-millones-diaris-al-pais/>
- Nippon Koei LAC (2024) *Informe de avance mensual N°38*
- Nippon Koei LAC (2024) *Informe de mensual N°39*
- Kontothanasis, P., Krommyda, V., & Roussos, N., (2019) BIM and Advanced Computer Based Tools for the Design Construction of Underground Structures and Tunnels.
- La Contraloría General de la República. (2023). *Prolongada paralización de obra en Puente Noruega generaría un perjuicio superior a S/ 1 millón.*
<https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/813508-prolongada-paralizacion-de-obra-en-puente-noruega-generaria-un-perjuicio-superior-a-s-1-millon>

- La Contraloría General de la República. (2023a, April 5). *Contraloría revela demora en evaluación de puentes con riesgo de colapso en vía entre Lima – Junín - Pasco*. <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/738553-contraloria-revela-demora-en-evaluacion-de-puentes-con-riesgo-de-colapso-en-via-entre-lima-junin-pasco>
- Lean Construction Institute (2015). *Choosing By advantages*
- Maskuriy, R., Selamat, A., Maresova, P., Krejcar, O., & David, O. O. (2019). Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective. In *Economies* (Vol. 7, Issue 3). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/economies7030068>
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., and Zikic, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2022). *El MEF publica “Directiva para la selección, desarrollo y acompañamiento de proyectos piloto utilizando BIM.”* <https://www.gob.pe/institucion/mef/noticias/598049-el-mef-publica-directiva-para-la-seleccion-desarrollo-y-acompanamiento-de-proyectos-piloto-utilizando-bim>
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2020). *Conferencia: Usos BIM Casos de Éxito*. [https://www.youtube.com/watch?v=lhUwX6MiRyQ&t=4656s&ab_channel=Ministerio deEconom%C3%ADa y Finanzas delPer%C3%BA](https://www.youtube.com/watch?v=lhUwX6MiRyQ&t=4656s&ab_channel=Ministerio%20deEconom%C3%ADa%20y%20Finanzas%20del%20Per%C3%BA)
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2020). *Guía BIM de apoyo a contrataciones con requisitos BIM*.
- Min-Ho, S., Ji-Hyun J. y Hwan-Yong, K. (2022) *Quantitative and Qualitative Analysis of Applying Building*

Information Modeling (BIM) for Infrastructure Design Process

Mossman Alan. (2014). *Choosing By Advantages*.

Municipalidad Metropolitana de Lima (2020) *Creación del puente Inca Moya*

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

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

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

O'Malley, A. (2021). *BIM adoption in Europe: 7 countries compared*.
<https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>

Ouellette, J. (s.f) *OpenBIM for Infrastructure*. BuildingSmartUSA. Recuperado el 05 de febrero del 2024, de <https://www.buildingsmartusa.org/openbim-for-infrastructure/>

Palpan, A. (2022). *PUENTE OVALO MONITOR*. Construsoft. Recuperado el 05 de julio de 2022, de <https://construsoftbimawards.com/es/puente-ovalo-monitor/>

Plataforma digital única del Estado Peruano (2023a, 30 de enero). *MTC: Puente Kutuctay reducirá en dos horas tiempo de viaje en ruta Apurímac-Cusco*. Recuperado el 16 de febrero de 2024, de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/694358-mtc-puente-kutuctay-reducira-en-dos-horas-tiempo-de-viaje-en-ruta-apurimac-cusco>

Plataforma digital única del Estado Peruano (2023c, 30 de enero). *Prestaciones adicionales de obras*. Recuperado el 10 de febrero, de <https://www.gob.pe/12299-prestaciones-adicionales-de-obras>

Plataforma digital única del Estado Peruano (2024,14 de enero). Prestaciones de adicionales de obras. Recuperado el 16 de febrero del 2024, de <https://www.gob.pe/12299-prestaciones-adicionales-de-obras>

PlanBIM. (2016). *Hoja de ruta y plan de acción del PLANBIM*. <https://planbim.cl/acciones/hoja-de-ruta-y-lineas-de-accion/>

Presidencia de la República. (2018). Aprueban el reglamento del Decreto Legislativo N° 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Decreto Supremo N° 284-2018-EF

Programa Nacional de Infraestructura Educativa [PRONIED] (2015). *Opinión N° 038-2017/DTN*.

Project Management Institute (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (6.º. ed.)

Pronunciamento N° 312-2023/OSCE-DGR (2023) <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5042413/Pronunciamento%20N%C2%B0%20312-2023-OSCE-DGR.pdf>

Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (2013). Programa nacional de puentes Pro-Puentes 2012-2016.

Proverbs, D., Holt, G., & Cheok, H. (2000). Construction industry problems: the views of UK construction Directors. *Proceedings of the 16th Annual*, 1(September), 73–81.

Provias Nacional (2020) *Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Ayacucho – Huancavelica”*.

Provias Nacional (2020) *Estudio definitivo del proyecto: “Construcción de puentes por reemplazo en Puno”*.

Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos (2023). Guía de Priorización de Estándares ISO Relacionados con BIM.

Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos (2023). Estrategias BIM de los países miembros de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.

Resolución Directoral N°007-2020-EF/63.01, (2020).
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1221806/RD007_2020EF6301.pdf

Resolución Directoral N° 0001-2022-EF/63.01. (2022).
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2981602/RD0001_2022EF6301.pdf?v=1648744570

Resolución Directoral N° 0002-2021-EF/63.01 (15 de junio de 2021)
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1948347/RD0002_2021EF6301.pdf?v=1623767443

Resolución Directoral N° 0005-2021-EF/63.01 (29 de julio de 2021)
<https://www.mef.gob.pe/es/por-instrumento/resolucion-directoral/26411-resolucion-directoral-n-0005-2021-ef-63-01/file>

Resolución Directoral N° 0007-2022-EF/63.01. (2022).
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3830986/RD0007_2022EF6301.pdf?v=1668189287

Resolución Directoral N° 0003-2023-EF/63.01 (26 de marzo de 2023)
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4327879/RD0003_2023EF6301.pdf?v=1679929113

Resolución Directoral N° 0005-2023-EF/63.01 (7 de mayo de 2023)
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4524299/RD0005_2023EF6301.pdf?v=1683469194

Resolución Ministerial N°. 242 - 2019 – Vivienda (17 de julio del 2019).
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/343163/RM_-242-2019-VIVIENDA.pdf?v=1563551669

Resolución Ministerial N° 170-2023-EF/10 (14 de mayo de 2023)
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4556019/RM170_2023EF10.pdf?v=1684162096

Riazi, A. (2020). *A critical review of fragmentation issues in the construction industry*.

Rito, A., & Isachsen. (2022). *Randselva Bridge*. <https://www.tekla.com/bim-awards/randselva-bridge>

Royano, V., Gibert, V., Serrat, C. & Rapinski, J. (2023) Analysis of classification systems for the built environment: Historical perspective, comprehensive review and discussion.

RPP. (2017, March 25). *Por qué se han caído los puentes más modernos y no los del siglo XVIII*. <https://rpp.pe/peru/desastres-naturales/por-que-se-han-caido-los-puentes-mas-modernos-y-no-los-del-siglo-xviii-noticia-1038711?ref=rpp>

RPP. (2018, May 27). *Los puntos claves del desplome del puente Solidaridad*. <https://elcomercio.pe/lima/obras/puntos-claves-desplome-puente-solidaridad-noticia-522973-noticia/>

Schwab, K. (2019). *Global Competitiveness Report 2019*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (2020). *Guía para el diseño y la aplicación de entrevistas a profundidad*.

Suhanda R., y Pratami, D (2021). RACI Matrix Design for Managing Stakeholders in Project Case Study of PT. XYZ

Subdirección de estudios e infraestructura vial (2023) *Creación del puente vehicular Camata*

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Sompolgrunk, A., Banihasemi, S. & Moandes, S. (2021) *Building information modelling (BIM) and the return on investment: a systematic analysis*

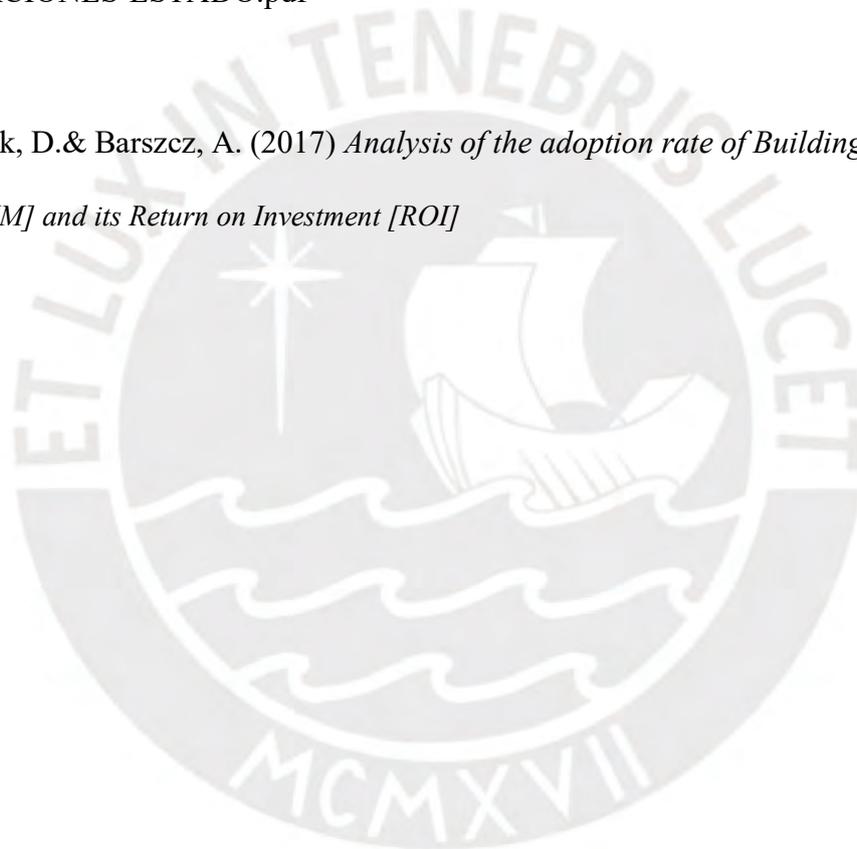
Soto, C., Manríquez, S., Godoy, P. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos*

Teo, E., Ofori, G., Tjandra, I. K., & Kim, H. (2015). *THE POTENTIAL OF BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) FOR IMPROVING PRODUCTIVITY IN SINGAPORE CONSTRUCTION.*

Texto Unico Ordenado (TUO) de la Ley de Contrataciones del Estado. (2019). In *Congreso de la Republica del Perú.*

<https://www.onpe.gob.pe/modTransparencia/programa-inversiones/normas/TUO-LEY-DE-CONTRATACIONES-ESTADO.pdf>

Walasek, D.& Barszcz, A. (2017) *Analysis of the adoption rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI]*



**Anexo A: Metodologías
complementarias aplicadas en el PEB
propuesto**



1. *Choosing By Advantage (CBA)*

El CBA es un sistema para la toma de decisiones en la que se comparan varias alternativas de acuerdo a su ventaja frente a las otras (Mossman, 2014). Esta sistematización de la toma de decisiones permite realizar un proceso más ordenado y eficiente para todos los participantes. Asimismo, permite un fácil entendimiento de los factores que se están evaluando y, entre los beneficios más importantes, hace posible una toma de decisiones transparente (Lean Construction Institute, 2015). Por ello, es necesario considerar este sistema para evaluar las diferentes alternativas de diseño y soluciones a interferencias en la etapa de diseño y en todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción.

2. *Virtual Design and Construction (VDC)*

El marco VDC se define como el uso de modelos integrados multidisciplinarios que incluyen la gestión del producto (BIM), la gestión de las personas (ICE) y la gestión de los procesos de trabajo (PPM), con el fin de alcanzar los objetivos del cliente y del proyecto (Del Savio et al., 2022). Las siguientes definiciones están en concordancia con lo que propone el autor.

3. *Building Information Modelling (BIM)*

Dentro del marco VDC, se define a BIM como una herramienta enfocada en el diseño del producto, de manera tal que se puede extraer información 3D, 4D, costos, entre otros. No obstante, para este marco, BIM no abarca todo el proyecto por lo que necesita de sus demás componentes (ICE y PPM), puesto que el proyecto se basa en una interacción holística producto-organización-proceso.

4. Integrated Concurrent Engineering (ICE).

Es una forma de diseño que permite que los involucrados puedan compartir información y resolver problemas de manera rápida, efectiva y directa, lo cual reduce el tiempo de latencia de respuesta.

5. Project Production Management (PPM).

Se enfoca en la organización, y control de flujos de trabajo y actividades del proyecto. De hecho, al igual que la filosofía *Lean Construction* busca crear sistemas de producción capaces de optimizar, reducir o eliminar flujos de trabajos innecesarios mejorando los tiempos de entrega. En ese sentido, PPM posibilita entender el proceso de producción con el fin de mejorarlo.

6. Factores controlables y objetivos de producción.

Se puede definir a los objetivos de producción, también llamados métricas de producción, como un aspecto del desempeño del proyecto que el equipo de trabajo puede medir con frecuencia para monitorear los factores controlables, teniendo en cuenta los objetivos del proyecto. Algunos ejemplos de objetivos de producción son la decisión de latencia, eficacia de las reuniones, cumplimiento del cronograma, satisfacción del cliente, entre otras. Por otro lado, los factores controlables son las acciones que el equipo de proyecto decide llevar a cabo. Pese a que ambos están interrelacionados, la diferencia radica en que un equipo de proyecto no puede decidir sobre el desempeño de los objetivos de producción.

7. Objetivos del cliente y del proyecto.

Es importante saber cuáles son los objetivos del cliente. A partir de estos, se pueden trazar los objetivos del proyecto, los cuales servirán para la creación de los componentes BIM, ICE y PPM. Los objetivos del cliente, generalmente, se traducen en obtener una infraestructura funcional, operable y sostenible; en cambio, los objetivos del proyecto se centran en los aspectos de calidad, costo, tiempo, social, seguridad y ambiental del edificio.

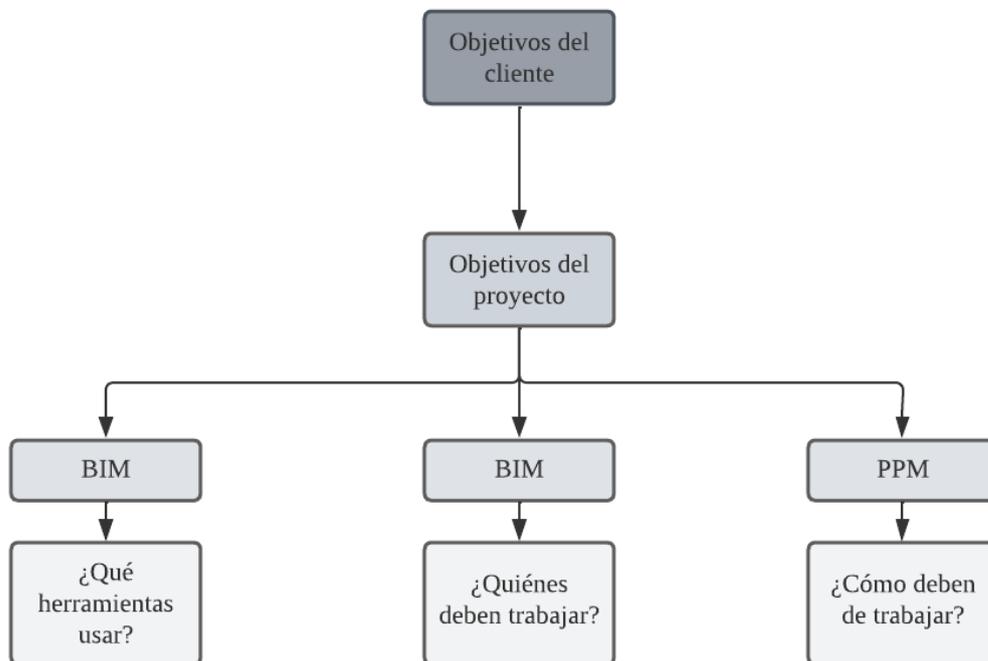


Figura A1. Esquema VDC

Elaboración propia

En 1986, el *Construction Industry Institute* (CII) define a la constructibilidad como “la integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción, en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto” (p 2). Eso, busca asegurar la consideración de criterios físicos de ejecución durante la etapa de diseño, de manera que el proyecto sea fácilmente construible en obra. Asimismo, la revisión constructiva durante la etapa del diseño se traduce en evitar cambios posteriores en obra, los cuales son más costosos que durante la elaboración de planos (Giménez, 2008).

8. Matriz de Responsabilidades o Matriz RACI

La matriz de responsabilidades es una matriz en la que se determina la participación cada miembro o equipo frente a una asignación o tarea. De hecho, esta matriz define “(...) los roles, responsabilidades y niveles de autoridad para actividades específicas.” (Project Management Institute [PMI], 2017, p. 317), ello mejora el flujo de comunicación entre los participantes del proyecto (Suhanda, R., & Pratami, D., 2021), pues los trabajadores iniciales y los nuevos integrantes de un equipo pueden saber a quién tienen que contactarse y para qué. Asimismo, esta matriz define al responsable asignado, consultado e informado por ello también se le llama matriz RACI. Según Suhanda R., y Pratami, D (2021) esta matriz se define de la siguiente manera:

- **Responsable:** Es aquel miembro encargado de realizar la tarea
- **Asignado:** Es el responsable de una correcta ejecución de la asignación, este participante es encargado de tomar decisiones concernientes a la tarea tales como aprobar lo realizado por el responsable.
- **Consultado:** Es la persona a que puede realizar aclaraciones sobre la tarea, brindar precisiones sobre la información brindada e incluso proponer soluciones.
- **Informado:** Este rol es un rol pasivo, pues la persona que será informada solo será notificada del avance, consideraciones, modificaciones y resultados de la actividad.

Anexo B: Tablas de grado de cumplimiento en la aplicación del Anexo E en los TDR



1. Año 2020

1.1. TDR de clasificación tipo 01

Tabla B1. Grado de cumplimiento de proyectos de tipo 1 en el año 2020

	PTE CCANCHI	PTE.CARR AV.LESTER	PTE MAYOCC	PTE YANAPAMPA	PTE.CARR CASABLANCA	PTE.CARR PAMPAMARCA	PTE PQ01 APURIMAC	PTE APTASA	PTE_EL ACERO	PTE SICRA	PTE PQ11 PASCO
Datos de la inversión											
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Institucionalidad											
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión											
Requisitos de información											
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información											
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información											
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información											
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	50%	40%	40%	50%	50%	35%	45%	35%	45%	45%	45%

Nota. Elaboración propia

1.2. TDR de clasificación tipo 02

Tabla B2. Grado de cumplimiento de proyectos de tipo 2 en el año 2020

	PTES ANCASH	PTES HUANUCO	PTE TAMBOGRANDE	PTES PUNO	PTES LA y RP	PTES AYACUCHO	PTE SAN FRANCISCO	PTE PALLAR	PTE PICHIS	JUANA RIOS
Datos de la inversión										
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Institucionalidad										
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión										
Requisitos de información										
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información										
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información										
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información										
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	55%	50%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	50%	50%

Nota. Elaboración propia

2. Año 2021

2.1 TDR de clasificación tipo 01 y 02

Tabla B3. Grado de cumplimiento de proyectos de tipo 1 y 2 en el año 2021

	PTE_JOSE LUIS BUSTA.	PTE_YARAJA	PTE_JORGE CHAVEZ	PTE.CARR TINUCC	PTE ALLPAMAYO	PTE COCHAPAYACU	PTE SAN HILARION	PTE.CARR SAN JOSE	PTE ALTO SHIRINGAL	PTE LUPKATA
Datos de la inversión										
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Institucionalidad										
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión										
Requisitos de información										
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información										
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información										
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información										
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	45%	50%	50%	50%	45%	45%	40%	45%	45%	40%

Nota. Elaboración propia

3. Año 2022

3.1. TDR de clasificación tipo 01 y 02

Tabla B4. Grado de cumplimiento de proyectos de tipo 1 y 2 en el año 2022

	PTE OLMOS	PTE MARANQUIARI	PTE SANTA FLOR	PTE MOLINOHUAYCO	PTE SHATARUNS HIATO	PTE CHURIAVADO	PTE UNINI	PTE PAMPAS	PTE COCHAPAYACU	PTE CARR NUEVA ESPERANZA	PTE SONOMORO	PTE QUISTO	PTE CHITANI
Datos de la inversión													
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Institucionalidad													
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión													
Requisitos de información													
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información													
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información													
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información													
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	45%	45%	45%	50%	50%	50%	50%	55%	45%	40%	45%	40%	50%

Nota. Elaboración propia

4. Año 2023

4.1. TDR de clasificación tipo 01 y 02

Tabla B5. Grado de cumplimiento de proyectos de tipo 1 y 2 en el año 2023

	PTE CCATUN RUMI	PTE SAN PABLO PTE SAN PEDRO PTE CENTRO U.	PTE YAMUSHIMA	PTE EL HUAYCO	PTE CARR PONAZA	PTE SAN FERNANDO	PTE HUASCAYACU	PTE SANTA ZEFORA	PTE CHILI	PTES PQ04 ANCASH	PTE JATUN MALCA	PTE TAMBO	PTE en DISTR TALavera	PTE SAN ANDRES
Datos de la inversión														
CUI o código de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción del objetivo de la inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Objetivos de la gestión de la información BIM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Institucionalidad														
Oficina de Programación Multianual de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Formuladora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Ejecutora de Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unidad Presupuestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Responsabilidad funcional de la inversión														
Requisitos de información														
R.I en base a los objetivos de la gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la fase o etapa correspondiente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Requisitos de seguridad de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consideraciones para la coordinación entre especialidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entregables de la información del proyecto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores de rendimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información														
Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normas de información														
Normas para la gestión de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estándar de nomenclatura de los contenedores de información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Normas para la identificación de la información en los contenedores de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Método para la definición del nivel de información necesaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formatos de archivos a intercambiar en el ECD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lista de recursos informáticos necesarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Requisitos de calidad del modelo de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Métodos y procedimientos de producción de información														
Funciones de gestión de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información de referencia y recursos compartidos	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Consideraciones para el intercambio/coordinación de la información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de cumplimiento	50%	50%	50%	50%	45%	45%	50%	50%	50%	50%	50%	45%	45%	50%

Nota. Elaboración propia

**Anexo C: Tablas de detalle de la
aplicación BIM de los TDR
analizados**



1. Año 2020

1.1. TDR de clasificación tipo 01

Tabla C1. Detalle de aplicación BIM en TDR de tipo 1 del año 2020

Entidad Responsable	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Ancash"	S/ 9,118,233.47	2020 / 210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Huánuco-Ucayali"	S/ 8,280,182.04	2020 / 210 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Solo se aplica el modelamiento 3D.
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Sullana-Tambogrande-Paimas"	S/ 5,643,482.08	2020 / 210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto construcción de puentes por reemplazo en Puno	S/ 5,604,946.20	2020 / 210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto construcción de puentes por reemplazo en las rutas nacionales pe - 22, pe - 1n, pe - 18, tramo puente los angeles - puente ricardo palma, ancon - huacho - pativilca y huaura - sayan - churín -oyon - ambo	S/ 5,470,443.32	2020/210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: "construcción de puentes por reemplazo en Ayacucho-Huancavelica"	S/ 5,410,205.00	2020 / 210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: reemplazo del puente San Francisco en la red vial nacional ruta pe-28b - La Quínia- Tambo - San Francisco	S/ 3,928,255.85	2020 / 300 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto: "construcción del puente Pallar y accesos"	S/ 2,676,780.00	2020 / 210 d.c	-	- Detección de interferencias - Coordinación - Metrado de partidas	c d e f h o	- Decreto Supremo N° 289-2019-EF - Decreto de Urgencia N°021-2020	55%	- No hay personal clave BIM. - Uso de matriz de entregables de control. - Se solicitó la dimensión 4D. - La información de intercambio de información no es detallada (formatos,versiones)
PROVIAS NACIONAL	servicio de elaboración de la Ficha técnica Estándar y Expediente Técnico de obra del Proyecto Creación del Puente Pichis y accesos distrito de Puerto Bermudez provincia de Oxapampa Región de Pasco	S/ 2,356,237.69	2020/	-	-	e	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - No hay personal clave BIM. - Solo se aplica el modelamiento 3D.
PROVIAS NACIONAL	Estudio definitivo del proyecto "Construcción del puente Juana ríos y Accesos"	S/ 2,322,848.84	2020/210 d.c	-	-	e	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - No hay personal clave BIM. - Solo se aplica el modelamiento 3D.

Nota. Elaboración propia

2. Año 2021

2.1. TDR clasificación tipo 01 y 02

Tabla C3. Detalle de aplicación BIM en TDR de tipo 1 y 2 del año 2021

Entidad Responsable	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AREQUIPA	Contratación de consultoría para elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente conexión y vías de accesos, entre la urb. Esmeraldas del distrito de José Luis Bustamante y Rivero y la zona industrial de Umapalca del distrito de Sabandía, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa"	S/ 1,559,618.51	2021 / 150 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. -Menciona que se debe presentar fotografías 3D del proyecto.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO	Contratación del servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico del pip denominado: "Creación del servicio de interconexión de movilidad urbana en la vía troncal del puente Yarnja, distrito de Azángaro, provincia de Azángaro, departamento de Puno".	S/ 396,922.50	2021 / 60 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTIN SEDE CENTRAL	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto creación del puente vehicular Jorge Chavez sobre el río Chontayacu y accesos en la localidad de Jorge Chavez del distrito de Uchiza - provincia de Tocache - departamento de San Martin.	S/ 349,073.44	2021 / 90 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Solo menciona que se debe presentar el proyecto en 3D
GOBIERNO REGIONAL DE HUANCVELICA Sede Central	Contratación del servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico: "Creación de puente colgante carrozable Tincuce en el centro poblado de 9 de diciembre de Llamocetachi, distrito de Chincho " Angaraes " Huancavelica".	S/ 325,774.40	2021 / 60 d.c	-	-	e	-	50%	- Solo se aplica la visualización. - La cuantificación u planos es de manera tradicional. - No hay mayor detalle de cómo realizar el modelado.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SOCOS	Consultoría de obra para la elaboración de expediente técnico para el proyecto: creación del puente Alpamayo y accesos en el centro poblado de Santa Rosa de Cochabamba del distrito de Socos-provincia de Huamanga-departamento de Ayacucho.	S/ 200,000.01	2021 / 45 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOYOBAMBA	Consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto: "Creación del puente vehicular sobre el río Cochapayacu sector Almirante Grau distrito y provincia de Moyobamba San Martín"	S/ 197,451.76	2021 / 90 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN MIGUEL PUNO	Servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto creación del puente vehicular San Hilarión del distrito de San Miguel - provincia de San Román - departamento de Puno	S/ 150,000.00	2021 / 45 d.c	-	-	-	-	40%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de entregables por fase. - Ausencia de gestión de riesgos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OMIA	Servicio de consultoría para el estudio definitivo del proyecto: creación del puente carrozable y acceso en la localidad de San Jose, distrito de Omia, provincia Rodriguez de Mendoza, Amazonas	S/ 134,061.62	2021 / 60 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI - GERENCIA SUB REGIONAL DE PADRE ABAD AGUAYTIA	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto: Creación de puente vehicular en el caserío Alto Shiringal km 121 c.f.b, interior 10.00 km - cc.nn Sinchi Roca i, del distrito de Irazola - provincia de Padre Abad - departamento de Ucayali	S/ 95,065.52	2021 / 60 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ACORA	Contratación de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto: Creación del puente carrozable Lupkata sobre el Río Blanco de acceso al camino vecinal pu 1240 tramo ayumas Carumas y Aguas Calientes del distrito de Acora - provincia de Puno - departamento de Puno según terminos de referencia	S/ 90,000.00	2021 / 30 d.c	-	-	-	-	40%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos. - Ausencia de gestión de riesgos.

Nota. Elaboración propia

3. Año 2022

3.1. TDR de clasificación tipo 01 y 02

Tabla C4. Detalle de aplicación BIM en TDR de tipo 1 y 2 del año 2022

Entidad Responsable	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE PROYECTO ESPECIAL OLMOS - TINAJONES	Contratación del servicio de consultoría de obra: "Elaboración de expediente técnico creación de 01 puente carrozable y 04 puentes peatonales sobre el río Olmos, entre el km. 3+500 en el sector el Palmo al km. 22+00 c.p. el Molino de la carretera Fernando Belaunde Terry en el distrito de Olmos "	S/ 1,171,884.28	2022 / 150 d.e.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VINCHOS	Elaboración del expediente técnico "Creación del puente vehicular sobre la quebrada Marañuquí en prolongación calle Nicolas Vela de la ciudad de Atalaya - provincia de Atalaya- departamento de Ucayali"	S/ 398,838.50	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE KUMPIRUSHIATO	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto denominado: "Creación del puente vehicular ruta sm-108 en el caserío de Santa Flor del distrito de Bajo Biavo " provincia de Bellavista - departamento de San Martín, con código único de inversión n° 2530935	S/ 352,583.88	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ATALAYA - RAYMONDI	Contratación del servicio de consultoría de obra de elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco, distrito de Chilcas - provincia De la mar - departamento de Ayacucho", código único de inversiones n° 2508483	S/ 300,000.00	2022 / 90 d.e.	BIM MANAGER	- Detección de interferencias - Compatibilización permanente - Mantener un criterio básico de costo-beneficio	e f o	-	50%	- Ausencia de gestión de riesgos. - Usa referencias del BIM Forum, cuando ya se tenía la guía. - BIM se centra en el modelado y no en la gestión de la información
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTIN - PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO	Contratación del servicio de consultoría para la elaboración de expediente técnico del proyecto: "Creación del puente vehicular Shatarunshiato - Paveni sobre el río Kempiri del distrito de Pichari, La Convención-Cusco"	S/ 260,000.00	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ATALAYA - RAYMONDI	Servicio de consultoría para la elaboración de expediente técnico del proyecto: Creación del puente de Churaviado en el centro poblado de Occollo, del distrito de Vinchos- provincia de Huamanga- departamento de Ayacucho	S/ 244,199.82	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Menciona que los planos deben permitir el modelamiento digital en la etapa de ejecución
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PANGOA	Contratación de servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente sobre el río Umini, acceso a la comunidad nativa de Shaani, del distrito de Raymondi - provincia de Atalaya - departamento de Ucayali".	S/ 227,976.00	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO SEDE CENTRAL	Contratación de servicio de consultoría de la elaboración del expediente técnico del proyecto: "Creación de los servicios de transitabilidad mediante el puente Pampas en los distritos de Paras y Vikanchos en las provincias de Cangallo y Víctor Fajardo del departamento de Ayacucho"	S/ 200,000.00	2022 / 90 d.e.	BIM MANAGER	- Detección de interferencias - Compatibilización permanente - Mantener un criterio básico de costo-beneficio	e f o	-	55%	- Usa referencias del BIM Forum, cuando ya se tenía la guía. - BIM se centra en el modelado y no en la gestión de la información
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE INDEPENDENCIA - HUARAZ	Consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico: "Creación del puente vehicular sobre el río Cochapayacu sector Almirante Grai distrito y provincia de Moyobamba, San Martín"	S/ 197,451.76	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI	Contratación del servicio de elaboración de expediente técnico para el proyecto (0123) creación del puente carrozable Nueva Esperanza en el distrito de Kumpirushiato - La Convención " Cusco.	S/ 182,500.00	2022 / 60 d.e.	-	-	-	-	40%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de entregables por fase. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ATALAYA - RAYMONDI	Contratación de una persona natural o jurídica para el servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico " Creación del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal del puente sobre el río Sonomoro en el centro poblado san Miguel de miniaro del distrito de Pangoa " provincia de Satipo " departamento de Junín, cui 2523941	S/ 156,500.00	2022 / 60 d.e.	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de entregables por fase.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TALAVERA	Consultoría de obra para la elaboración de expediente técnico: Creación del puente vehicular sobre el río Quisto en la vía vecinal Gran Shinungari, distrito de Unión Ashamkai, La Convención-Cusco.	S/ 130,000.00	2022 / 60 d.e.	-	-	-	-	40%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de entregables por fase. - Ausencia de gestión de riesgos.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCCOBAMBA - LA CONVENCION	Contratación de servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del Puente sobre el río Chitani en el centro poblado de Oventi, Distrito de Raymondi - Provincia de Atalaya - departamento de Ucayali".	S/ 125,630.00	2022 / 90 d.e.	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - En el personal clave menciona el especialista de costos tendrá a su cargo a modeladores.

Nota. Elaboración propia

4. Año 2023

4.1. TDR de clasificación tipo 01 y 02

Tabla C5. Detalle de aplicación BIM en TDR de tipo 1 y 2 del año 2023

ENTIDAD RESPONSABLE	Proyecto	Valor Referencial	Año/Duración	Personal Clave BIM	Objetivos BIM	Usos BIM	Normativa BIM	Grado de cumplimiento	Comentarios
GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO SEDE CENTRAL	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto "creación de puente ruta n°cu-528 trayectoria; emp. pe-28c " Ceatun runi " Puerto Sivia " emp. pe-28c distrito de Sivia " provincia de Huanta " departamento de Ayacucho"	S/ 5,402,063.60		Gestor BIM		e f o	- Resolución Directoral N° 007-2020-EF/63.01 - Decreto Supremo N° 289-2019-E	50%	- No hay información suficiente para revisar.
GOBIERNO REGIONAL DE PASCO - DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	Contratación del servicio de consultoría de obra, para la elaboración del expediente técnico de la obra; "Creación de servicio de transitabilidad vehicular y peatonal de los puentes San Pablo, San Pedro, Centro Unión y tres islas del distrito de puente Bermúdez - provincia de Ocasapampa	S/ 1,824,976.20	2023 / 90 d.c	-	-	-	- Directiva N° 0001-2022-EF/63.01	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE PASCO - DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del estudio definitivo y expediente técnico de la obra: "Creación del puente Yumashima, distrito de constitución " provincia de Ocasapampa, departamento de Pasco" (cui " 2569683)	S/ 1,398,713.00	2023 / 90 d.c	-	-	-	- Directiva N° 0001-2022-EF/63.01	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE UCHUMAYO	Contratación del servicio de elaboración de expediente técnico denominado "Creación de los servicios de transitabilidad vial y peatonal del puente el Huayco y acceso al pueblo tradicional el Huayco, distrito de Uchumayo " Arequipa - Arequipa	S/ 820,100.00	2023 / 120 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTIN-SUB REGION BAJO MAYO-TARAPOTO	Contratación del servicio de elaboración del expediente técnico de la obra: "Creación del puente carrozable sobre el río pumahu, en la localidad de Hualtipu, del distrito de Tingo de Ponzana - provincia de Picota - departamento de San Martín", cui n° 2472156	S/ 498,767.00	2023 / 90 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
GOBIERNO REGIONAL DE JUNIN SEDE CENTRAL	Contratación del servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico de saldo de obra del proyecto: creación del puente San Fernando sobre el río Shitaca, entre los distritos de Huancayo y el tambo, provincia de Huancayo, región Junín, con cui 227986	S/ 479,900.00	2023 / 120 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOYOBAMBA	Servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico de la obra: construcción de puente; en el (la) vía de acceso Huacayacu Ganimedes sobre el río avisado en la localidad Ganimedes distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba San Martín	S/ 313,596.80	2023 / 120 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE HUANUCO SEDE CENTRAL	Contratación de servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto: Creación del servicio de transitabilidad del puente Santa Zofeora y accesos, en los distritos de Amarilly y Huamaco de la provincia de Huamaco - departamento de Huamaco	S/ 297,183.00	2023 / 90 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TIABAYA	Servicio de consultoría de obra para reformulación del expediente técnico del proyecto creación del puente de interconexión ubicado sobre el río Chañi entre el sector de Pampas del Cusco en el distrito de Jacobo D. Hunter y el sector de Alata del distrito de Tiabaya provincia de Arequipa-Arequipa	S/ 250,000.00	2023 / 60 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AJAJA	Servicio de consultoría para la elaboración paquete de cuatro (04) proyectos de puentes de muros de talle en el distrito de Aja - La Merced provincia de Aja y departamento de Ancash.	S/ 200,000.00	2023 / 60 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE JUNIN SEDE CENTRAL	Contratación de servicio reformulación de expediente técnico del proyecto: Creación del puente Jatan Malca sobre el río Mantaro y accesos a los distritos de Sincos y Matalhuasi distrito de Sincos " provincia de Jajuj-departamento Junín	S/ 200,000.00	2023 / 90 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.
GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA - TRANSPORTES	Servicio de elaboración de expediente técnico del proyecto creación del puente vehicular camata sobre el río Tambo, entre la carretera departamental mo-103 y la carretera vial mo-536 en los distritos de Ubinas y Yunga de la provincia de General Sánchez Cerro " departamento de Moquegua	S/ 190,000.00	2023 / 60 d.c	-	-	-	-	45%	- No hay información suficiente para revisar. - Ausencia de información de referencia y recursos compartidos. - Se menciona que se hará un modelo virtual en 3D.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TALAVERA	Servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico del proyecto: "Creación del puente carrozable en la última cuadra del Jiron Arequipa y el parque de la familia de Talavera del distrito de talavera-provincia de Andahuaylas del distrito de Talavera -provincia de Andahuaylas departamento de Apurímac", con cui 2541712.	S/ 140,000.00	2023 / 60 d.c	-	-	-	-	45%	- No se aplicó BIM en este proyecto. - Ausencia de entregables por fase.
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMPO VERDE	Contratación del servicio de consultoría de obra para la reformulación del expediente técnico del proyecto de inversión: Creación del puente del Caserío San Andrés del distrito de Campo Verde con interconexión caserío San Martín del distrito de Neshaya - distrito de Campo Verde - provincia de Coronel Portillo - departamento de Ucayali	S/ 136,880.00	2023 / 75 d.c	-	-	-	-	50%	- No se aplicó BIM en este proyecto.

Nota. Elaboración propia

**Anexo D: Justificación del
cumplimiento de cada inciso del
Anexo E**



Es llamativo que los TDR que no incluyeron BIM dentro de sus exigencias presenten un 50% de cumplimiento en la información que el Anexo E de la GNB: Registro de requisitos de intercambio de información (EIR). Por ello se destina este anexo a explicar por inciso el motivo por el que estos TDR poseen ese porcentaje de cumplimiento.

1. Entregables de la fase o etapa

La información que se solicita en este inciso es la de definir los entregables por cada hito o etapa. Esta práctica ya era aplicada en los TDR tradicionales (sin BIM) al establecer entregables parciales usualmente presentados con el nombre de informes.

1.9.1.1 Informe N° 01.

EL CONSULTOR presentará de manera individual el informe N°1, con el siguiente contenido:

- ❖ Estudio de Topografía, Trazo y Diseño Vial al 100%.
- ❖ Estudio de canteras y fuentes de agua (100%)
- ❖ Estudio de tráfico (100%)

1.9.1.2 Informe N° 02.

EL CONSULTOR presentará los siguientes capítulos concluidos (los especialistas intervendrán en el campo con los planos topográficos aprobados, para levantar la información de cada especialidad):

- ❖ Hidrología e Hidráulica al 100%
- ❖ Suelos, canteras, fuentes de agua y diseño de pavimento al 100%.
- ❖ Geología y Geotecnia al 100%

1.9.1.3 Informe N° 03.

EL CONSULTOR, presentará como Informe N°3 los siguientes capítulos:

- ❖ Estudio de señalización y seguridad vial al 100%.
- ❖ Estudio de estructuras al 100%.
- ❖ Metrados al 100%
- ❖ Costos y presupuesto al 100%.
- ❖ Especificaciones técnicas al 100%.
- ❖ Gestión de Riesgos en la Planificación de la Ejecución de Obras al 100%.



1.9.1.4 Informe 04. (Informe final – estudio Definitivo)

Se presentará una vez notificada la Certificación Ambiental del PIP, por la autoridad competente.

El Estudio Definitivo deberá ser sellado y firmado en todas sus páginas por el Jefe de Estudio, así como por los profesionales especialistas que participaron en la elaboración.

El Estudio Definitivo, será presentado de acuerdo a la siguiente estructura que contendrá los siguientes volúmenes,

Figura D1. Ejemplo de solicitud de entregables por fases del proyecto

Tomado de Municipalidad de Omia (2021) Estudio definitivo del proyecto “Creación de puente carrozable y accesos en la localidad de San Jose”

2. Entregables del Modelo de información del proyecto (PIM)

Se solicita en este inciso aquellos entregables relacionados al PIM. En ese sentido, al tomar en cuenta que el PIM es el modelo de información que sirve de referencia para la construcción, el inciso busca hacer hincapié en las consideraciones de aquella información clave para el desarrollo del proyecto como por ejemplo consideraciones para la elaboración de los cronogramas para la construcción. Ello también se encuentra en los TDR sin BIM como se puede apreciar en la imagen de abajo.

g) CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN (DIAGRAMA DE GANTT).

Deberá consignarse un programa detallado de obra, distribuido en el tiempo de ejecución conteniendo cada partida los insumos correspondientes. El cronograma será elaborado en el programa Ms Project; presentando el diagrama de barras Gantt y CPM, indicando la ruta crítica, tendrá que grabar la información en digital para ser anexada.

h) CALENDARIOS Y CRONOGRAMAS.

CALENDARIO DE AVANCE DE OBRA Y CALENDARIO VALORIZADO DE AVANCE DE OBRA

Deberá consignarse un programa detallado de obra, en porcentajes de avance y valorizado. El cronograma valorizado será elaborado en el programa Ms Project previa exportación total del Programa S10 y el de avance en Excel, tendrá que grabar la información en digital para ser anexada.

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSOS, CRONOGRAMA DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y CRONOGRAMA VALORIZADO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES

Deberá elaborarse un cronograma de los desembolsos proyectados para la ejecución de la obra. El cronograma será elaborado en el programa Excel, El cronograma de materiales y valorizado de adquisición de materiales será elaborado en el programa Excel o Ms Project.

Figura D2. Ejemplo de consideraciones para la elaboración de cronogramas

Tomado de Gerencia Territorial Bajo Mayo (2023) Elaboración del Expediente Técnico: “creación del puente carrozable sobre el río Ponaza”

3. Gestión de riesgos en el desarrollo de la fase del ciclo de inversión.

En este apartado se menciona o establece la información necesaria que debe poseer el expediente para identificar y prevenir riesgos que se puedan suscitar en la ejecución física del proyecto. Ello se menciona en los TDR tradicionales ya sea solo haciendo referencia a la Directiva N° 012-2017-OSCE/CD o explayándose sobre los entregables a cerca de la gestión de riesgos, pero con referencia a la directiva mencionada.

XII. Anexos

- 12.1. Estudio y Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).
- 12.2. Panel fotográfico, cotizaciones (Mínimo 03 Cotizaciones).
- 12.3. Certificación Ambiental.
- 12.4. Plan prevención y control de COVID19.
- 12.5. Estudio de Gestión de Riesgos (Incluir Anexo 01 y 03 de la **Directiva N° 012-2017-OSCE/CD**).



Figura D4. Ejemplo solicitud de la gestión de riesgo en la etapa de la construcción

Tomado de Municipalidad Provincial de Atalaya (2022) Elaboración del expediente técnico del proyecto: " creación del puente de concreto armado sobre la quebrada raya"

13.6. GESTIÓN DE RIESGOS EN LA PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE OBRAS

EL CONSULTOR, deberá elaborar en el presente EXPEDIENTE TECNICO, un Plan de Riesgos, el cual debe incluir un enfoque integral de la gestión de riesgos previsible que pueden ocurrir durante la ejecución de la Obra, teniendo en cuenta las características particulares de la obra y las condiciones del lugar de su ejecución.

Para tal efecto, EL CONSULTOR, deberá tener en consideración la Resolución N°014-2017-OSCE/CD del Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE) que aprueba la **Directiva N°012-2017-OSCE/CD - Gestión de Riesgos en la Planificación de la Ejecución de Obras**, para lo cual EL CONSULTOR debe usar los formatos incluidos como Anexos 1 y 3 de la Directiva antes mencionada.

El enfoque integral de Gestión de Riesgos debe contemplar por los menos los procesos que se indican:

- a. Identificar Riesgos.
- b. Análisis Cualitativo de Riesgos.
- c. Plan de Respuesta a los Riesgos.
- d. Monitorear los Riesgos

EL CONSULTOR debe efectuar la evaluación de riesgos positivos y negativos que permita tomar oportunamente las decisiones de gestión a fin de no afectar el curso de las obras ante posibles interferencias.

Entre los riesgos a evaluar deberán considerar los generados por proyectos u obras en curso o programados por otras Instancias, que pueden desarrollarse antes o durante la ejecución de la Obra, para lo cual EL CONSULTOR, encargado de la elaboración del EXPEDIENTE TECNICO, realizará un inventario de las interferencias existentes e investigará ante las autoridades y dependencias involucradas en el área de desarrollo del estudio

Figura D3. Ejemplo solicitud de la gestión de riesgo en la etapa de la construcción

Tomado de Municipalidad Distrital de Vinchos (2022) Elaboración de expediente técnico del proyecto: "Creación del puente de Churiavado en el centro poblado de Occollo"

4. Listado de los documentos de respuesta a los requisitos de intercambio de información.

Como lo menciona en el título, en esta sección se solicitan documentos en respuesta a los TDR. Estos documentos son usualmente mencionados en los incisos de Contenido de Oferta.

2.2. CONTENIDO DE LAS OFERTAS

2.2.1. OFERTA TÉCNICA

La oferta contendrá, además de un índice de documentos⁶, la siguiente documentación:

2.2.1.1. Documentación de presentación obligatoria

A. Documentos para la admisión de la oferta

a.1) Declaración jurada de datos del postor. **(Anexo N° 1)**

a.2) Documento que acredite la representación de quien suscribe la oferta.

En caso de persona jurídica, copia del certificado de vigencia de poder del representante legal, apoderado o mandatario designado para tal efecto.

En caso de persona natural, copia del documento nacional de identidad o documento análogo, o del certificado de vigencia de poder otorgado por persona natural, del apoderado o mandatario, según corresponda.

En el caso de consorcios, este documento debe ser presentado por cada uno de los integrantes del consorcio que suscriba la promesa de consorcio, según corresponda.

Advertencia

De acuerdo con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 1246, las Entidades están prohibidas de exigir a los administrados o usuarios la información que puedan obtener directamente mediante la interoperabilidad a que se refieren los artículos 2 y 3 de dicho Decreto Legislativo. En esa medida, si la Entidad es usuaria de la Plataforma de Interoperabilidad del Estado – PIDE⁷ y siempre que el servicio web se encuentre activo en el Catálogo de Servicios de dicha plataforma, no corresponderá exigir el certificado de vigencia de poder y/o documento nacional de identidad.

a.3) Declaración jurada de acuerdo con el literal b) del artículo 52 del Reglamento. **(Anexo N° 2)**

a.4) Declaración jurada de cumplimiento de los Términos de Referencia contenidos en el numeral 3.1 del Capítulo III de la presente sección. **(Anexo N° 3)**

a.5) Declaración jurada de plazo de prestación del servicio de consultoría de obra. **(Anexo N° 4)**.

a.6) Promesa de consorcio con firmas legalizadas, de ser el caso, en la que se consigne los integrantes, el representante común, el domicilio común y las obligaciones a las que se compromete cada uno de los integrantes del consorcio así como el porcentaje equivalente a dichas obligaciones. **(Anexo N° 5)**

Figura D5. Ejemplo de solicitud de documentos en respuesta de los TDR

Tomado de Gerencia Territorial Bajo Mayo (2023) Elaboración del Expediente Técnico: “creación del puente carrozable sobre el río Ponaza”

5. Normas para la gestión de la información

En este inciso se mencionan aquellos dispositivos normativos y legales que aseguren que la información creada por el postor ganador cumplirá con los EIR. Esta información se puede observar usualmente en los apartados de normas de los TDR sin BIM.

- 3. BASE LEGAL**
La ejecución del estudio, deberá realizarse de acuerdo con las Disposiciones Legales y Normas Técnicas vigentes:
- Ley N° 27867 – Ley Orgánica de Gobiernos Regionales
 - Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado.
 - Decreto Supremo N° 344-2018-EF, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30225.
 - Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018
 - RD N° 19-2018-MTC/14 (27.12.2018), Aprueba el Manual de Puentes (Nueva Versión Aprobada 2018)
 - Resolución Directoral N° 001-2019-EF/63.0 e Instructivos correspondientes
 - Instituto Nacional de Defensa Civil: Manual básico para la Estimación de Riesgo. CENEPRD: Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales.
 - Directiva N° 001-2013 VMPCIC/MC "Normas y Procedimientos para la emisión del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) en el marco de los Decretos Supremos N° 054 y N° 060-2013- PCM"
 - Directiva N° 012-2017-OSCE/CD, Gestión de Riesgos en la Planificación de la Ejecución de Obras.
 - Ley 29151; Ley General del Sistema Nacional de Bienes Estatales
 - Texto Único Ordenado del Decreto Legislativo N° 1192, Ley Marco de Adquisición y Expropiación de Inmuebles, Transferencia de Inmuebles de Propiedad del Estado, Liberación de Interferencias y dicta otras medidas para la ejecución de obras de infraestructura.
 - Decreto Legislativo N° 1330, que modifica el Decreto Legislativo N° 1192, que aprueba la Ley Marco de Adquisición y Expropiación de Inmuebles, Transferencias de Inmuebles de Propiedad del Estado, Liberación de Interferencias y Dicta Otras Medidas para la Ejecución de Obras de Infraestructura, publicada el 06.Ene.2017.
 - Resolución Directoral N° 22-2013-MTC/14; Especificaciones técnicas Generales para construcción de carreteras EG-2013.
 - Resolución Directoral N° 10-2014-MTC/14; Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
 - Resolución Directoral N° 20-2011-MTC/14; Hidrología, Hidráulica y Drenaje.
 - Manual de Inventarios Viales, RD N° 09-2014-MTC/14, incorporación parte IV RD N° 022-2015-MTC/14.
 - Decreto Supremo N° 040-2019-MTC: Nuevo plazo para la adecuación Ambiental de actividades, Proyectos y/o Servicios que no cuenten con Certificación ambiental prevista en el reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transporte.
 - Decreto Legislativo N° 1252 que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y Deroga la Ley N° 27293 Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.
 - Otras normas que correspondan.

Figura D6. Ejemplo de normas de la gestión de la información

Tomado de Gobierno Regional de Ucayali (2021) Elaboración del expediente técnico del proyecto: "Creación de puente vehicular en el caserío Alto Shiringal km 121 c.f.b"

6. Normas para la identificación de la información en los contenedores de información.

El anexo propone que se coloquen las disposiciones legales o normativas que definan los contenedores de información tales como la norma técnica de metrados para obras de edificaciones. En el caso de los TDR de puentes esta información se encuentra dentro de los manuales o también de glosarios como se puede ver en la imagen presente.

- Normas Técnicas Peruanas:**
- Reglamento Nacional de Edificaciones Decreto Supremo N° 011- 2006 - VIVIENDA
 - Norma E- 060 Concreto Armado (Actualizada 2009)
 - Norma E- 050 Suelos y Cimentaciones
 - Norma E- 030 Diseño Sismorresistente (Actualizado en el 2016)
 - Norma G- 050 Seguridad durante la Construcción (Actualizado 2009)
 - Normas Técnicas Internacionales: ACI, AASHTO, ASTM, etc.
 - Manual de Ensayo de Materiales - Resolución Directoral N° 18-2016-MTC/14.
 - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - R.D. N° 20-2011-MTC/14/14
 - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 - R.D. N° 22-2013-MTC/ 14
 - Reglamento de Metrados. RD N° 073-2010/vivienda/VNCS-DNC
 - Directiva N° 001.-2015- GRH-GRPPAT/SGDTS "Normas para Contratación de Personal Eventual por Servicios Personales con Cargo a Proyectos de Pre Inversión e Inversión en el Gobierno Regional Huánuco.
 - Ley N° 29783, de Seguridad y Salud en el Trabajo
 - Decreto Supremo N° 006-2014-TR, modifican el reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2012-TR
 - Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DIG-2018 (R.D.N°03-2018-MTC/14)
 - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2013.
 - Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, (RD 16-2016-MTC/14, de fecha 31-05-16)
 - Especificaciones para el diseño de puentes del AAHSTO LRFD (versión 2012 en adelante).
 - Guía especificaciones de LRFD Seismic Bridge Design (si el caso lo requiere).
 - ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.
 - Sistema de contención de vehículos tipo barreras de seguridad.
 - Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias (R.D N° 036-2016-MTC/14)
 - Glosario de partidas aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, aprobada con Resolución Directoral N° 17-2012-MTC/14 de fecha 20.09. 2012.
 - Resolución Ministerial N° 404-2011-MTC/02 para la demarcación y señalización del derecho de vía.
 - Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (RD N° 20-2011-MTC/14) del MTC (RD N° 20-2011-MTC/14 ó vigente a la firma del contrato)
 - Directiva para la Concordancia entre el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y el Sistema Nacional de Inversión Pública, según Resolución ministerial N° 052-2012-MINAM del 07 de marzo de 2012, en lo aplicable.
 - Norma técnica de control 600-01, 600-02, 600-03 y Reglamento de metrados.
 - Resolución de Contraloría N° 072-98-C, G, que aprueba las Normas Técnicas de Control N° 600 sobre obras públicas.
 - Guía de Especificaciones para el diseño sísmico de puentes de la AASHTO, 2014 o superior.
 - Guía de especificaciones para el diseño de puentes con aislamiento sísmico de la AASHTO.
 - Manual de Diseño de Puentes del MTC R.D N° 019-2018-MTC/14
 - Norma AASHTO LRFD para el diseño de puentes (2014)

Figura D7. Ejemplo de mención de normas para la identificación de la información

Tomado de Gobierno Regional de Huánuco (2021) Elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente carrozable Casablanca en el tramo Casablanca-Sancarragra

7. Lista de recursos informáticos necesarios

En este inciso se precisan aquellos recursos informáticos necesarios (*software y hardware*) necesarios para la elaboración de la información que se solicita en los TDR. En los documentos revisados que no poseen BIM es usual que estos no se encuentren en una lista, sino que se encuentran dispersos según la especialidad en las que se hará uso; sin embargo, hay TDR que si especifican aquellos programas recomendados o en otros casos obligatorios.

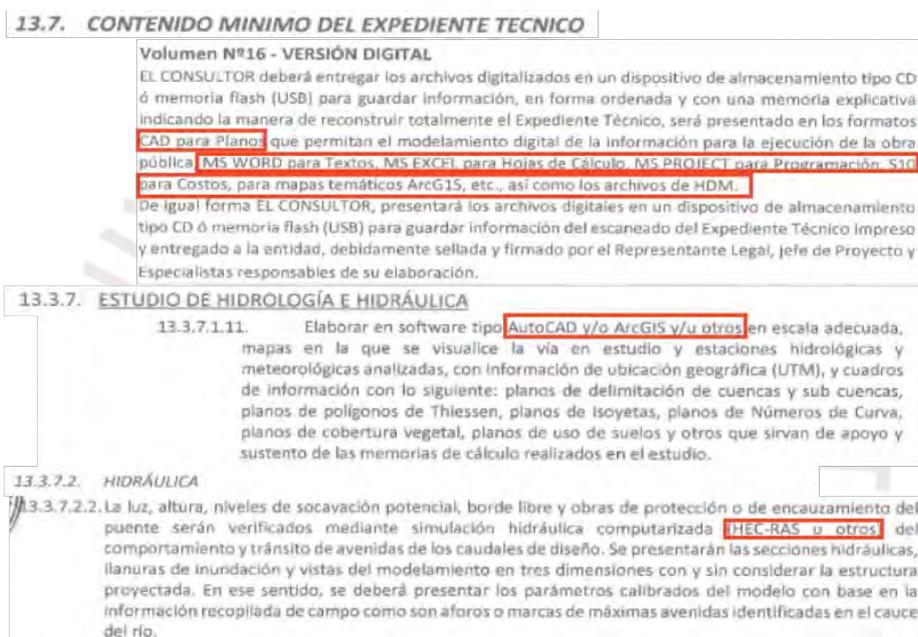


Figura D8. Ejemplo de mención de recursos informáticos necesarios

Tomado de Municipalidad Distrital de Vinchos (2022) Elaboración de expediente técnico del proyecto: “Creación del puente de Churiavado en el centro poblado de Occollo”

8. Requisitos de calidad del modelo de información

Se indica en este apartado los requisitos lo que se debe cumplir para asegurar que el modelo de información generado cumpla con los requerimientos de calidad solicitados. Estos requerimientos son en su mayoría técnicos, pues es de su buen sustento y apego normativo que depende el éxito del proyecto y de la inversión en sus demás etapas en su ciclo de vida. Asimismo, estas solicitudes de calidad son establecidas en los TDR de manera explícita, pero también estos requerimientos

mínimos a cumplir están implícitos cuando se menciona la norma a seguir; es decir, es suficiente que se mencione la normativa para que se entienda que los requisitos mínimos a cumplir son aquellos establecidos por la norma pertinente. Por lo cual, se puede decir que en los TDR que no aplican BIM se tienen requisitos para la producción de modelos de información tanto técnicos como constructivos que pueden estar explícitos o implícitos dentro de las normas.

7. ESTUDIO DE REFRACCION SISMICA	8. ESTUDIO DE TRAFICO VIAL
<p>El Estudio de refracción Sísmica, deberá estar en función a lo establecido en:</p> <ul style="list-style-type: none">• NTP 339.157.2001 (revisada el 2015) SUELOS. Guía normalizada para el uso del método de refracción sísmica en la investigación del subsuelo 1ª Edición Reemplaza a la NTP 339.157.2001.• NORMA TÉCNICA E 030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" y su modificatoria - Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos RD N° 10- 2014-MTC/14 (09.04.2014). <p>Los estudios de refracción sísmica comprenderán como básico lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• Determinar las velocidades de las ondas compresionales (V_p).• Determinar las velocidades de las ondas de corte (V_s).• Determinar la profundidad y estado de la roca basal.• Caracterización dinámica de los suelos.• Calcular los módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young (E), módulo de Corte (G) y relación de Poisson (ν).	<p>El estudio de tráfico es necesario para determinar las características geométricas y estructurales del puente. Para lo cual se deberá cuantificar, clasificar y determinar la demanda vehicular actual y proyectada.</p> <ul style="list-style-type: none">• Conteos y clasificación vehicular: Los conteos o aforos vehiculares se realizarán en la vía que contiene o ubicará el puente, identificando una zona de influencia directa, donde se dispondrá la ubicación de estaciones (punto de aforo o conteo), estas estaciones deberán presentarse por el consultor o especialista mediante un plano y detallar los trabajos a realizarse en una memoria descriptiva. El conteo y clasificación vehicular se realizará por cada sentido de circulación vial, la medición de conteo será por un periodo mínimo de siete (07) días consecutivos, durante las 24 horas del día. El estudio de tráfico, deberá diferenciar el volumen determinado en: composición vehicular, direccionalidad (giros), por horas punta y valle, para vehículos y peatones.• Análisis y consistencia de la información Esto se llevará a cabo comparando con estadísticas existentes a fin de obtener factores de corrección para cada estación.• Tráfico actual Para el cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual), los conteos obtenidos de campo (zona de influencia), deberán de corregirse en base a los factores de corrección obtenidos del análisis y consistencia de la información. De acuerdo a la demanda actual determinada, se deberá estimar la demanda proyectada, con el fin de evaluar el horizonte del proyecto.

Figura D9. Ejemplo de especificaciones de requisitos de calidad implícitos (izquierda) y explícitos (derecha)

Tomado de Gobierno Regional de Pasco (2023) Elaboración del estudio definitivo y expediente técnico de la obra: "Creación del puente Yamushim"

9. Información de referencia y recursos compartidos

Este inciso indica que en los TDR se debe adjuntar la información de referencia o recursos que la parte que designa debe entrega a la parte designada principal, pues son importantes para la elaboración de la información. En los TDR revisados, es común que solo se referencie el estudio de pre inversión y por lo general son presentados como se muestra en la siguiente imagen.

3. ANTECEDENTES

La Municipalidad Distrital de Ocobamba, es la encargada de la elaboración del Expediente Técnico para la ejecución del Proyecto: "CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO YANAHURCCO DEL DISTRITO DE OCOBAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO", con el fin de brindar a las poblaciones y comunidades beneficiarias, ubicadas en el entorno del Río Yanahurcco, un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social de este sector del distrito de Ocobamba.



Se encontrará a disposición de EL CONSULTOR lo siguiente:

- Estudio de Pre inversión a Nivel de Perfil del Proyecto: "CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO YANAHURCCO DEL DISTRITO DE OCOBAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO".
- Ficha de Registro en el Banco de Proyectos del PIP: "CREACIÓN DEL PUENTE CARROZABLE SOBRE EL RIO YANAHURCCO DEL DISTRITO DE OCOBAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO"

Figura D10. Ejemplo de presentación de información de referencia

Tomado de Municipalidad Distrital de Occobamba(2022) "Creación de puente carrozable sobre el rio de Yahurcco en el sector Yanahurcco del distrito de Ocobamba- la Convención- Cusco"

10. Métodos y procedimientos de levantamiento de información de activos existentes

Se especifica cómo se propone realizar el levantamiento de información existente. Esta información es encontrada en los TDR de manera explícita cuando se describe cómo realizar el levantamiento y que incluir o también de manera implícita cuando solo se menciona la directiva que regirá la realización del levantamiento.

Carrozable TINCUCU EN EL CENTRO POBLADO DE 9 DE DICIEMBRE DE LLAMOCTACHI, DISTRITO DE CHINCHO - ANGARAES - HUANCAYELICA, registrado en el banco de proyectos con el código único de inversiones (CUI: 2331820), enmarcado en los parámetros bajo cuales fue declarado viable. Así mismos los estudios técnicos de ser necesario (de impacto ambiental, geológicos, etc), la relación de ensayos y/o pruebas que se requieran, así mismo Términos de Referencia para Capacitación y Especificaciones Técnicas para Adquisición de Mobiliarios y Equipos.

- ✓ Inspección Ocular y Evaluación de la infraestructura vial.
- Elaboración de Estudios Básicos (Levantamiento Topográfico y Estudio de suelos y demás que se requieran, según la **DIRECTIVA N° 001-2021/GOB.REG-HVCA/GRPTyAT-SCDlyTI** - Directiva para la formulación de expedientes técnicos de los proyectos de inversión, a ejecutarse por el gobierno regional Huancavelica.
- Desarrollo del proyecto y del Expediente Técnico en todas sus especialidades a nivel de ejecución de obra y conforme a la normatividad nacional vigente y la DIRECTIVA N° 001-2021/GOB.REG-HVCA/GRPTyAT-SCDlyTI - Directiva para la formulación de expedientes técnicos de los proyectos de inversión, a ejecutarse por el gobierno regional Huancavelica.

ANEXO N°01
EXIGENCIAS REFERENCIALES PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

1. GENERALIDADES:

- 1.1. Objetivo del Estudio: Indicar claramente el objetivo para el que ha sido encomendado el Levantamiento Topográfico.
- 1.2. Metodología de Trabajo: Indicar claramente el planeamiento, reconocimiento, monumento, los trabajos de campo, el trabajo de gabinete, etc.
- 1.3. Ubicación y Descripción del Área de Estudio: Deberá indicarse claramente la ubicación política y geográfica del área de estudio: Región, departamento, provincia, distrito, centro poblado, zona rural, etc. Referencias geográficas: Latitud y longitud. Se incluirá una breve descripción del terreno, teniendo en cuenta el área de terreno, perímetro, colindancias, los límites del mismo y pendiente o pendientes del terreno expresada en porcentaje, etc.
- 1.4. Acceso al Área de Estudio: Se deberá describir el acceso al área de estudio: Carretera o pista asfaltada, trocha carrozable, etc. Los medios de transporte existentes en la zona, así como el tiempo aproximado de llegada al lugar desde las localidades más próximas e importantes.
- 1.5. Las curvas de nivel en las Áreas de Riego Tecnificado deben ser cada 0.5 m.
- 1.6. Recopilación de Información: Se deberá recopilar información cartográfica y otras, relacionada al proyecto (Formato 1).

Figura D11. Ejemplo de mención de información de referencia y recursos compartidos

Tomado de Municipalidad Distrital de Occobamba(2022) "Creación de puente carrozable sobre el rio de Yahurcco en el sector Yanahurcco del distrito de Ocobamba- la Convención- Cusco"

f. Levantamientos Topográficos Complementarios

Se incluyen los levantamientos topográficos requeridos para el diseño de intersecciones viales, muros, obras de arte, áreas afectadas, áreas de fuentes de agua, depósitos de material excedente y canteras, etc.

- En las zonas urbanas, se incluirá en la topografía una faja mínima de 100 metros a cada lado del eje de la vía, la topografía deberá incluir todos los detalles existentes, incluyendo cotas, bermas, veredas, construcciones, líneas de fachada, intersecciones con calles o caminos, parada de buses, postes, tapas de buzones, etc. EL CONSULTOR deberá coordinar con las entidades que administren los servicios de energía eléctrica, teléfono, redes de comunicación, agua y desagüe etc. EL CONSULTOR deberá considerar los planes de expansión urbana que pudieran existir en la zona para lo cual coordinará con las autoridades municipales y/o gobiernos locales. Los planos de representación de las zonas urbanas atravesados por la vía se presentarán a escala 1/500, con curvas de nivel cada 0.50 metros, indicando el ancho de la vía, bermas, veredas, construcciones (línea de fachadas), intersecciones con calles o caminos, paraderos, postes, tapas de buzones, etc.
- En los cauces de ríos, cursos de agua menores y huaycos, se efectuarán los levantamientos topográficos necesarios para diseñar las obras de drenaje y obras de arte complementarias, materializando poligonales auxiliares a lo largo del cauce. Las longitudes mínimas de levantamiento serán:

Estructura Existente o Proyectada	Longitud de Levantamiento		
	Aguas Arriba	Aguas Abajo	A los extremos de la Ribera
Pontón, Alcantarilla u otra obra de arte	500 m	350 m	50 m.

- Se tomarán secciones, perfiles y niveles a detalle en los cruces con otras vías, intersección de calles, canales, acequias, alcantarillas, badenes, muros proyectados, variantes y otros que tengan incidencia en el trazo, para poder definir las soluciones más convenientes.
- Se efectuará un registro completo de la ocupación del derecho de vía, a fin de individualizar las edificaciones, cultivos, puntos de venta y otros. En caso de afectar edificaciones o terrenos de propiedad privada o ante la necesidad de ensanchamiento de la vía, corrección de trazado o variantes, se efectuarán levantamientos topográficos complementarios.
- La extensión de las áreas y perímetros del levantamiento topográfico, para canteras y depósitos de material excedente (DME's), deberán ser coordinadas con la Subdirección de Estudios - Dirección de Infraestructura de PROVIAS NACIONAL (SE-DI-PVN).

Figura D12. Ejemplo de métodos y procedimientos de levantamientos de información activos existentes implícitos

Tomado de Gobierno Regional de Huancavelica (2021) Elaboración del expediente técnico: "Creación de puente colgante carrozable Tincucc"

Anexo E: Grupos para el análisis cualitativo de los TDR



Tabla E1. Grupo 01: TDR con grado de inclusión BIM alta

Tipo	Grado de Aplicación	Grupos	Tipos según modalidad de contratación	Proyecto	Año
ALTA	60% - 100%	Grupo 01	2	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Ancash"	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Sullana-Tambogrande-Paimas"	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto construcción de puentes por reemplazo en Puno	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto construcción de puentes por reemplazo en las rutas nacionales pe - 22, pe - 1n, pe - 18, tramo puente los angeles - puente ricardo palma, ancon - huacho - pativilca y huaura - sayan - churin -oyon - ambo	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto: "construcción de puentes por reemplazo en Ayacucho-Huancavelica"	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto: reemplazo del puente San Francisco en la red vial nacional ruta pe-28b – La Quinia- Tambo – San Francisco	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto: "construcción del puente Pallar y accesos"	2020

Nota. Elaboración propia

Tabla E2. Grupo 02: TDR con grado de inclusión BIM media

Tipo	Grado de Aplicación	Grupos	Tipos según modalidad de contratación	Proyecto	Año
MEDIA	20% - 60%	Grupo 02	2	Elaboración de expediente técnico: creación puente vehicular sobre el río Chinchipe en el C.P. Huallape, distrito de Santa Rosa - Jaen - Cajamarca.	2020
			1	Contratación del servicio de consultoría de obra de elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación de los servicios de transitabilidad mediante puente Molinohuayco, distrito de Chilcas - provincia De la mar - departamento de Ayacucho". código único de inversiones n° 2508483	2022
			1	Contratación de servicio de consultoría de la elaboración del expediente técnico del proyecto: "Creación de los servicios de transitabilidad mediante el puente Pampas en los distritos de Paras y Vilcanchos en las provincias de Cangallo y Víctor Fajardo del departamento de Ayacucho"	2022

Nota. Elaboración propia

Tabla E3. Grupo 03: TDR con grado de inclusión BIM baja

Tipo	Grado de Aplicación	Grupos	Tipos según modalidad de contratación	Proyecto	Año
			2	servicio de elaboración de la Ficha técnica Estándar y Expediente Técnico de obra del Proyecto Creación del Puente Pichis y accesos distrito de Puerto Bermudez provincia de Oxapampa Región de Pasco	2020
			2	Estudio definitivo del proyecto "Construcción del puente Juana ríos y Accesos"	2020
			2	Expediente Técnico de obra del Proyecto de Inversión 1: Construcción del Puente de carretera en la ruta S/C Puente Challa Challa y accesos en la localidad de Queuña, Proyecto de Inversión 2: Construcción de Puente de carretera en la ruta S/C Puente Ccahuarpruhua II y accesos en la localidad de Ccahuarpruhua, Proyecto de Inversión 3: Construcción del Puente de carretera en la ruta AP-955 Puente Chicñahui y accesos, departamento Apurímac.	2020

Tipo	Grado de Aplicación	Grupos	Tipos según modalidad de contratación	Proyecto	Año
BAJA	0 % - 20%	Grupo 03	2	Estudio definitivo del proyecto: "Construcción de puentes por reemplazo en Huánuco-Ucayali"	2020
			2	Consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico: "Creación del puente Inca Moya en el distrito de Cieneguilla - provincia de Lima - departamento de Lima c.u.i n° 2258669"	2020
			1	Contratación de servicio de consultoría de obra para la actualización de expediente técnico: creación de puente vehicular Ccanchi sobre el río Pampas, distrito de Chungui, provincia De la mar departamento de Ayacucho	2020
			1	Servicio de consultoría de obra para la elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente carrozable Casablanca en el tramo Casablanca-Sancarragra. Sanca Ragra-distrito de Conchamarca-provincia de ambo-departamento de Huánuco"	2020
			1	Servicio de consultoría para la actualización del expediente técnico: Construcción del puente vehicular y peatonal sobre el río Tierras Blancas, sector Santa Fe y Unión Victoria, ciudad de Nazca, provincia de Nazca - Ica, código único de inversiones 2116228	2020
			1	Contratación de consultoría para elaboración del expediente técnico del proyecto "Creación del puente conexión y vías de accesos, entre la urb. Esmeraldas del distrito de José Luis Bustamante y Rivero y la zona industrial de Umopalca del distrito de Sabandia, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa"	2021

Tipo	Grado de Aplicación	Grupos	Tipos según modalidad de contratación	Proyecto	Año
BAJA	0 % - 20%	Grupo 03	1	Contratacion del servicio de consultoria de obra para la elaboracion del expediente tecnico del proyecto creacion del puente vehicular Jorge Chavez sobre el rio Chontayacu y accesos en la localidad de Jorge Chavez del distrito de Uchiza - provincia de Tocache - departamento de San Martin	2021
			1	Contratación del servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico: "Creacion de puente colgante carrozable Tincucc en el centro poblado de 9 de diciembre de Llamocctachi, distrito de Chincho " Angaraes " Huancavelica".	2021
			1	Servicio de elaboracion de expediente tecnico del proyecto creacion del puente vehicular camata sobre el rio Tambo, entre la carretera departamental mo-103 y la carretera vecinal mo-536 en los distritos de Ubinas y Yunga de la provincia de General Sanchez Cerro " departamento de Moquegua	2023

Nota. Elaboración propia

Anexo F: Propuesta de Plan de Ejecución BIM para la etapa de elaboración del expediente técnico



1. Aspectos generales de la inversión y del equipo de ejecución

1.1. Características de la inversión

Se realizará el diseño del expediente técnico (E.T) para el puente Costanera 2 perteneciente al proyecto “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Ovalo Los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versailles”. Este puente está ubicado en el km 6+180 de la Vía Expresa, entre los distritos de San Sebastián y San Jerónimo. Asimismo, da continuidad a la vía en mención, ya que cruza el río Huatanay. Otra característica de este puente es que cuenta con 2 vías y 2 carriles por vía, pues a partir del intercambiador Tupac Amaru se produce el cambio de número de vías (de 4 a 2 vías) por limitaciones de espacio.

El estudio geotécnico realizado precisa que el puente tendrá pilotes, los cuales estarán compuestos por Cemento Tipo III, ya que el concreto estará expuesto a ataques de sulfatos. Por otro lado, la superestructura presenta un ángulo de esviaje de 45° y posee una longitud de 30.53 metros. Además, está compuesto por losas y vigas tipo cajón postensadas, las cuales se encuentran simplemente apoyadas en ambos estribos. Es importante aclarar que en el apoyo se cuenta con topes sísmicos que limitarán los desplazamientos frente a la acción del sismo. En la subestructura, se encuentran pilotes que están unidos a zapatas rectangulares. Estas zapatas soportan a los estribos, los cuales son de tipo muro. En adición, en cuanto a la defensa riverañ del puente, se colocarán gaviones.

El sistema de drenaje empleado en el puente consta de tubos de drenaje instalados de manera perpendicular y, en otros casos, oblicua a la rasante. Estos conducirán las aguas pluviales hacia el río Huatanay.

1.2. Alcance y objetivos de colaboración del equipo de ejecución

Alcance del equipo de ejecución

Elaborar el expediente técnico de la inversión respectiva, cumpliendo con los estándares y procesos establecidos por la entidad.

Objetivos del equipo de ejecución

- Realizar un E.T con el cual se pueda ejecutar la obra sin retrasos debido a retrabajos o a errores que comprometan la ruta crítica de la inversión.
- Garantizar la constructibilidad desde el diseño para que la ejecución física del proyecto sea realizada con en el menor tiempo posible sin comprometer la calidad y optimizando los costos de ejecución.
- Integrar a la parte que designa y a otros participantes del proyecto en el proceso de la elaboración del E.T con el objetivo de abrir la posibilidad de realizar cambios por disposición de la entidad o por recomendación del equipo de trabajo a etapas tempranas del proyecto.
- Lograr una temprana comprensión de los procesos constructivos del proyecto, no solo mediante programas que faciliten la visualización del proyecto, sino también a través de una ordenada y estandarizada documentación.
- Detectar posibles problemas constructivos y resolver las interferencias halladas durante el diseño para evitar futuros errores en la etapa de construcción.
- Procurar un diseño sostenible que permita medios alternativos de transporte. Asimismo, proponer estrategias para la mitigación del impacto ambiental momento de la ejecución física del proyecto.

1.3.Responsabilidades de gestión de la información BIM del equipo de ejecución

Se muestran los roles propuestos para la realización, revisión y entrega de los contenidos de información. Estos roles y su relación con las diferentes etapas de la gestión de información, así como el equipo al que pertenecen serán presentados en la tabla número 2. Asimismo, se presenta un glosario para los siguientes términos.

Tabla F1. Roles adicionales y sus significados

ROLES ADICIONALES BIM	ABREVIATURA
Jefe de especialidad	J. E
Asistente del jefe de especialidad	A.J. E

Nota. Elaboración propia

Si bien estos puestos son usados de manera tradicional para la realización de estudios básicos, se los incluirá dentro de los procesos BIM propuestos, es por ello que se les adjudica como rol BIM. Asimismo, son adicionales, ya que la Guía Nacional BIM no los incluye; sin embargo, se optó por colocarlos con la finalidad de poder conformar un grupo de trabajo inclusivo en el que se cuente con la participación de ingenieros de media y larga experiencia, los cuales, generalmente, no son afines con BIM.

El perfil de estos dos roles serán los siguientes:

Jefe de especialidad

- Tener al menos 5 años de experiencia realizando estudios de la especialidad pertinente.
- Disposición a trabajar colaborativamente dentro de procesos que involucren familiarizarse con nuevas tecnologías.

Ayudante del jefe de especialidad

- Tener 3 años experiencia realizando estudios o trabajos afines a la especialidad pertinente.

- Tener al menos 2 años de modelador BIM de puentes.
- Capacidad comunicativa

Para un mayor entendimiento de la propuesta de la formación de todos los involucrados del proyecto, se presenta un diagrama líneas abajo.

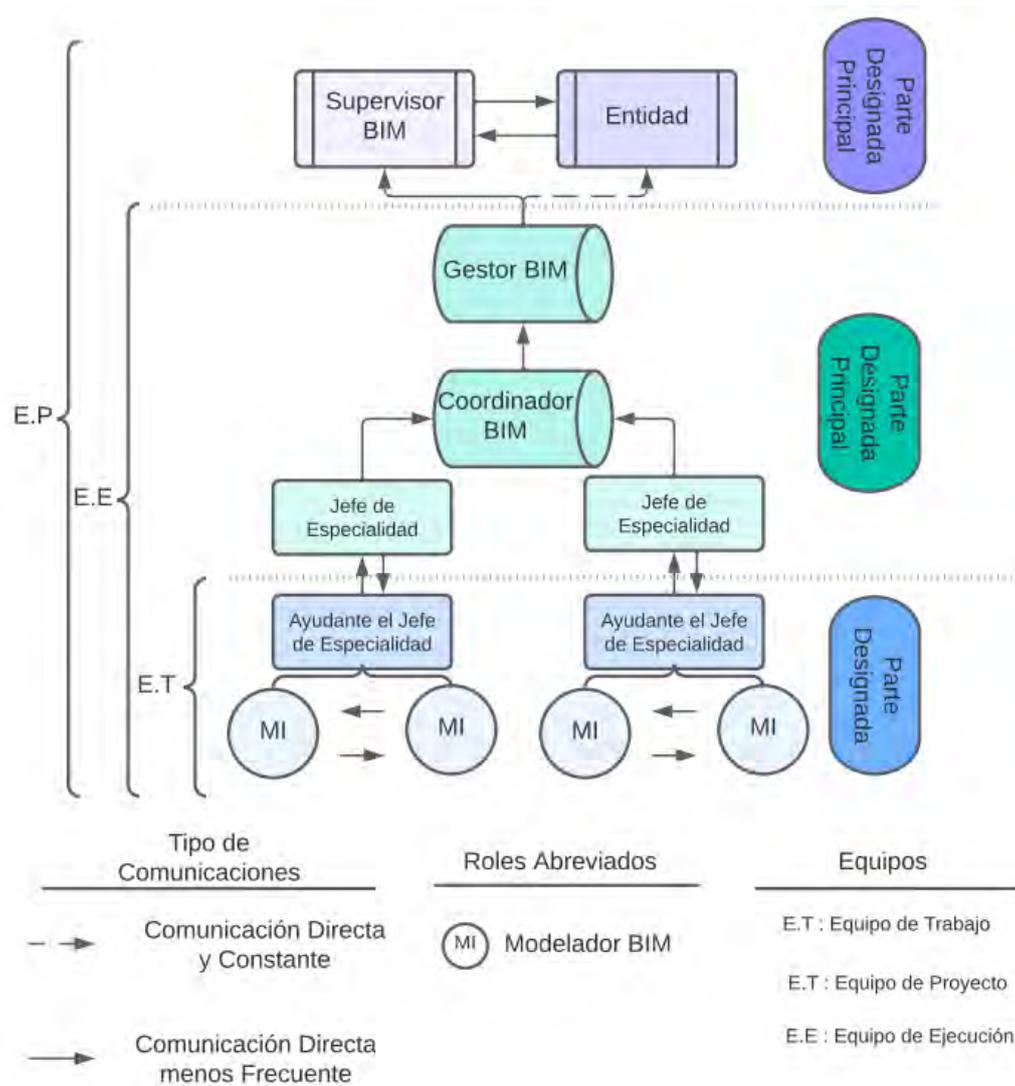


Figura F1. Diagrama de organización de los principales involucrados del proyecto

Elaboración propia

Tabla F2. Matriz de Responsabilidades

PROCESO	SUB ACTIVIDADES DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	ROL BIM	EQUIPO
Contratación o Designación	Actualizar el Plan de Ejecución BIM con el fin de crear un PEB definitivo	Coordinador y jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
	Validar junto con la parte designada el PEB definitivo, en esta se afirmarán los procesos, tecnologías y participantes en la elaboración de la información	Gestor BIM, coordinador BIM, jefe de especialidad y ayudante de jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
	Crear una matriz en la que se muestren las responsabilidades que tendrá el equipo de ejecución a lo largo de la gestión de la información.	Coordinador BIM y jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
	Evaluar las aptitudes y capacidades de los equipos de trabajo.	Jefe de especialidad y ayudante de jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
	Realizar los EIR propios de la empresa consultora necesarios para producir los modelos.	Gestor BIM, coordinador BIM, jefe de especialidad y Ayudante de jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
Movilización	Realizar la movilización de recursos siguiendo el plan de movilización presentado en etapas previas.	Coordinador BIM	Equipo de Ejecución
	Movilizar todo lo referente a la tecnología de la información.	Coordinador BIM, jefe de especialidad, ayudante de jefe de especialidad y modeladores	Equipo de Ejecución
	Validar los métodos y procesos establecidos poniéndolos a prueba.	Gestor BIM, coordinador BIM, jefe de especialidad, Ayudante de jefe de especialidad y modeladores	Equipo de Ejecución
Producción colaborativa de la información	Verificar que se pueda acceder a la información que se usará como referencia y a otros recursos compartidos.	Ayudante de jefe de especialidad y modeladores	Equipo de Trabajo
	Producir la información de acuerdo a los TIDP establecidos.	Modeladores	Equipo de Trabajo
	Realizar el primer control de calidad: revisión de la norma de información del proyecto.	Ayudante de jefe de especialidad	Equipo de Trabajo
	Segundo control de calidad: Revisión del contenido de los contenedores de información	Jefe de especialidad, Ayudante de jefe de especialidad	Equipo de Trabajo
	Examinar los modelos de información producida	Coordinador BIM y jefe de especialidad	Equipo de Ejecución
Entrega del modelo de información	Presentación del modelo de información a la Parte Designada Principal	Jefe de especialidad, ayudante de jefe de especialidad y modeladores	Equipo de Trabajo
	Aceptación o rechazo del modelo de información	Coordinador BIM	Equipo de Ejecución
	Presentación del modelo de información a la entidad	Gestor BIM	Equipo de Ejecución
	Verificación y autorización del Modelo de Información	Supervisor BIM	Equipo del Proyecto
Fin de la fase de Ejecución	Archivamiento del PIM	Supervisor BIM	Equipo del proyecto
	Recolección de lecciones aprendidas	Superviso BIM y coordinador BIM	Equipo del proyecto

Nota. Elaboración propia

2. Estrategia de entrega de Información del equipo de ejecución

2.1.Objetivos para la producción colaborativa del Modelo de información

Hay varios propósitos que se procura al producir la información colaborativa. Entre los más importantes están procurar un diseño de calidad y aprobado por los miembros que participan en el diseño. Asimismo, este diseño debe procurar una adecuada ejecución; es decir, diseños que no sean difíciles de construir y que no posean problemas que comprometan el avance físico del proyecto. En complemento, se busca procurar un planeamiento en costo y tiempo eficiente. Finalmente, se busca que los involucrados aumenten su madurez BIM al ser partícipes activos del proceso de producción propuesto. Cabe resaltar que los objetivos de la gestión de la información BIM están relacionados con los requisitos de información de la organización (OIR), los cuales fueron extraídos de los documentos del proyecto que muestran los intereses de la Entidad

Asimismo, estos objetivos son clasificados según su prioridad: el número 3 representa la mayor prioridad mientras que el número 1, menor prioridad. Después, en función a estos objetivos, se plantearán Usos BIM que permitirán alcanzar dichos objetivos.

Tabla F3. *Objetivos y usos BIM establecidos*

PRIORIDAD	OBJETIVOS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN BIM	USOS BIM SOLICITADOS POR LA ENTIDAD PÚBLICA
3	Definir tempranamente las estrategias de construcción del proyecto con el fin de salvaguardar a la comunidad	Visualización 3D Levantamiento de condiciones existentes Análisis del entorno físico Planificación de la fase de ejecución
3	Incrementar la propuesta de valor en un diseño colaborativo con enfoque en la movilidad urbana sostenible, la cual está orientada hacia peatones, ciclistas, transporte público y vehículos	Diseño de especialidades Coordinación de la información Revisión del diseño
2	Estimar y controlar el impacto ambiental que será generado en la ejecución del proyecto, buscando reducir la emisión de gases de efecto invernadero	Evaluación de sostenibilidad
2	Detectar interferencias para prevenir sobrecostos y contratiempos en el proyecto, generando una imagen positiva en la comunidad	Detección de interferencias e incompatibilidades
1	Obtener estimaciones de los metrados de las partidas a partir del modelo, de manera que se aprovechen las nuevas tecnologías de gestión de la información	Estimación de cantidades y costos Elaboración de documentación

Nota. Adaptado del MEF

En la siguiente tabla, se muestra la relación ente los Requisitos de Información del Proyecto (PIR), los usos BIM y las especialidades involucradas. Además, se incluye una breve explicación de la relación que existe.

Tabla F4. *Relación entre PIR, usos BIM y especialidades*

PIR	Reporte del crecimiento actual urbano y sus proyecciones Documento que contenga el nuevo plan de desarrollo urbano Reporte que contenga el estado actual de la infraestructura urbana	Reporte que muestre el estado actual de la movilidad urbana Documentación que muestre estadísticas del comportamiento del flujo de los vehículos, ciclistas y peatones	Reporte periódico de las emisiones CO2 equivalente liberados durante la ejecución del proyecto	Informe de la percepción social del proyecto por parte de las comunidades aledañas que han sido afectadas	
USOS DE MODELO BIM	Levantamiento de condiciones existentes Análisis del entorno físico Planificación de la fase de ejecución	Visualización 3D Diseño de especialidades	Evaluación de sostenibilidad	Coordinación de la información Revisión del diseño Detección de interferencias e incompatibilidades Visualización 3D	Elaboración de documentación Estimación de cantidades y costos
RAZÓN	El levantamiento de las condiciones existentes y el análisis del entorno físico permiten representar, de manera digital, el estado real de la zona donde se ejecutará el proyecto, lo cual es esencial para la entidad. Por otro lado, una correcta planificación de la fase de ejecución facilitaría la elaboración del nuevo plan de desarrollo urbano a través de las estimaciones en la fecha inicial y final de la ejecución del proyecto, así como en la cantidad de pobladores beneficiados por el proyecto.	Uno de los objetivos del cliente es procurar una movilidad urbana sostenible enfocada en el peatón. Por lo tanto, los usos BIM escogidos ayudan a que se cumpla este objetivo, ya que las partes involucradas necesitarán de un correcto diseño de especialidades, en el cual implementen la visualización 3D para tener una idea más certera del diseño que están proponiendo.	La evaluación de sostenibilidad permitirá tener una idea de en qué magnitud se están liberando gases de efecto invernadero, lo cual facilitará la toma de decisiones ambientales en caso sea necesaria.	Es muy probable que el proyecto posea una percepción negativa por parte de las comunidades aledañas. Sin embargo, los usos BIM propuestos ayudan a paliar esta situación, puesto que un adecuado diseño permitirá elaborar un expediente técnico sin errores, por lo que no dilatará más el plazo establecido al proyecto ni perjudicará por más tiempo a las comunidades; además, se transmitirá responsabilidad y compromiso por terminar.	Una adecuada gestión de la documentación y estimación de los recursos conllevará a que se tenga un presupuesto correctamente elaborado, el cual es probable que se cumpla durante la ejecución. Así, no se generarán sobrecostos y adicionales, mejorando la percepción del proyecto hacia la sociedad y gestionando adecuadamente el tesoro público.
ÁREAS	Topografía, tráfico, y planificación y control	Tráfico y paisajismo	Ambiental	Estructuras, paisajismo, eléctricas, sanitarias y	Planificación y control

Nota. Elaboración propia

2.2. Estructura organizativa y composición del equipo de ejecución

Se procede a mostrar de manera detallada los roles de los que está compuesto el Equipo de la Empresa Consultora y el equipo de expertos en la ejecución física del proyecto.

Equipo de la empresa Consultora

Tabla F5. Equipo de ejecución de la empresa consultora

ESPECIALIDADES	ROL BIM	NUMERO DE PARTICIPANTES
Transversal a todas las especialidades	Gestor BIM	1
Transversal a todas las especialidades	Coordinador BIM	1
Especialidad de trazo y diseño geométrico	Jefe de especialidad	1
	Ayudante del jefe de Especialidad	1
Especialidad de hidráulica	Jefe de especialidad	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Especialidad de geotécnica	Jefe de Especialidad	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Especialidad estructural	Jefe de especialidad	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Especialidad ambiental	Jefe de Equipo	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Especialidad de Topografía	Jefe de Especialidad	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Especialidad de Tráfico	Jefe de Especialidad	1
	Ayudante del jefe de especialidad	1
Transversal a todas las especialidades a modelar	Modeladores BIM	2
Especialidad de costos y presupuestos	Jefe de equipo	1

Nota. Elaboración propia

Equipo de expertos en ejecución física del proyecto

Con el propósito de procurar la constructibilidad, se consideró necesario incluir a profesionales y técnicos especializados en la construcción física de este tipo de proyectos, los cuales aportarán con observaciones, validaciones e ideas para el diseño de la inversión, y fungirán como complemento al equipo principal de la empresa consultora. Asimismo, en caso de que aún no se haya definido a los involucrados posteriores se propone la participación de expertos en la ejecución física de este tipo de obra civil. Ello se observa en la presente tabla.

Tabla F6. *Equipo de expertos para la constructibilidad del diseño*

ESPECIALIDADES	ROL	NÚMERO DE PARTICIPANTES
Trazo y diseño geométrico	Experto(a) de trazo y diseño	1
Hidráulica	Experto(a) hidráulico	1
Estructural	Experto(a) estructural	1
Ambiental	Experto(a) ambiental	1
Procedimientos constructivos	Maestro de Obra	2

Nota. Elaboración propia

2.3.Recomendaciones de recursos informáticos necesarios

Se recomienda implementar los siguientes recursos informáticos con el objetivo de cumplir con los usos BIM establecidos del proyecto. Cabe mencionar que la presente tabla solo está incluyendo algunos usos BIM. Asimismo, es posible que un mismo software pueda ser usado para cumplir uno o más usos BIM.

Tabla F7. Recursos informáticos recomendados a implementar

USOS BIM	NOMBRE DEL SOFTWARE	VERSIÓN
Visualización 3D	Revit	2021
	Infraworks	2021
	Civil 3D	2021
Coordinación de la información	Autodesk Construction Cloud	-
Evaluación de sostenibilidad	SimaPro	9.1.1
Detección de interferencias e incompatibilidades	Naviswork Manage	2021
Estimación de cantidades y costos	Presto	2021
Planificación de la fase de ejecución	Vico office	R6.8 Hotfix

Nota. Adaptado del MEF

Asimismo, existen otros softwares que contribuyen a la elaboración de los estudios definitivos del expediente técnico, tales como el QGIS, Vissim, HEC-RA, CSI BRIDGE y Metashape.

2.4.Plan de movilización

El plan de movilización contiene las actividades preliminares que deben realizarse para asegurar que se podrá desarrollar, correctamente, toda la gestión de la información. Este plan de movilización es muy similar al propuesto por la Guía Nacional BIM en el anexo F, ya que varias de las actividades están estandarizadas.

Tabla F8. Plan de movilización

REFERENCIA	TAREA	RESPONSABILIDADES	EQUIPO DE TRABAJO	PLAZO DE ENTREGA	OTRAS ACCIONES /COMENTARIOS
Entorno de Datos Comunes (EDC)					
1	Comprobación del flujo de los procesos del EDC	Realizar un testeo entre las partes involucradas para verificar el funcionamiento del flujo del EDC	Equipo de TI	Hasta 2 días calendario	Toda la información del proyecto debe ser compartida, únicamente, a través del EDC del proyecto
2	Testeo de la seguridad en el acceso al CDE de las partes involucradas.	Asignar las restricciones de acceso y edición para cada parte involucrada del proyecto	Equipo de TI	Hasta 2 días calendario	Cada integrante del EDC deberá contar con su propio usuario y contraseña.
Recursos informáticos (Software & Hardware)					
3	Comprobación de la cantidad, capacidad y funcionamiento de los aparatos tecnológicos.	Verificar el estado actual de los equipos tecnológicos, de manera que tengan suficiente capacidad para implementar los softwares requeridos del proyecto.	Equipo de TI	Hasta 5 días calendario	Los equipos tecnológicos a usar son computadoras de escritorio, laptops, <i>tablets</i> y pantallas táctiles.
4	Comprobar el adecuado funcionamiento de softwares requeridos del proyecto	Comprobar que todos los equipos tengan instalado la versión requerida de los softwares y que funcionen	Equipo de TI	Hasta 3 días calendario	Los softwares requeridos están en la tabla 8
Normas, estándares, métodos y procedimientos					
5	Revisión de la NTP-ISO 19650 Parte 1 y 2, y la Guía Nacional BIM	Comprobar el cumplimiento de la gestión de la información BIM según el ciclo de inversión de Invierte.pe	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 12 días calendario	-
Capacidades y plan auxiliar					
6	Asegurar que los equipos de trabajo tengan la capacidad y competencia requerida para ejecutar sus actividades	Comprobar que el equipo de trabajo tenga la capacidad y competencias necesarias para el proyecto a través de diversas evaluaciones e indicadores de cumplimiento	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 10 días calendario	-
Capacitaciones					
7	Realizar capacitaciones dentro de la empresa sobre la gestión de la información BIM aplicados al actual proyecto de inversión.	Se explicará la importancia de la elaboración de un Plan de Ejecución BIM y el trabajo colaborativo bajo una plataforma común para todos los involucrados	Equipo de Gestión y Administración	Hasta 7 días calendario	-

Nota. Adaptado del MEF

2.5. Estrategia de entrega del modelo de información

Tabla F9. Estrategia de entrega del modelo

N° ENTREGABLE	DESCRIPCIÓN DEL ENTREGABLE	EQUIPO DE TRABAJO	CONTENEDOR DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE ENTREGA
Hidráulica	<ol style="list-style-type: none"> Informe de la caracterización hidrológica de la cuenca. Memoria de cálculo de la determinación de la descarga máxima de diseño y el periodo de retorno. Informe de las características físicas de la cuenca, las secciones transversales y el perfil longitudinal. Modelo del perfil del flujo en HEC-RAS Informe que contenga las profundidades de socavación 	Equipo de hidráulica	<ol style="list-style-type: none"> Formato .pdf Formato .pdf Formato .pdf Formato .prj Formato .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Geotecnia	<ol style="list-style-type: none"> Solicitud de los ensayos de campo y de laboratorio Informe de los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio Reporte de la descripción de los estratos y profundidad del nivel freático Memoria de cálculo del diseño de cimentaciones Informe del estudio de mecánica de suelos 	Equipo de geotecnia y geología	<ol style="list-style-type: none"> Formato .pdf Formato .pdf Formato .pdf Formato .pdf Formato .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Ambiental	<ol style="list-style-type: none"> Informe de las condiciones ambientales actuales en la zona de estudio Reporte del resultado de la evaluación de impacto ambiental en SimaPro Documento que contenga las recomendaciones de las especificaciones en el diseño, construcción y operación Informe del Plan de Manejo Socioambiental 	Equipo ambiental	<ol style="list-style-type: none"> Formato .pdf Formato .doc Formato .pdf Formato .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Topografía	<ol style="list-style-type: none"> Informe sobre equipos y metodología propuesta. Documentación sobre los resultados del levantamiento topográfico de la zona del proyecto. Documentación sobre la caracterización de la topografía del proyecto (ubicación de puente, accesos y perfiles principales) Informe técnico del levantamiento batimétrico. Estudio de Final de Topografía 	Equipo de topografía	<ol style="list-style-type: none"> .pdf .dwg, .jpg, .pdf .dwg, .jpg, .pdf .dwg, .jpg, .pdf .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Tráfico	<ol style="list-style-type: none"> Informe de resultados del estudio volumétrico Informe del estudio de velocidades de operación Informe de encuestas origen y destino. Así como, conteos peatonales, ciclistas y vehiculares. Informe de proyecciones de tráfico y censos de carga. Estudio Final de Tráfico 	Equipo de Tráfico	<ol style="list-style-type: none"> .xls, .pdf .xls, .pdf .xls, .pdf .xls, .pdf .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Trazo y diseño	<ol style="list-style-type: none"> Planos y documentación del levantamiento topográfico (estacado, poligonal definitiva, referenciación de vértices, curvas de nivel) Planos y cálculos justificatorios de las dimensiones geométricas propuestas. Documentación sobre la localización y perfiles longitudinales de los accesos. Así como, secciones transversales típicas de corte y relleno. Documentación sobre el diseño de pavimentos y cálculos pertinentes. Documentación sobre el diseño y ubicación de señalizaciones y dispositivos de control. 	Equipo de trazo y diseño	<ol style="list-style-type: none"> .dwg, .pdf .dwg, .pdf .dwg, .pdf .dwg, .pdf .dwg, .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)
Estructuras	<ol style="list-style-type: none"> Observaciones, comentarios y conclusiones de inspección de campo. Recopilación y análisis de la ingeniería básica Memoria de cálculo del puente costanera 2 	Equipo de Estructuras	<ol style="list-style-type: none"> .pdf .pdf, .dwg, .xls .pdf 	Información subida al Entorno Común de Datos (BIM 360)

Nota. Adaptado del MEF

3. Propuesta de modificación o adición de normas de información

3.1. Normas de información

3.1.1. Convenciones de identificación de contenedores de información

Se plantea implementar la siguiente estructura de codificación de archivos para que exista una única interpretación de los archivos y se tenga una adecuada comunicación entre los involucrados del proyecto.

Tabla F10. Identificación de contenedores de información

DETALLE Y PROPUESTA DE CONVENCIONES DE IDENTIFICACIÓN			
CONVENIOS DE IDENTIFICACIÓN	Obligación	Código	Nombre / descripción
CÓDIGO O NOMBRE DEL PROYECTO	Requerido	1000	Elaboración del Expediente Técnico (Diseño) del Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad de Cusco: Ovalo Los Libertadores - Puente Costanera - Nodo Versailles
CLIENTE O EMPRESA	Requerido	XY	XY Consultora
VOLUMEN, SISTEMA O ZONA	Requerido	PA	Sistema de paisajismo
		ES	Sistema de estructura
		MEP	Sistemas mecánico, eléctrico y sanitario
NIVEL O LOCALIZACIÓN	Requerido	SUB	Primer nivel: subestructura
		SUP	Segundo nivel: superestructura
TIPO DE ARCHIVO	Requerido	ET	Especificaciones técnicas
		MD	Memoria descriptiva
		DE	Planos - detalles
		U	Planos Ubicación y localización
		P2	Planos 2D
		M2	Modelo 2D
		M3	Modelo 3D
DISCIPLINA	Requerido	FED	Modelo Federado
		PAI	Paisajismo
		EST	Estructura
		IS	Instalaciones Sanitaria
		IE	Instalaciones Eléctricas
IDENTIFICADOR	Requerido	IM	Instalaciones Mecánicas
		1	-
CÓDIGO DE ESTADO	Opcional	2	-
		S0	Estado inicial o en proceso de elaboración
		S1	Listo para su revisión
		S2	Listo para compartir
		S3	Compatibilizado y con <i>issues</i> por corregir
REVISIÓN	Opcional	S4	Revisado y sin observaciones
		P01.1	Versión 1
		P01.2	Versión 2
		P01.3	Versión 3

Nota. Adaptado del MEF

El código de estado S0 refiere a que el modelo recién está siendo modelado. Posteriormente, pasará al estado S1, cuando el modelo está apto para ser revisado por el ayudante del jefe de especialidad, de manera que no haya errores para poder pasar al siguiente estado, el cual es S2. Este estado consiste en que el modelo ha sido terminado y puede ser compartido para tener un modelo federado que incluya todas las especialidades del proyecto. Después, en el estado S3, el modelo federado podrá tener algunas interferencias que deberán ser corregidas. Por último, el estado S4 es aquel en el que el modelo de cada disciplina ya ha sido corregido. Cabe resaltar que este proceso es iterativo, hasta que ya no se tengan incompatibilidades en el diseño.

3.1.2. Propuesta de calidad del modelo de información

Esta propuesta contiene las características que deben tener los modelos que se compartan durante el traspaso de información entre los involucrados. Es importante que se respeten para que se tenga una estandarización de la calidad deseada. Asimismo, es importante mencionar que estas características son, prácticamente, los Requisitos de Intercambio de Información (EIR) que han sido establecidos por la Entidad.

Tabla F11. *Requisitos de calidad de los modelos de información*

CONTENEDOR DE INFORMACIÓN	REQUISITOS DE CALIDAD
Modelo de información	<p>.-La información del proyecto debe ser contrastada con las comunidades locales, tras haber realizado reuniones periódicas con estas, a fin de identificar potenciales riesgos, y generar acuerdos y soluciones para el correcto desarrollo del proyecto.</p> <p>-Se debe comunicar de manera oportuna y entendible las interferencias detectadas a las personas locales cuyos predios sean afectados</p> <p>-Realizar un Plan de Gestión Social con el minimizar impactos y riesgos hacia la comunidad. Asimismo, recopilar e incluir las necesidades de los usuarios proyectados en el diseño, procurando la movilidad urbana sostenible.</p> <p>-Los entregables deben considerar el impacto ambiental provocado por sus actividades. Asimismo, se deberá trabajar con emisiones de CO2 equivalentes para el estudio de impacto ambiental.</p> <p>-Es imprescindible que todas las especialidades trabajen de manera colaborativa, por lo que se requiere que el equipo de ejecución se reúna en sesiones ICE al menos una vez por mes.</p> <p>-Se solicita implementar indicadores de rendimiento durante el diseño para mapear el diseño.</p> <p>-Es necesario que la entidad o un representante de esta participe al menos una vez por mes en las sesiones colaborativas.</p> <p>-Se solicita el envío de reportes mensuales de las interferencias detectadas y levantadas tanto de manera asincrónica como sincrónica.</p> <p>-Se debe considerar criterios técnicos de expertos en la ejecución física de proyectos similares para la realización del expediente técnico.</p> <p>-Es necesario crear parámetros a cada elemento utilizado en los modelos 3D, ya que estos servirán posteriormente para la estimación de cantidades, costos e impacto ambiental.</p> <p>-Los modelos definitivos y terminados de cada especialidad, para el diseño, deben de tener un LOD 3 y un LOI 3.</p> <p>-Los elementos en el modelo deben ser creados, necesariamente, en las disciplinas, categorías, familias, tipos y ejemplar correctos para mantener el orden.</p> <p>-Los contenidos de información deben respetar los estándares para la identificación establecidos para su ingreso en el entorno común de datos.</p> <p>-Los modelos de información deben ser auditados y corregidos antes de ser compartidos en el entorno de datos comunes.</p> <p>-Las unidades de medida de todas las especialidades serán en metros para las longitudes, metros cuadrados para las áreas, metros cúbicos para volumen y grados sexagesimales.</p> <p>-Se solicita la creación de una matriz de responsabilidades.</p>

Nota. Adaptado del MEF

3.1.3. Propuesta de indicadores de rendimiento

Se deben colocar diversas métricas al proyecto para permitir un adecuado monitoreo de su desempeño y facilitar la toma de decisiones. Además, si bien la Guía Nacional BIM no incluye un valor meta en cada indicador como parte del PEB, es necesario considerarlo, ya que esto permite comparar el rendimiento del proyecto con un valor de previamente establecido.

Tabla F12. *Indicadores de rendimiento del proyecto*

NOMBRE DEL INDICADOR	MÉTODO DE CÁLCULO	OBJETIVO DEL INDICADOR	FRECUENCIA	VALOR META
% de interferencias levantadas en sesiones ICE	(Cantidad de interferencias resueltas en la sesión ICE / cantidad de interferencias programadas a ser resueltas en la sesión ICE) *100	Mapear la eficiencia de las reuniones ICE	Cada sesión ICE	>=90%
% personas claves que asistieron a la sesión ICE	(Cantidad de personas claves que asistieron a la sesión ICE / cantidad de personas claves que debieron asistir a la sesión ICE) *100	Mapear el compromiso de las personas claves en las sesiones ICE	Cada sesión ICE	>=90%
% del plan completado (PPC)	(Cantidad de compromisos cumplidos / Cantidad de compromisos pactados) *100	Medir el compromiso de los involucrados en la ejecución de sus actividades, considerando solo avances que cumplen o superaron el planificado	Semanal	>=85%
% del trabajo completado (PWC)	(Suma del grado de cumplimiento de compromisos / Suma de compromisos pactados) *100	Medir el compromiso de los involucrados, considerando todo tipo de avances	Semanal	>=90%
% del cumplimiento de restricciones (PCR)	(Restricciones liberadas / restricciones pactadas) *100	Medir el compromiso de los involucrados en el levantamiento de restricciones, las cuales son necesarias para el flujo continuo de trabajo	Semanal	>=85%
Causas de no cumplimiento (CNC)	Identificar y medir la incidencia de cada causa de no cumplimiento	Identificar las principales razones de no cumplimiento de las actividades	Quincenal	-

Nota. Adaptado del MEF

Cabe resaltar que el uso de estos indicadores es obligatorio, puesto que están especificados dentro de los Requisitos de Calidad. En ese sentido, su incumplimiento conllevaría al rechazo directo del presente Plan de Ejecución BIM por parte de la Entidad.

3.2. Métodos y procedimientos de producción de información

3.2.1. Estrategia de coordinación de especialidades y producción de información

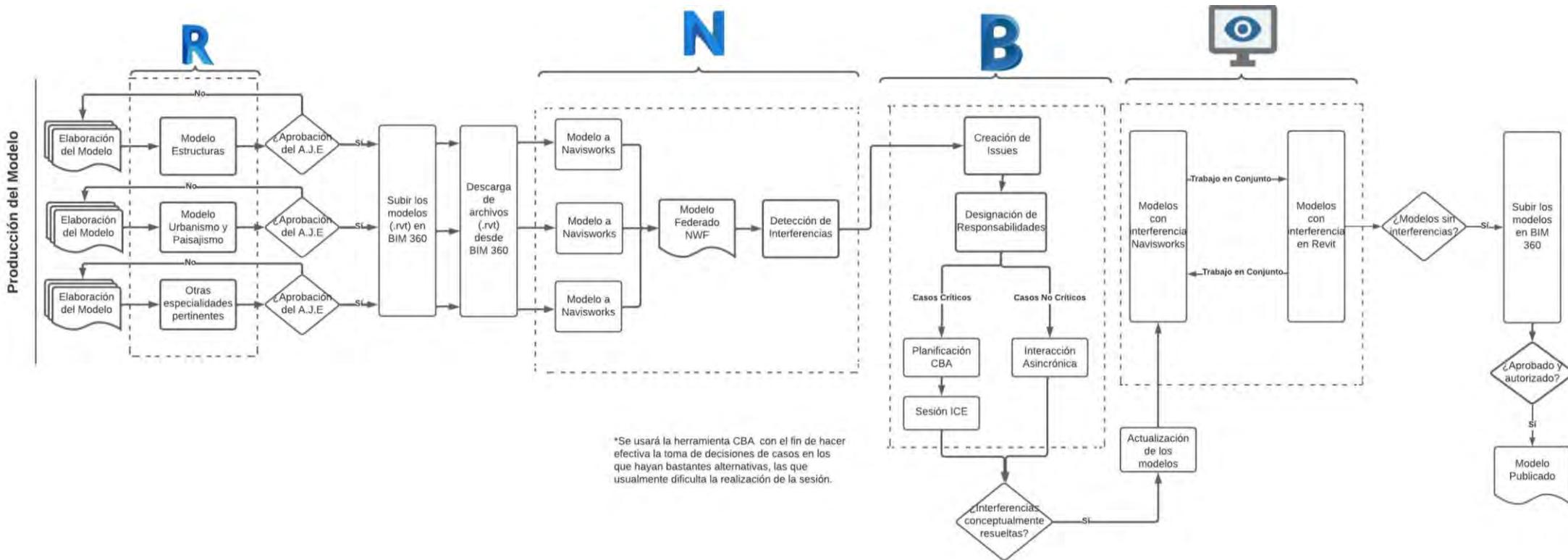


Figura F2. Flujo de coordinación de las especialidades y producción de la información

Elaboración propia

3.2.2. Actividades para la detección y resolución de interferencias

Se presenta una matriz general de los pasos que hay para la detección y solución de las interferencias.

Tabla F13. *Detección y resolución de interferencias*

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	PLATAFORMAS DE TRABAJO	SOFTWARES INVOLUCRADOS	ESTADOS INVOLUCRADOS*
Definir acciones para resolver interferencias	Se definirán acciones para levantar los <i>issues</i> de manera asincrónica mediante BIM 360 y sincrónica (sesiones ICE)			
Compartir información en el entorno común	Cada especialidad compartirá los archivos pertinentes cumpliendo con los estándares de entrega (extensión, formatos, identificación y estado)	BIM 360	Revit y Naviswork	S1
Federación de modelos de información	Es la unión de los modelos de información producidos por las distintas especialidades en un solo modelo.	BIM 360	Revit y Navisworks	S2
Detección de interferencias	En esta acción se producen interferencias entre las especialidades, las cuales podrán ser detectadas de manera automática o tras inspección visual	BIM 360	Navisworks	S3
Resultados, responsables y propuesta de actividades*	El reporte y tipo de interferencias (duras o blandas) detectadas será enviado a las especialidades	BIM 360	-	S3
Seguimiento de las actividades propuestas	El coordinador deberá verificar que las acciones inicialmente definidas sean llevadas a cabo.	BIM 360	-	S1, S3
Sesiones ICE	Habrán sesiones ICE periódicamente (cada 15 días). Asimismo, el equipo de trabajo puede solicitar reuniones ICE de emergencia si lo considera	BIM 360	-	S3
Solución de interferencia	La solución debe ser reportada al coordinador. Asimismo, este federará los modelos para que puedan ser compartidos nuevamente, siguiendo con la iteración.	BIM 360	Revit y Navisworks	S4

Nota. Adaptado del MEF

3.2.3. Tolerancia y evaluación de interferencias

Se pueden tener dos tipos de interferencias de acuerdo a lo crítico que esta sea: duras y blandas. Así, las interferencias en el modelado son duras, por lo que se aceptará una tolerancia de hasta 5 milímetros en el cruce entre las distintas especialidades.

Tabla F14. Tolerancia y tipo de interferencia

ESPECIALIDADES DEL MODELO DE INFORMACIÓN	TIPO DE INTERFERENCIA	TOLERANCIA
Estructura e instalaciones MEP	Dura	+/- 5 mm
Estructuras y paisajismo	Dura	+/- 5 mm
Paisajismo e instalaciones MEP	Dura	+/- 5 mm

Nota. Adaptado del MEF

3.2.4. Requisitos de seguridad de la información

Es indispensable garantizar que no se filtre la información propia del proyecto, porque resulta de autoría de la empresa. Para ello, toda la información producida para este y en este proyecto debe cumplir con los requisitos de seguridad, en términos de protección de datos, tal como se requiere en cumplimiento de la NTP ISO 19650.

3.2.5. Nivel de seguridad

En el nivel de seguridad, se contempla el acceso que tendrán las diferentes partes involucradas en la plataforma colaborativa, la cual es *Autodesk Construction Cloud*. Esta plataforma otorga 3 niveles de acceso, siendo el nivel 3 el que tiene más permisos. Los niveles son los siguientes:

- Nivel 3 - Administrador de cuentas: se encargan de crear proyectos y mandar invitaciones a los administradores de proyectos. Tienen acceso a toda la información del proyecto.

- Nivel 2 - Administradores de proyecto: controlan la configuración del proyecto y mandan invitaciones a miembros para que formen parte del proyecto.
- Nivel 1 - Miembros de proyectos: es el acceso más común, el cual permite ver, comparar, publicar o cargar documentos a la plataforma, de manera que otros miembros lo puedan visualizar o comentar.



Anexo G: Protocolo de Gestión de Calidad



1. Planilla de revisión

Tabla G1. Protocolo de gestión de calidad para contenedores de información

PLANILLA DE REVISIÓN DE MODELOS DE INFORMACIÓN				
Paquete de trabajo				
Revisor		Fecha		
Creador		Criterios de Validación	<95%	OBSERVADO
Nombre de archivo			95%-100%	VALIDADO
CAMPO	CRITERIO	Cumplido (SI=1/NO=0)	OBSERVACIONES	RESULTADO
GENERALIDADES				
1.00				
1.01	Se subió a la carpeta correcta según la etapa de producción	1		100%
1.02	Se verificó la calidad técnica en el checklist de la especialidad	1		
1.03	El archivo está dentro del TIDP de la especialidad	1		
FORMATO DE ENTREGA				
2.00				
2.01	El archivo posee nombre según establecido en el PEB	1		100%
2.02	La información se encuentra georreferenciada correctamente	1		
2.03	El modelo tiene el punto base establecido en el "Anexo 03"	1		
2.04	Se usaron las plantillas y archivos base para la elaboración del archivo	1		
2.05	Las capas, etiquetas y colores fueron aplicados correctamente	1		
2.06	Se usaron las unidades y precisión definidas en el "Anexo 03"	1		
2.07	El archivo solo contiene vistas de sección, elevación y perfil para su revisión	1		
2.08	El modelo esta depurado/filtrado correctamente para su revisión	1		
2.09	La configuración de visibilización es acorde a lo que se revisará	1		
2.10	La zona de trabajo se adecua al área del proyecto	1		
2.11	El idioma del archivo es el establecido en el "Anexo 03"	1		
2.12	Los elementos modelados están incluidos a una fase de colaboración de tekla	1		
2.13	Las fases de colaboración corresponden a la fase constructiva planteada	1		
CALIDAD DE LA INFORMACIÓN				
3.00				
3.01	Los atributos se encuentran correctamente llenados	1		100%
3.02	La etiquetas de los elementos están acorde al "Anexo 03"	1		
3.03	No hay etiquetas de elementos repetitivos	1		
3.04	Se usó correctamente los códigos auxiliares para el etiquetado de barras	1		
3.05	Se usaron planos y modelos de referencia para la producción de información	1		
3.06	Se usó la normativa planteada en el "Anexo 03" para el detalla de acero	1		
3.07	Se cumple con criterios de espaciamiento, diámetros, cantidades y recubrimiento	1		
3.08	El LOD y LOI de los entregables corresponden al hito de producción	1		
CONSTRUCTIBILIDAD				
4.00				
4.01	El modelado propuesto sigue la lógica constructiva planteada	1		100%
4.02	Se adicionaron aceros constructivos tales como separadores, rigidizadores, etc.	1		
4.03	Se procuro el planteamiento de formas prácticas del armado de acero	1		
4.04	Los dobles de aceros no exceden de 02	1		
4.05	Se toma en cuenta la extensión necesaria del acero para la construcción	1		
4.06	El empalme de los aceros se encuentra en zonas recomendadas	1		
			RESULTADO FINAL	100%

Nota. Elaboración propia

Anexo H: Criterios para el levantamiento de estructuras existentes



1. Introducción y objetivos

1.1. Introducción

La calidad de información producida depende, de entre otros factores, de la calidad de la información recopilada y existente. Para ello, se establecen una serie de lineamientos que tienen como fin procura una adecuada y estandarizada recolección de información existente en campo.

1.2. Objetivos

El PEB es de carácter flexible, lo que hace posible su versatilidad y adecuación frente a diversas necesidades que se presenten en el desarrollo de la información. Sin embargo, hay objetivos y criterios elementales y por lo tanto inamovibles que el presente documento considera para poder cumplir con los requerimientos dispuestos en los TdR.

- Unificar métodos, procedimientos y criterios para la toma de datos en campo.
- Detectar aquella información pertinente para una gestión de interesados temprana y preventiva.
- Contrastar, corroborar y solicitar información necesaria para la detección de estructuras existentes críticas para el correcto desarrollo de la ejecución física de la inversión.
- Reconocer posibles retos en etapas iniciales del proyecto.
- Cumplir con los objetivos del PEB.

2. Requerimientos

2.1. Hardware

Para poder hacer uso de Google Earth Pro y QGIS 3.22 se tiene los siguientes requisitos mínimos de sistema.

Tabla H1. *Requerimientos de Hardware para Google Earth*

GOOGLE EARTH	Requerimientos mínimos
Sistema Operativo	Windows 7 o superior
Memoria RAM	>= 2 GB
Disco duro	2 GB de espacio disponible
Procesador	Intel® Core™ i7 CPU 2 GHz
Tarjeta gráfica	DirectX 11 o compatible con OpenGL 2.0
Monitor	Al menos uno de 27"
Mouse	Con 03 botones y rueda
Equipo de soporte	Disco externo

Nota. Tomado de “*Requiriments*”, por Google Earth Studio, s.f

Tabla H2. *Requerimientos de Hardware para QGIS*

QGIS	Requerimientos mínimos
Sistema Operativo	Windows 10 (64-bit) o Windows 11
Memoria RAM	>= 8GB
Disco duro	1 TB, SSD
Procesador	Intel® Core™ i7 CPU 3 GHz
Tarjeta gráfica	NVIDIA GeForce RTX 3060/3070
Resolución de Pantalla	1024x68 en tamaño normal 96ppp)
Mouse	Con 03 botones y rueda
Equipo de soporte	Disco externo

Nota. Tomado de “QGIS Desktop 3.28 User Guide”, por QGIS, 2024

2.2. Software

El programa de sistema de información geográfica (GIS) con el que se trabajará es QGIS 3.34.2 y, en cuanto al programa Google Earth, se usará la versión 7.3. Ambos se trabajarán en idioma español. En caso no esté en ese idioma se deberá efectuar los siguientes pasos:

En el caso de QGIS, primero debe dirigirse a la pestaña de configuración; luego, se desplegará una lista en la que dará clic a “Opciones”. Una vez abierto el cuadro de diálogo seleccione el cuadrado blando de “*Override System Locale*” y en “*User interface translation*” seleccione el idioma español. Después de hacer la modificación, cierre el programa y vuelva a abrirlo para notar el cambio.

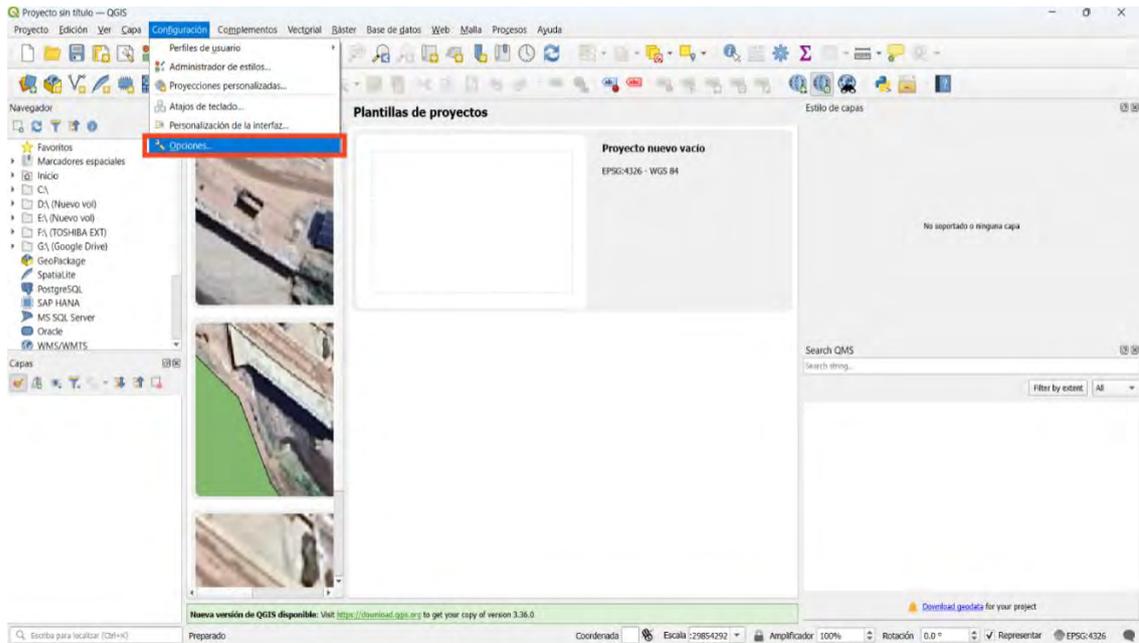


Figura H1. Paso 1 para el cambio de idioma en QGIS

Elaboración propia

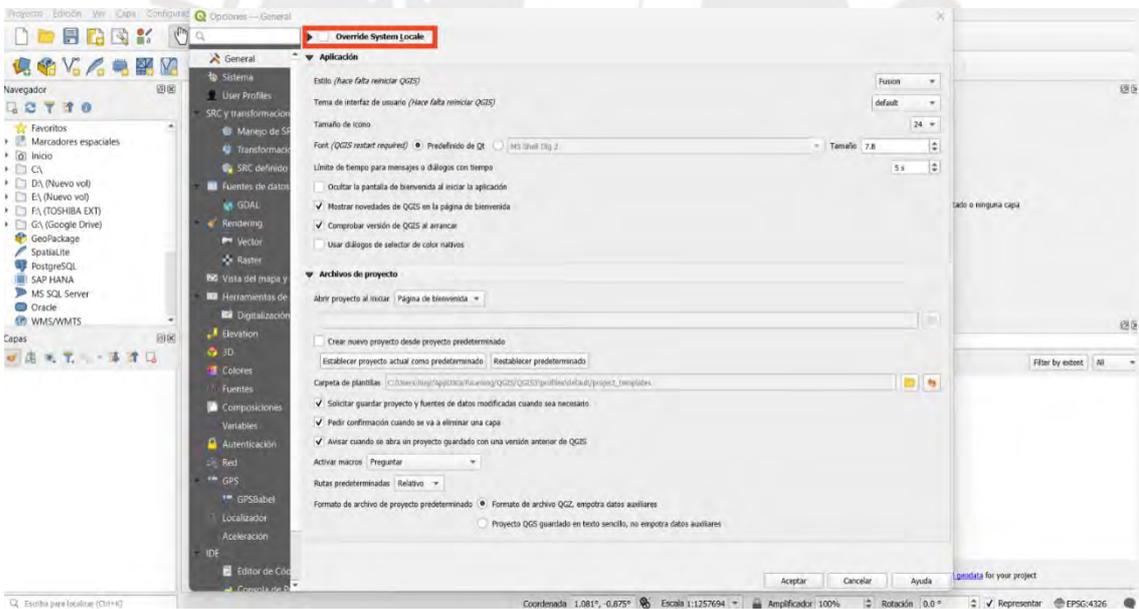


Figura H2. Paso 2 para el cambio de idioma en QGIS

Elaboración propia

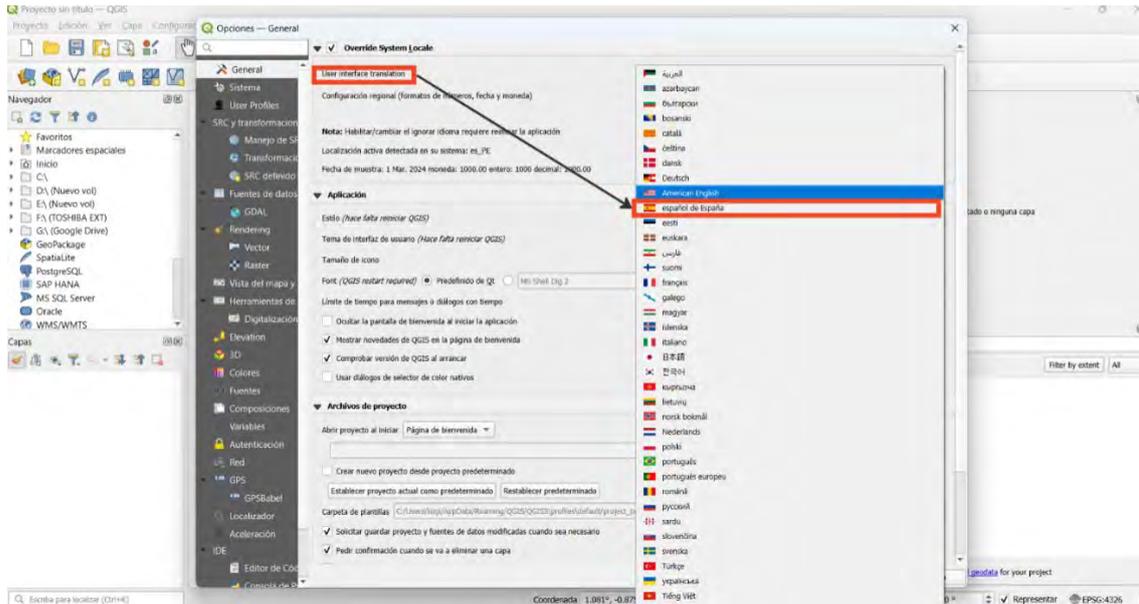


Figura H3. Paso 3 para el cambio de idioma en QGIS

Elaboración propia

En el caso de Google Earth, se debe localizar la pestaña de herramientas; luego seleccionarla y elegir la alternativa “Opciones”. Cuando aparezca la ventana de opciones, diríjase a la pestaña general y después a idioma. Ahí seleccione el idioma español de España. Finalmente, cierre el programa y vuelva a entrar para notar el cambio.

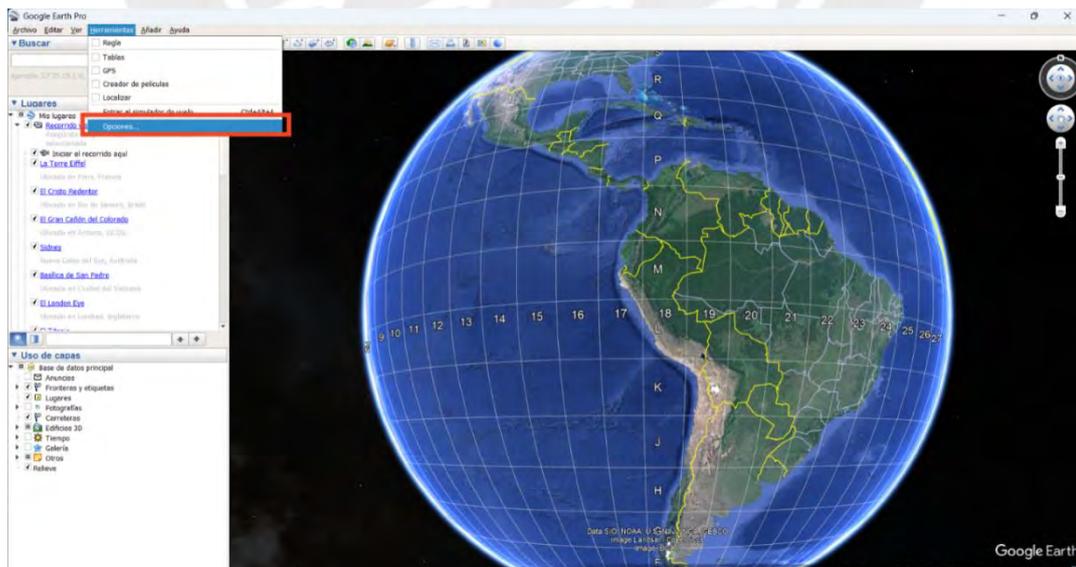


Figura H4. Paso 1 para el cambio de idioma en Google Earth

Elaboración propia

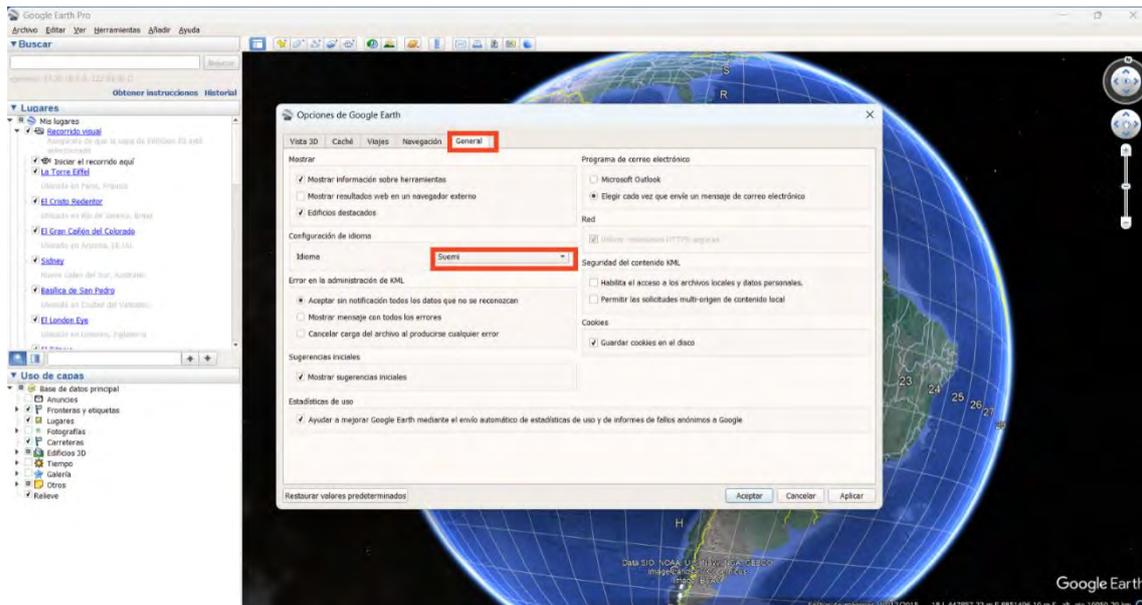


Figura H5. Paso 2 para el cambio de idioma en Google Earth

Elaboración propia

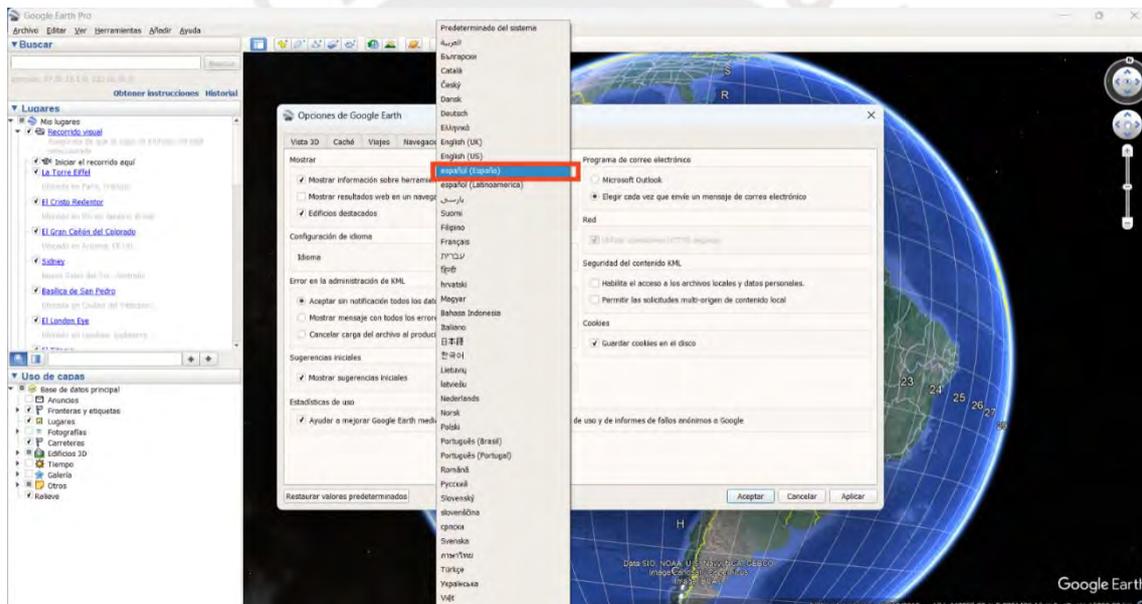


Figura H6. Paso 3 para el cambio de idioma en Google Earth

Elaboración propia

3. SetUp básico recomendado

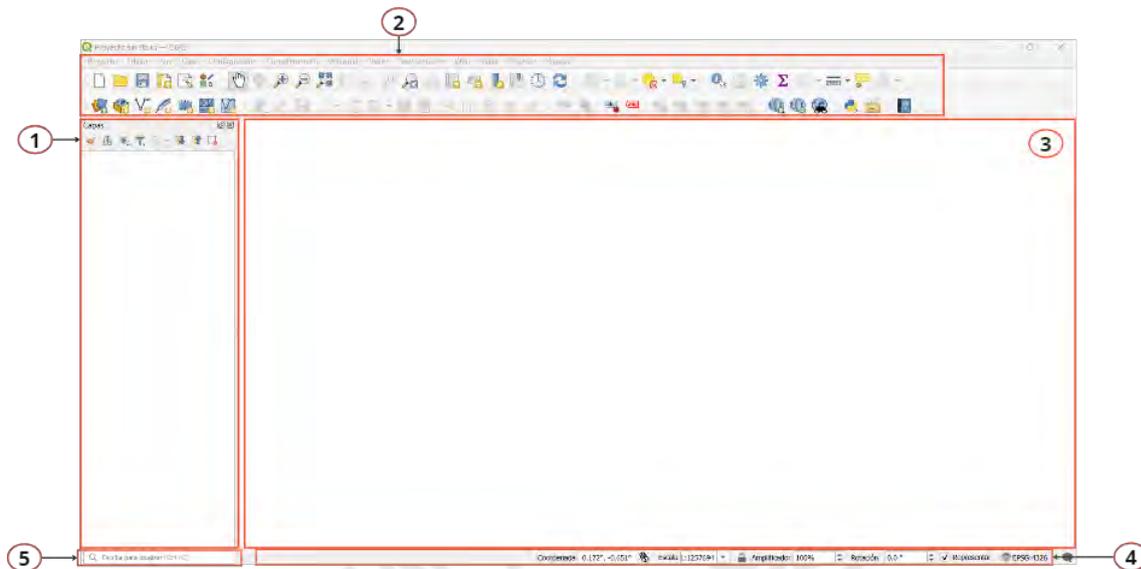


Figura H7. SetUP recomendado en QGIS

Elaboración propia

Para el caso de la interfaz de QGIS se presenta de manera general lo siguiente:

1. Es la lista de capas. En ella se visualizará las capas creadas en el proyecto.
2. Es la barra de herramientas. Las herramientas que ofrece el programa son varias; sin embargo, para este caso la más usada será la de “Nueva capa de archivo shape” y ña activación del mapa satelital una vez descargado el *plug in*.
3. En el lienzo del mapa se mostrará todo lo producido por el usuario.
4. Es la barra de estado. En ella se podrá georreferenciar el proyecto de acuerdo a las coordenadas establecidas.
5. Es la barra de localización

En el caso de Google Earth Pro, se presentan en los siguientes elementos de la interfaz.

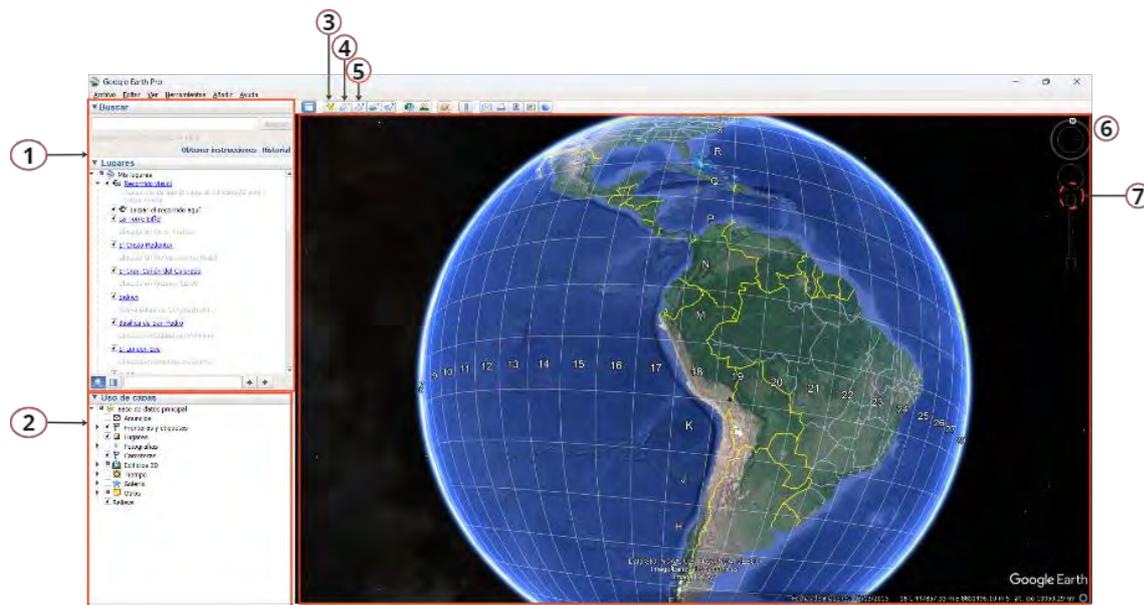


Figura H8. SetUP recomendado en Google Earth

Elaboración propia

1. En el primer cuadro se incluye el componente de “Búsqueda” y “Lugares”. Es en este último donde se encontrarán todas las posiciones, rutas y polígonos creados.
2. Es el componente de capas.
3. Dentro de la barra de herramientas se muestra la herramienta de “Marcar posición”. Es esta la que se usará para detectar de manera preliminar aquellas estructuras como árboles, postes y otras representables por un punto.
4. Es la herramienta de “Agregar un polígono”. Se usará para representar las edificaciones existentes.
5. Es la herramienta de agregar ruta. Representa otra alternativa para poder delimitar las edificaciones existentes y poder exportarlas a QGIS.
6. Es el componente en donde se visualizarán las diversas fotografías tomadas por el satélite de Google.
7. Es el “Street viewer” es con este que se puede tener mayor certeza al catalogar las interferencias desde gabinete.

4. Procedimiento para la toma de datos

La primera etapa del levantamiento, según lo propuesto por la estrategia de federación de Modelos BIM es un trabajo en gabinete. En este, se hará uso de imágenes satelitales de Google y un programa de sistemas de información geográfica (QGIS). Con estos se identificarán de manera preliminar las estructuras existentes y se colocarán atributos adecuados para la toma de decisiones futura. A continuación, se presenta el protocolo de la gestión y producción de la información según la infraestructura detectada.

4.1. Digitalización de edificaciones aledañas, árboles, postes, etc.

Para poder digitalizar los árboles, puentes y edificaciones aledañas se usó el software QGIS junto con Google Earth. Es la interacción de estos dos programas que permiten realizar un levantamiento a gran detalle de lo que existe en la zona del proyecto. Se presentan los pasos seguidos para realizados:

4.1.1. Georreferenciación del proyecto

En QGIS se seleccionan las coordenadas UTM del proyecto. Asimismo, descargamos el *plugin* gratuito de “*Quick Map Services*” para poder utilizar los satélites de Google.

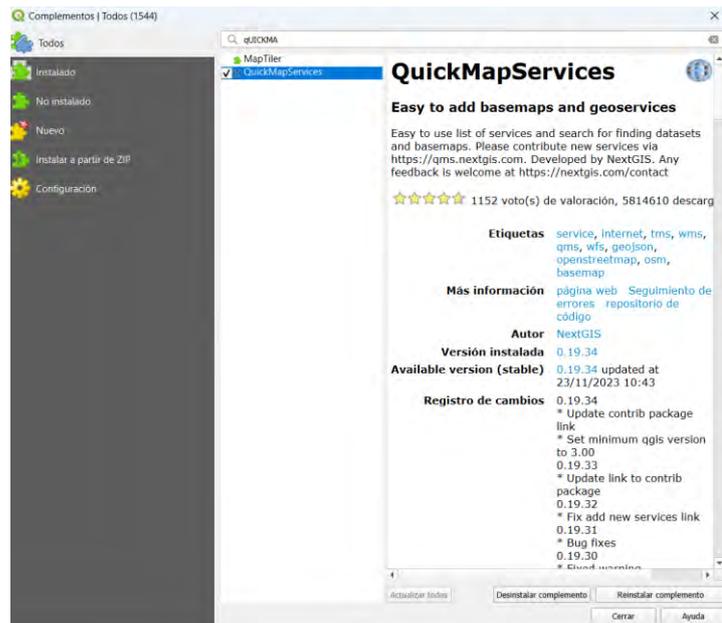


Figura H9. Descarga del plugin de QuickMapServices

Elaboración propia

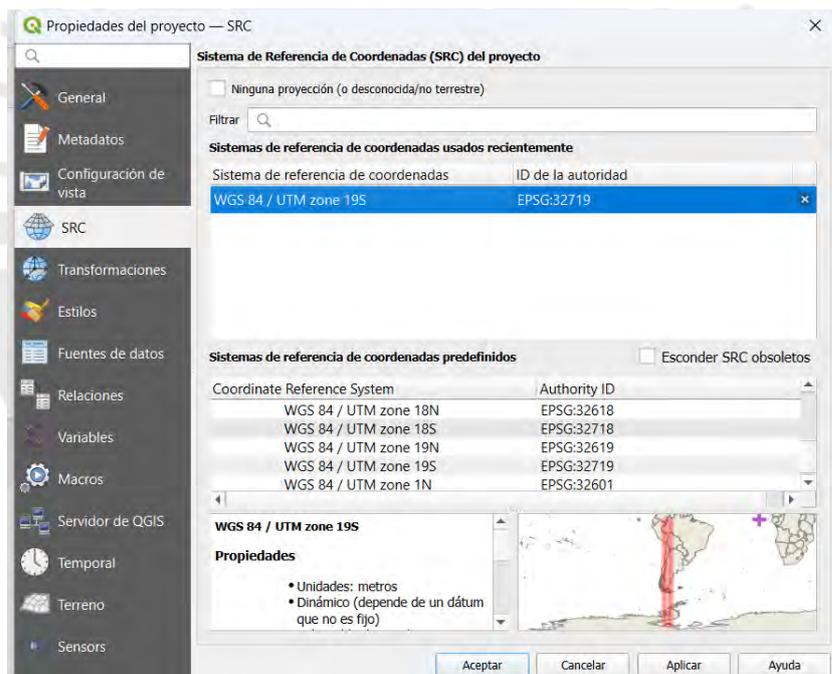


Figura H10. Georreferenciación del espacio de trabajo según zona de proyecto.

Elaboración propia

4.1.2. Identificación de estructuras existentes

Para este paso, se usará *Google Earth* para poder identificar aquellas estructuras existentes antes de la construcción del puente Costanera 02. Posteriormente, se identificará las estructuras existentes y con las herramientas de “Agregar marca de posición” y “Agregar polígono” representamos los árboles, postes y edificaciones. Para el caso de los postes y árboles se usan marcas de posición y para el caso de las edificaciones se usarán polígonos.

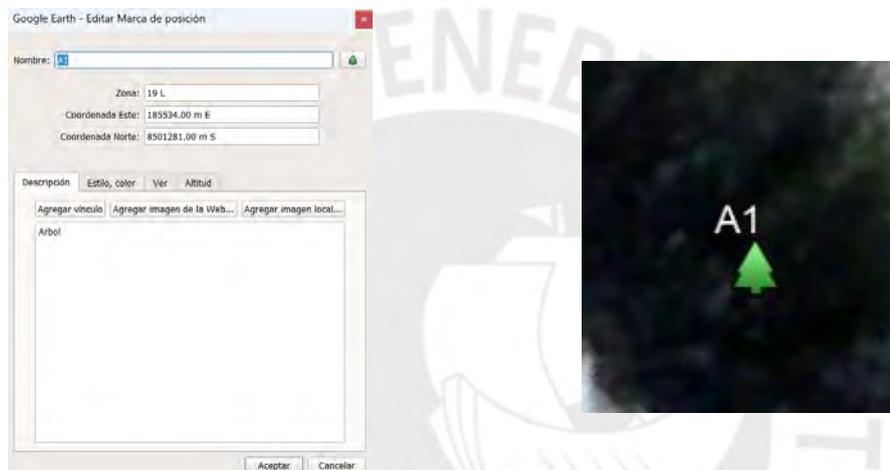


Figura H11. Detección e ícono de árboles existentes

Elaboración propia

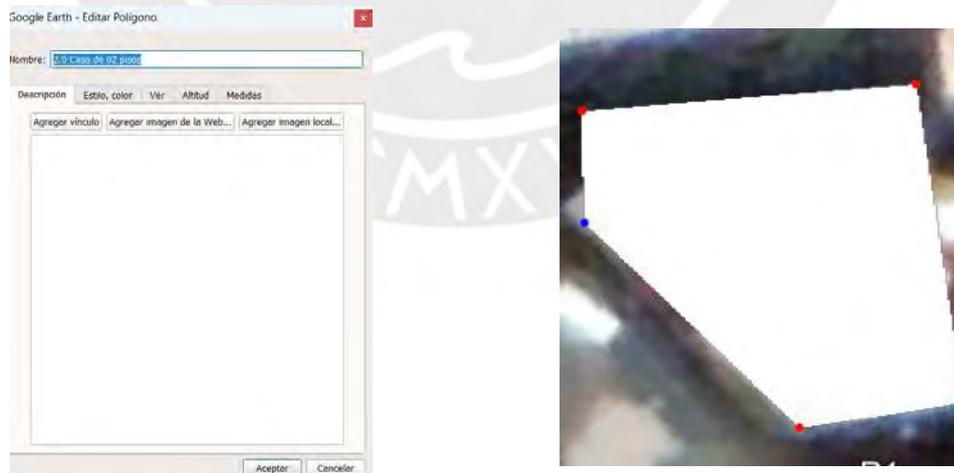


Figura H12. Detección e ícono de edificaciones existentes

Elaboración propia

Al aplicar los pasos mencionados se espera como resultado lo siguiente: Árboles y postes identificados con el símbolo de un árbol y con una letra P respectivamente, y las edificaciones aledañas en un polígono blanco.



Figura H13. Producto final esperado de detección preliminar de estructuras existentes
Elaboración propia

Por otro lado, para usar la data creada en QGIS se debe guardar de manera local todas las estructuras en formato “.kmz” por separado; es decir, se debe guardar de manera separada los puntos de los árboles, postes y polígonos de edificaciones.

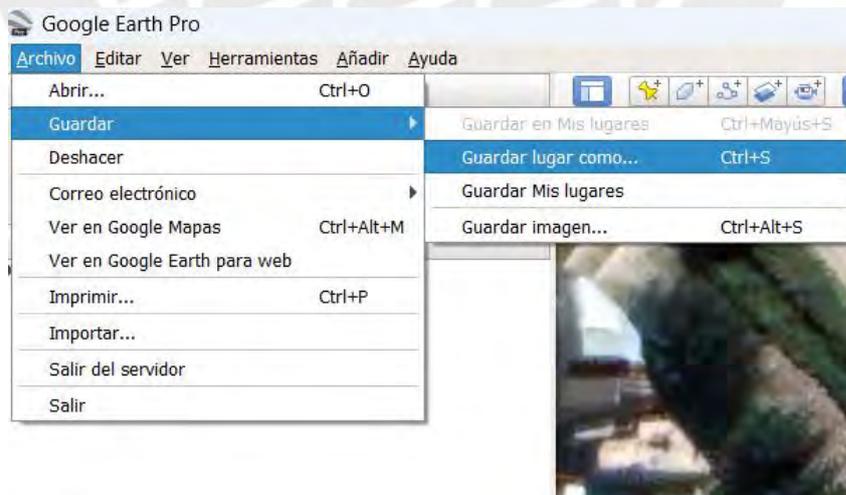


Figura H14. Archivamiento de información generada en Google Earth
Elaboración propia

4.1.3. Creación de atributos a cada tipo de estructura identificada

En el programa QGIS se creó capas vectoriales de punto para los árboles y postes, y de polígono para las edificaciones.

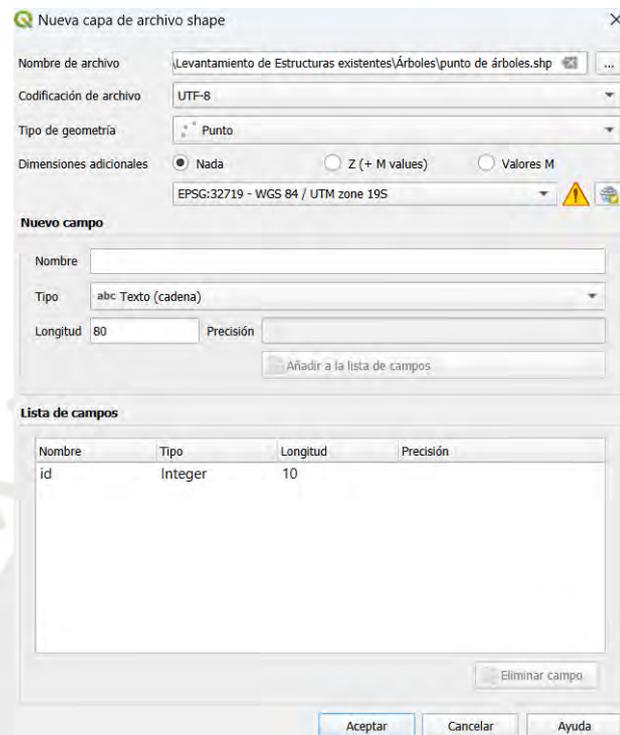


Figura H15. Creación de la capa de árboles

Elaboración propia

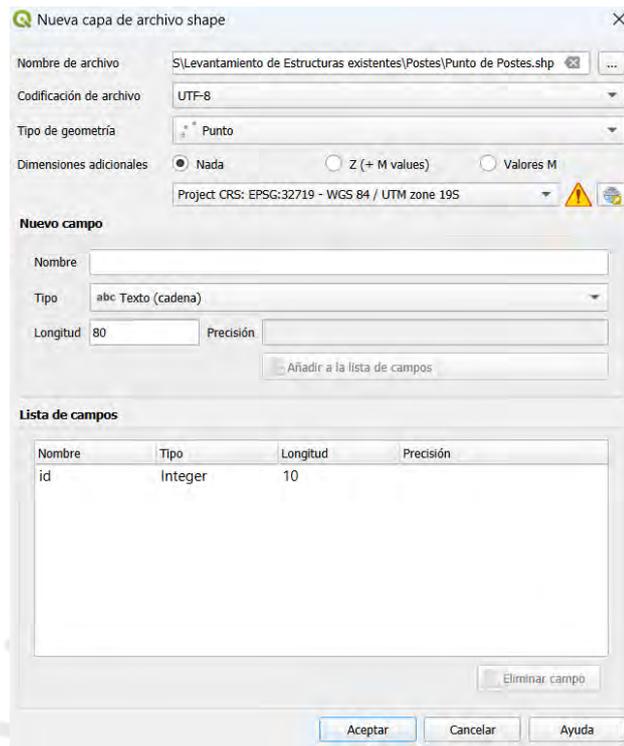


Figura H16. Creación de la capa de postes

Elaboración propia

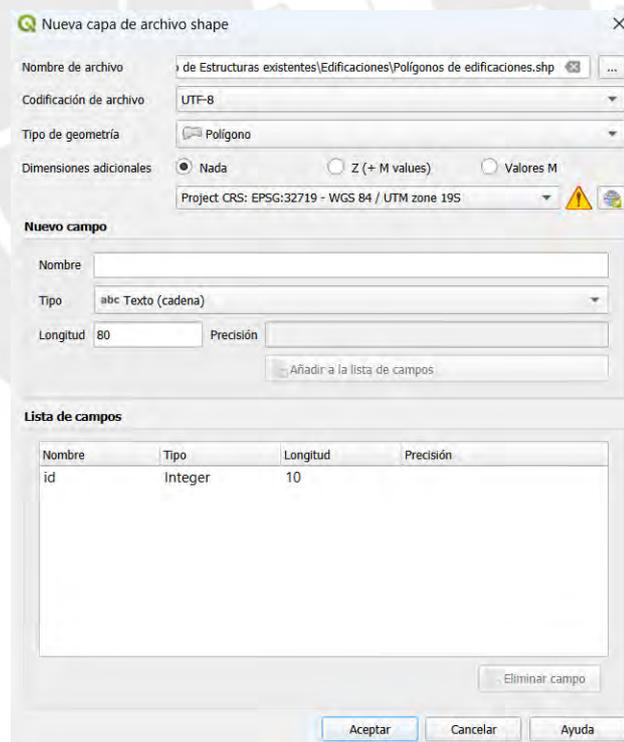


Figura H17. Creación de la capa de edificaciones

Elaboración propia

Luego, se procede a colocar los atributos a cada una de las capas editando la tabla de atributos bajo la siguiente tabla.

Tabla H3. Atributos para cada capa según el tipo de estructura existente

TABLA DE ATRIBUTOS PARA ESTRUCTURAS EXISTENTES				
ESTRUCTURA	COD. ARCHIVO	ATRIBUTO	TIPO	TIPO DE PROV
ÁRBOL	UTF-8	ESTADO	Texto	String
ÁRBOL	UTF-8	DISTRITO	Texto	String
ÁRBOL	UTF-8	ESTE	Número decimal	Double
ÁRBOL	UTF-8	NORTE	Número decimal	Double
POSTES	UTF-8	ESTADO	Texto	String
POSTES	UTF-8	MATERIAL	Texto	String
POSTES	UTF-8	DISTRITO	Texto	String
POSTES	UTF-8	TENSION	Texto	String
POSTES	UTF-8	ESTE	Número decimal	Double
POSTES	UTF-8	NORTE	Número decimal	Double
EDIFICACIONES	UTF-8	PISOS	Entero	Integer
EDIFICACIONES	UTF-8	ESTADO	Texto	String
EDIFICACIONES	UTF-8	DISTRITO	Texto	String
EDIFICACIONES	UTF-8	USO	Texto	String
EDIFICACIONES	UTF-8	ALTURA	Número decimal	Double
EDIFICACIONES	UTF-8	ESTE	Número decimal	Double
EDIFICACIONES	UTF-8	NORTE	Número decimal	Double

Nota : UTF-8 es un formato de codificación con formato UNICODE cuyo nivel de compatibilidad con equipos y datos es muy alta

Nota. Elaboración propia

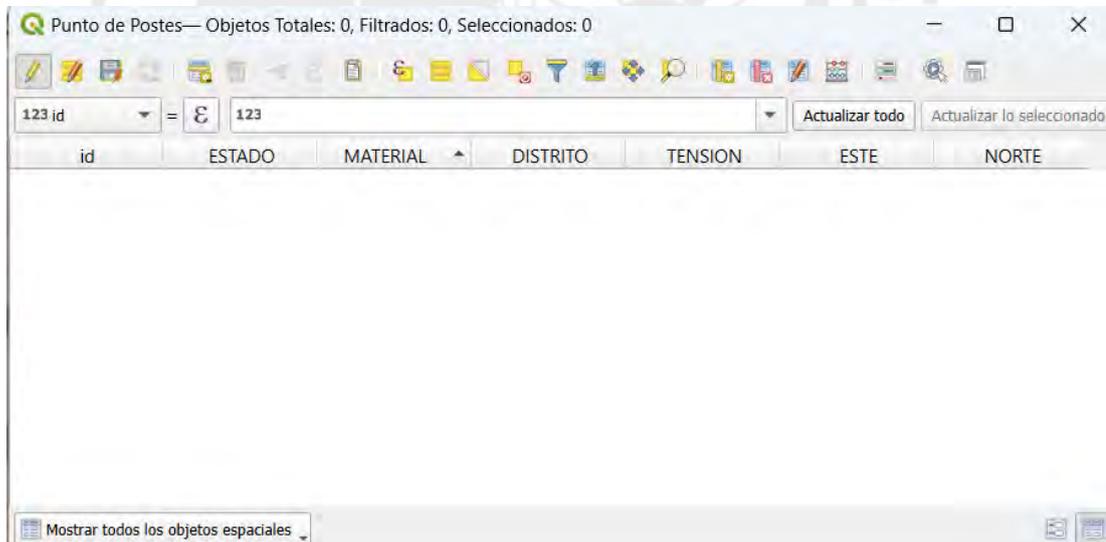


Figura H18. Atributos creados para la capa de postes

Elaboración propia

id	ESTADO	DISTRITO	ESTE	NORTE
1	NULL	NULL	NULL	NULL
2	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura H19. Atributos creados para la capa de árboles

Elaboración propia

id	PISOS	ESTADO	DISTRITO	USO	ALTURA	ESTE	NORTE
----	-------	--------	----------	-----	--------	------	-------

Figura H20. Atributos creados para la capa de edificaciones

Elaboración propia

Por otra parte, se desea observa que todas las tablas poseen atributos de ESTE, NORTE e ID. Se configurarán estos para que su llenado sea de manera automatizada. Para ello se realiza lo siguiente:

1. Primero, abrir las propiedades de las capas vectoriales creadas. Una vez en ellas, dirigirse a “Formularios de atributos”.

2. Luego, seleccione los atributos que serán destinados al relleno automático.

Selecciona uno por uno y luego en la zona de “Predeterminado” coloque la fórmula correspondiente a cada atributo. Finalmente, aplicar y aceptar.

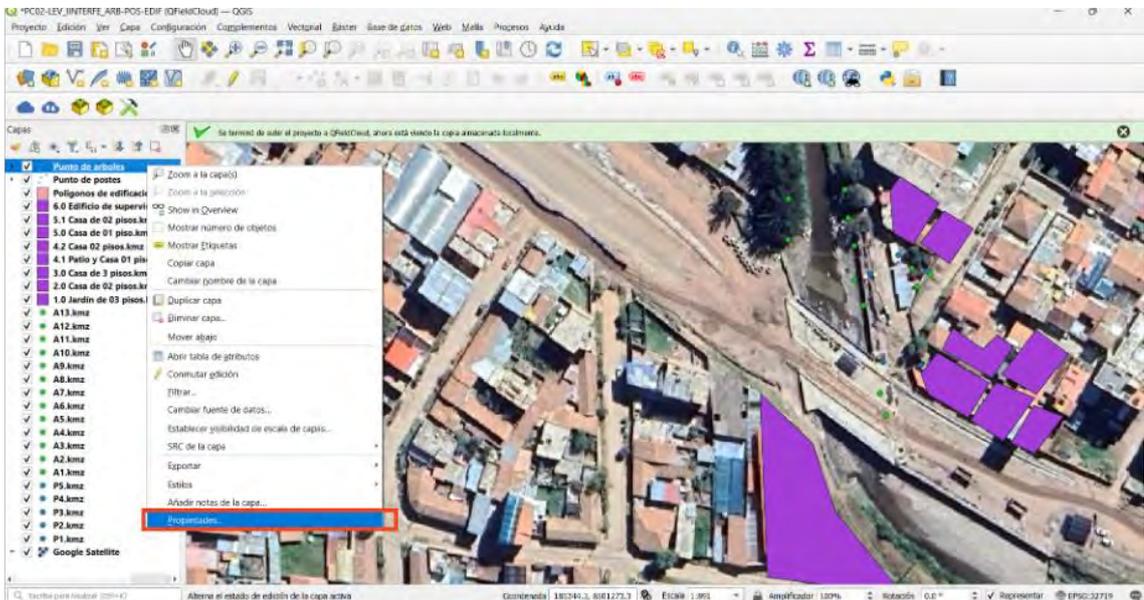


Figura H21. Se entra a las propiedades de la capa

Elaboración propia

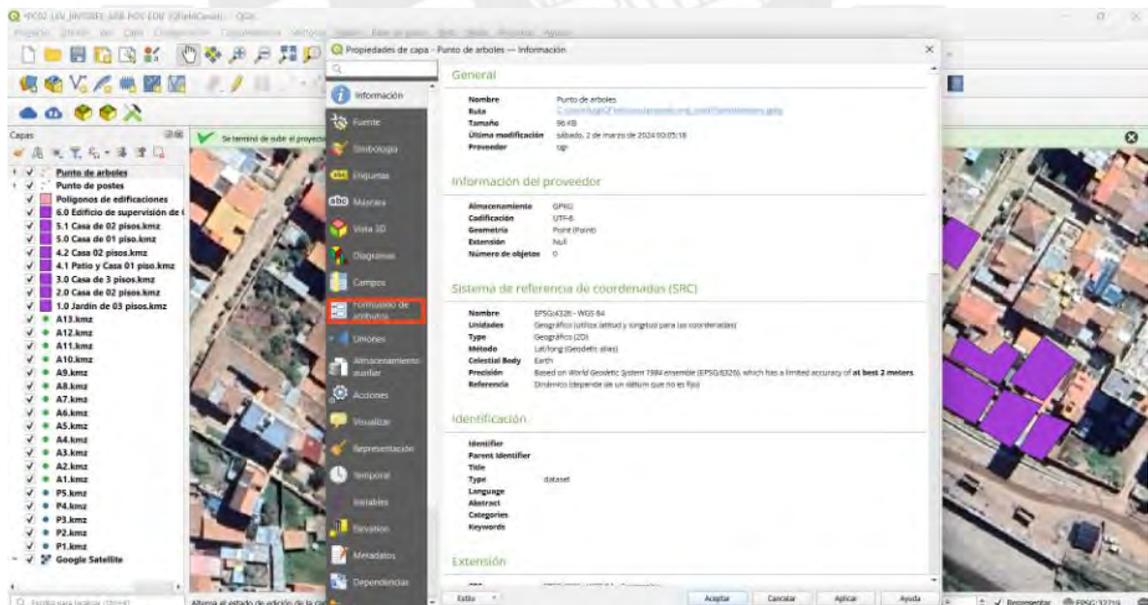


Figura H22. Se entra al formulario de atributos

Elaboración propia

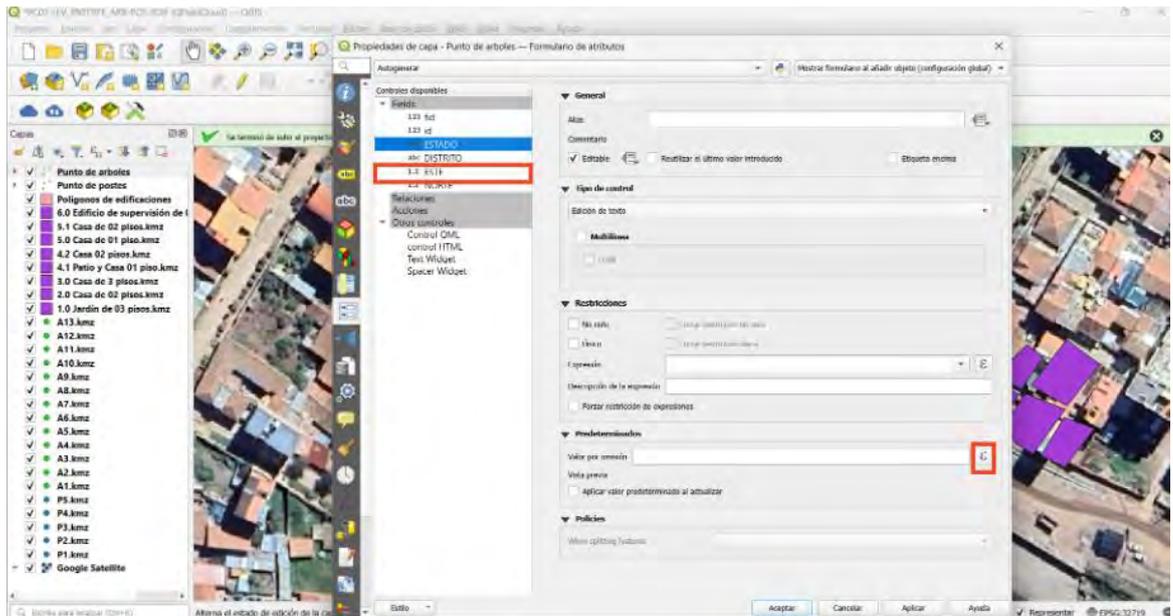


Figura H23. Se selecciona y configura el contenido del atributo seleccionado

Elaboración propia

Finalmente, para representar en QGIS los datos de los puntos y polígonos creados en Google Earth importamos los archivos “.kml” a QGIS. Luego se les cambia el estilo de capas para una mejor visibilidad. El objetivo de este mapeo es conocer cuáles son las estructuras existentes que interfieren o están aledañas a la zona del proyecto. Luego, en la visita a campo se añadirán atributos en base a los estados u otros atributos pertinentes que requiera la estructura.

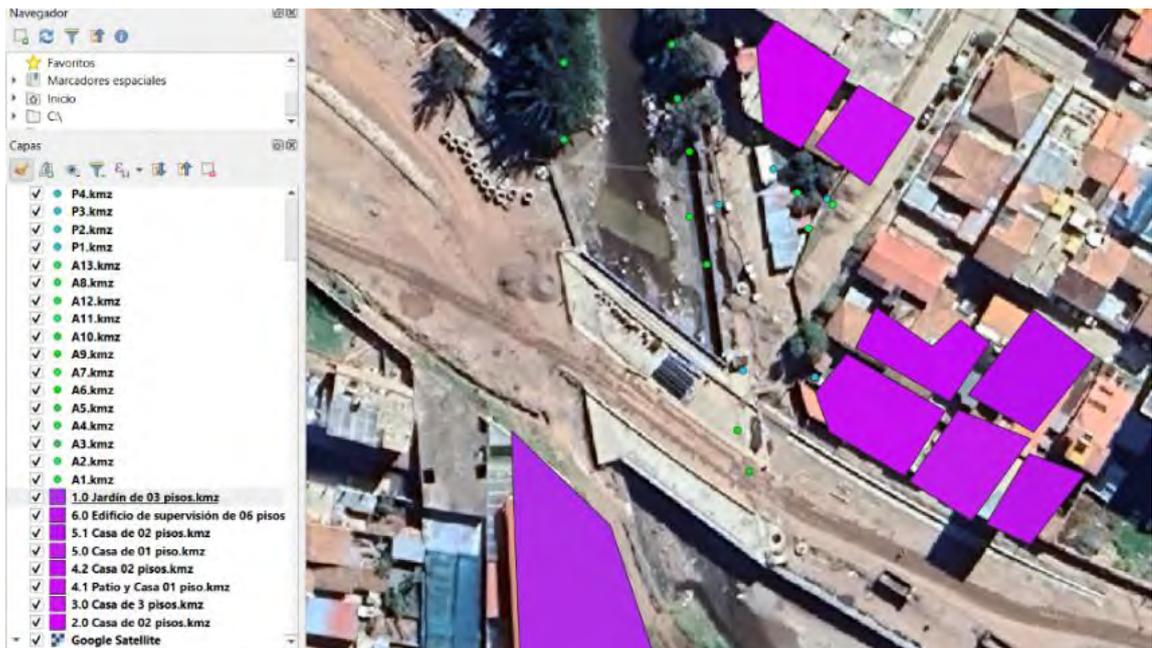


Figura H24. Vista final de polígonos de edificaciones importadas a QGIS

Elaboración propia

Tabla H4. Simbología y significado para caracterización de árboles

SIGNIFICADOS DE ESTADO DE ÁRBOLES			
ESTRUCTURA	ESTADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
ÁRBOL	REPLANTEO	▲	Apta para ser replantada
ÁRBOL	CORTE	▲	No es apta, se debe talar
ÁRBOL	REP INT ESTR	▲	Apta para ser replantada, pero interfiere con la estructura proyectada
ÁRBOL	COR INT ESTR	▲	No apta para ser replantada, pero interfiere con la estructura proyectada

Nota. Elaboración propia

Tabla H5. Simbología y significado para caracterización de postes

SIGNIFICADOS DE ESTADO DE ÁRBOLES			
ESTRUCTURA	MATERIAL	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
POSTES	CONCRETO	●	Poste de concreto
POSTES	METÁLICO	●	Poste metálico
POSTES	COT INT ESTR	●	Poste de concreto que interfiere con la estructura proyectada
POSTES	ME INT ESTR	●	Poste metálico que interfiere con la estructura proyectada

Nota. Elaboración propia

La segunda etapa, es la vista a campo. En esta se llenarán los campos acordados por los profesionales en el trabajo de gabinete. Para ello se usará la siguiente tabla.

Tabla H6. Datos para el llenado en campo de estructuras existentes

	ATRIBUTOS	ALTERNATIVA DE LLENADO	UNIDADES
TODOS	DISTRITO	Según el distrito en que se encuentre	-
ÁRBOL	ESTADO	Ver tabla de significado de estados	-
POSTES	ESTADO	BUENO-MEDIO-MALO	-
POSTES	MATERIAL	Ver tabla de significado de estados	-
POSTES	TENSION	ALTA - BAJA - MEDIA	-
EDIFICACIONES	PISOS	EJ : 01 PISO	und
EDIFICACIONES	ESTADO	Ver tabla de significado de estados	-
EDIFICACIONES	USO	FAM - NEG - OFIC - ESTAD	-
EDIFICACIONES	ALTURA	Ej: 6.2 m	m

FAM : Uso familiar

NEG : Uso de negocio

OFIC : Uso de oficinas

ESTAD: Propiedad del estado

BUENO: Poste mantiene su sección transversal

MEDIO: Se encuentra corroído o agrietado

MALO: Oxidado o con sección transversal no uniforme

Nota. Elaboración propia

En la visita a campo se usará la nube disponible QFieldCloud para el llenado de los atributos en campo. Estos serán cargados en la nube para después ser visualizados en gabinete. Para ello se establecen los siguientes pasos:

- Cargar el proyecto en la nube.

Para ello desde una computadora se deberá descargar el complemento de QField Sync. Luego, seleccionar el visor de proyectos guardados (símbolo de la nube) en QField. Luego, ingrese con su cuenta o cree una para poder visualizar los proyectos que se le compartirán o se creará.

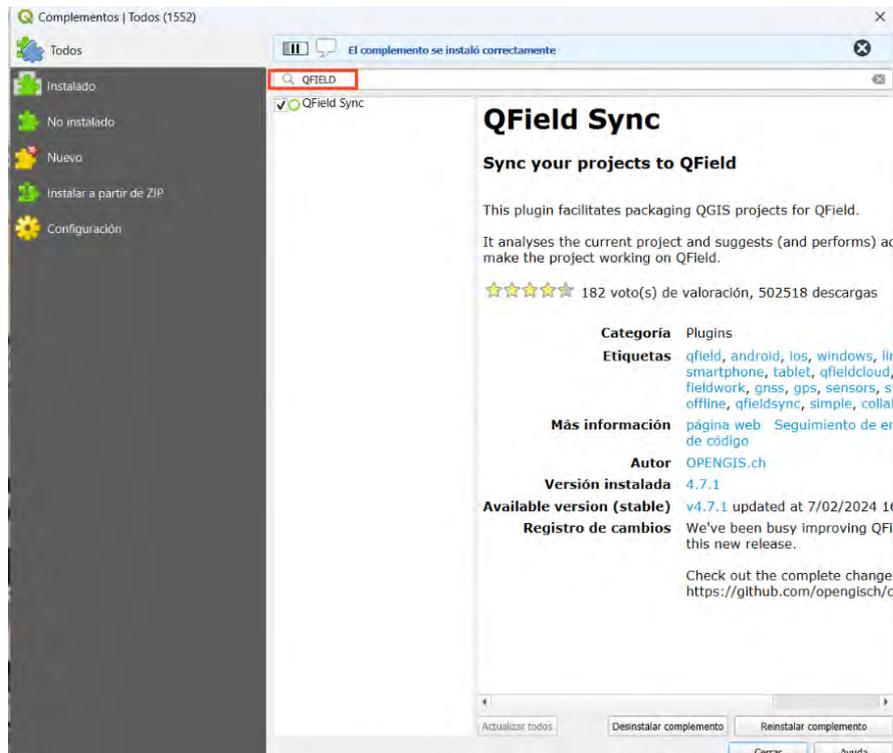


Figura H25. Descarga del complemento de QField Sync

Elaboración propia

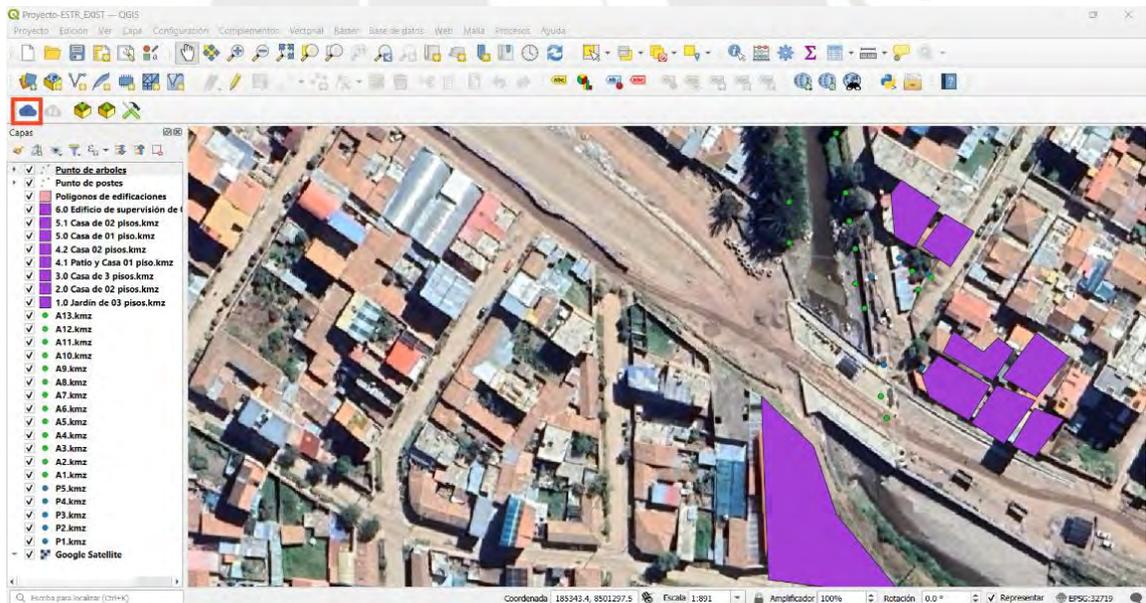


Figura H26. Selección del símbolo de la nube

Elaboración propia

- En caso de que se cree un nuevo proyecto, se elige la opción de que el proyecto abierto sea aquel que se suba a la nube. Al finalizar, parecerá una ventana de confirmación y al seleccionar “aceptar” podrá ver aquel proyecto subido en la nube y otros que le fueron compartidos.

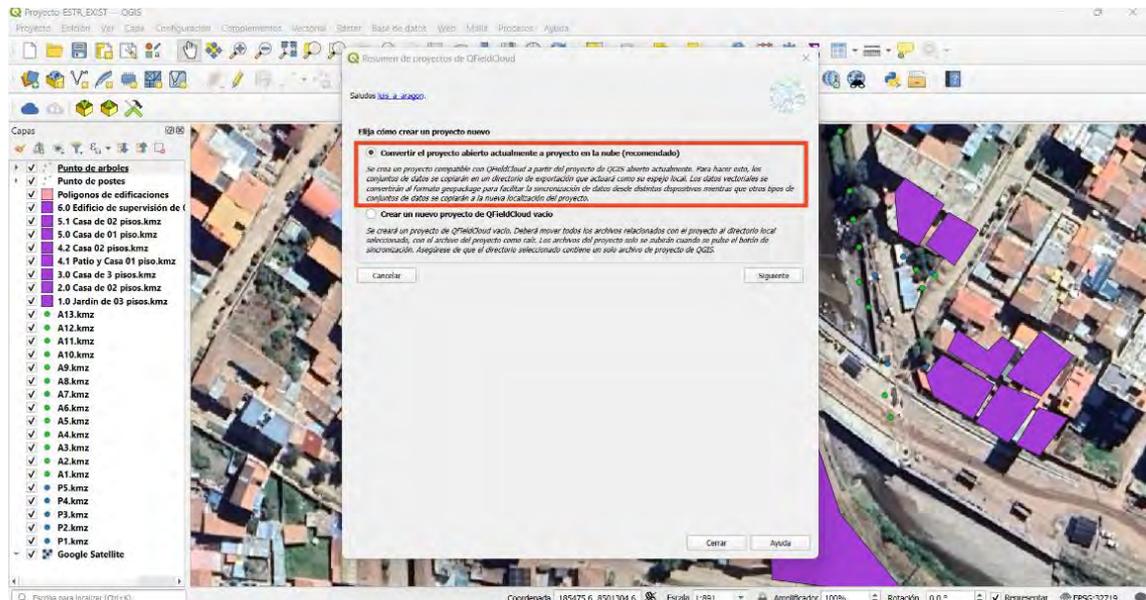


Figura H27. Elección de proyecto abierto

Elaboración propia

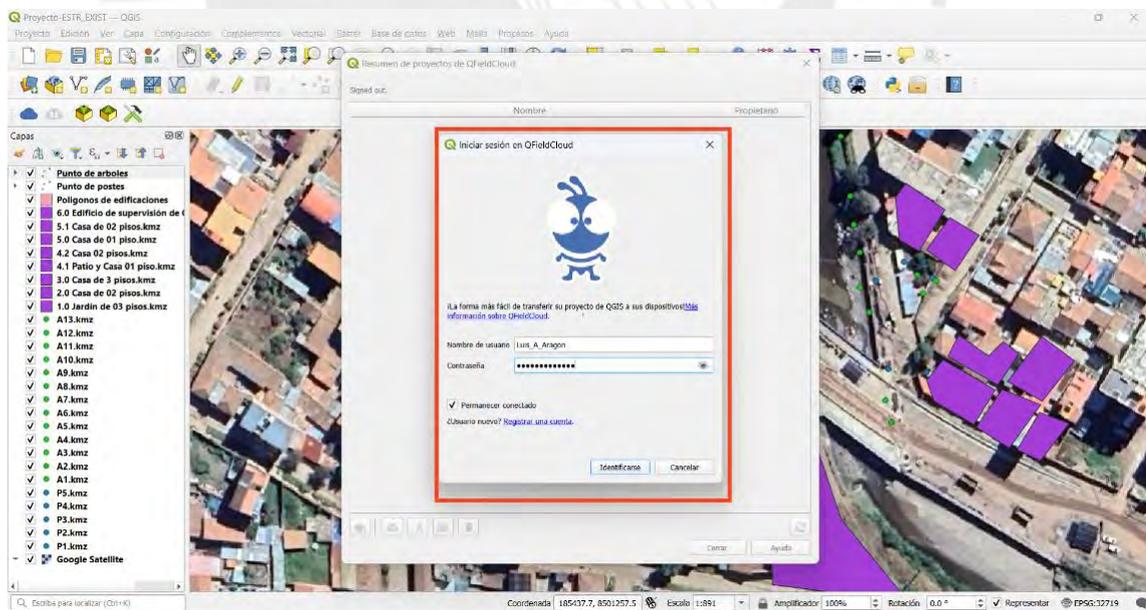


Figura H28. Inicio de sesión

Elaboración propia

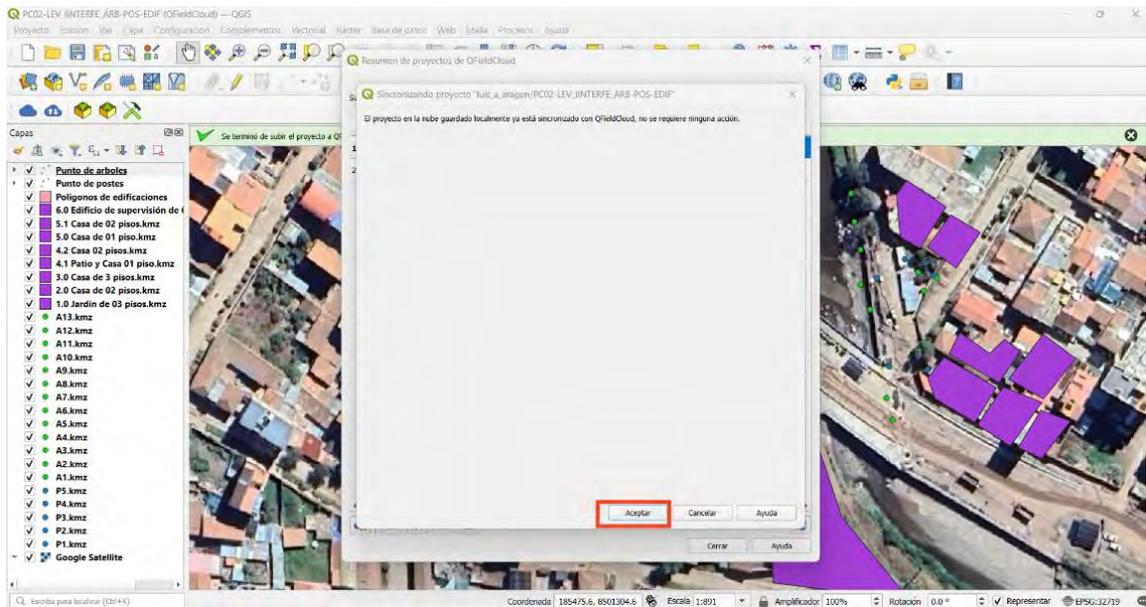


Figura H29. Fin de la creación del proyecto

Elaboración propia

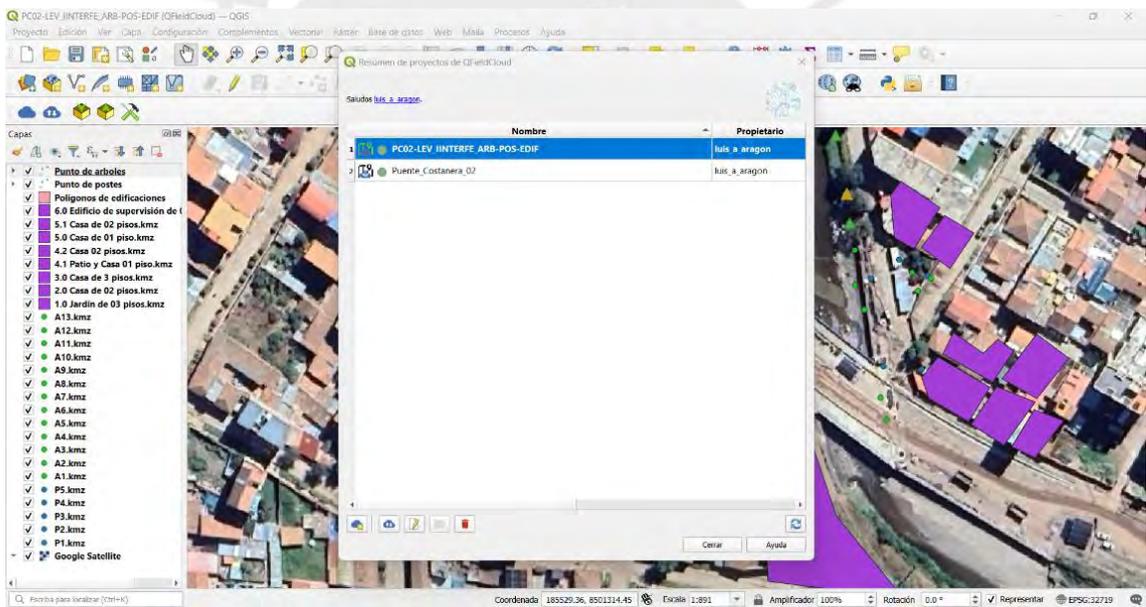


Figura H30. Visualización del proyecto creado y otros compartidos

Elaboración propia

Para el uso de la aplicación en un teléfono celular sea IOS o Android se siguen los siguientes pasos:

1. Descargue la aplicación QFieldCloud e ingrese o cree una cuenta. Una vez realizado ello, se visualizarán los proyectos que le fueron compartidos.

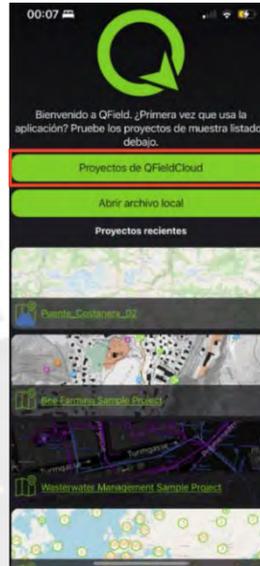


Figura H31. Inicio de QField en teléfono celular

Elaboración propia

2. Luego, dirigirse a proyectos de QFieldCloud y descargue el archivo del proyecto pertinente que se compartió.

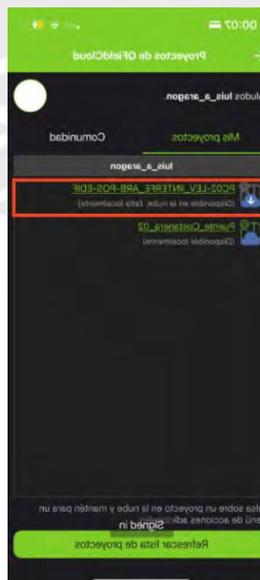


Figura H32. Descarga de archivos de proyecto

Elaboración propia

3. Para poder editar seleccionar el símbolo de lápiz y proceda a llenar los atributos requeridos.

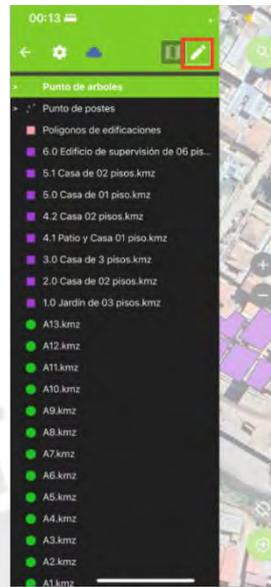


Figura H33. Descarga de archivos de proyecto

Elaboración propia

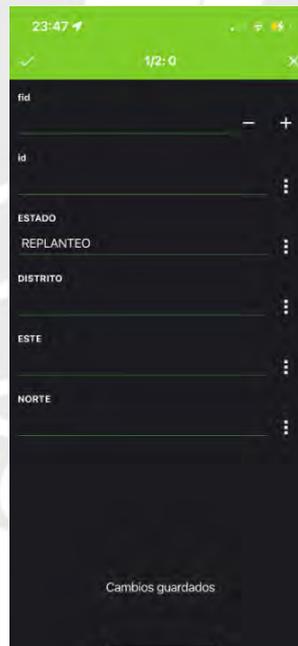


Figura H34. Edición de información de capas

Elaboración propia

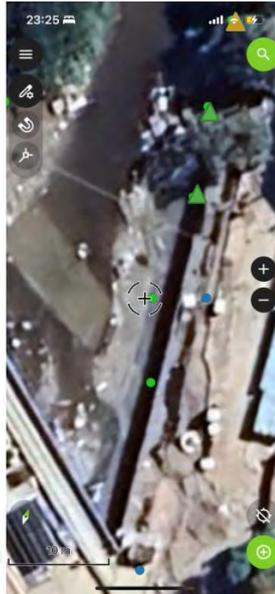


Figura H35. Imagen antes de añadir información a atributos

Elaboración propia

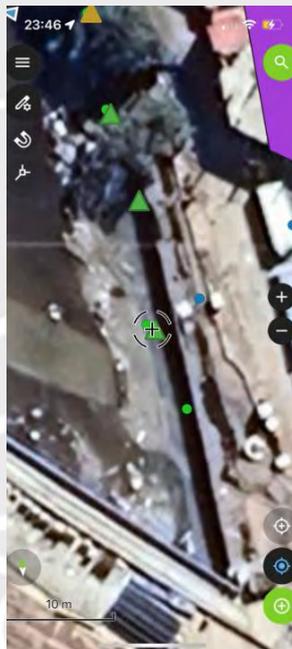


Figura H36. Imagen después de añadir información a atributos

Elaboración propia

- Al finalizar, cambie de modo de “Editar” a “Navegar” Para luego subir todo lo creado al seleccionar la nube y presionar “Subir cambios”

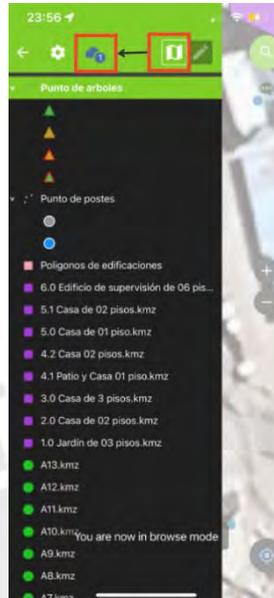


Figura H37. Cambio de forma de trabajo a Navegar

Elaboración propia

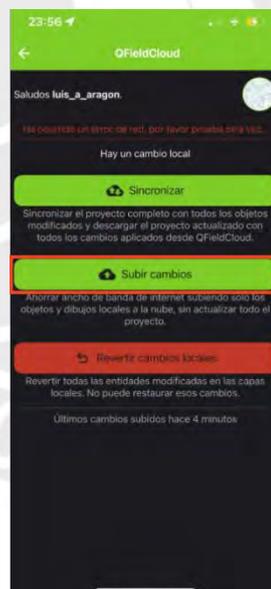


Figura H38. Cambio de forma de trabajo a Navegar

Elaboración propia

- Una vez en la computadora, para poder ver lo que se agregó en campo ir al símbolo de la nube; luego a “Sincronizar proyectos en la nube” y después selecciona lo que se adicionó en campo. Es decir, se deselecta aquellos archivos que no son nuevos

y solo se mantiene con un aspa los archivos que se crearon en campo. Después, dirigirse a “Preferir nube” y luego “Realizar acciones”. Finalmente, observar aquellos cambios subidos en el lienzo del mapa.

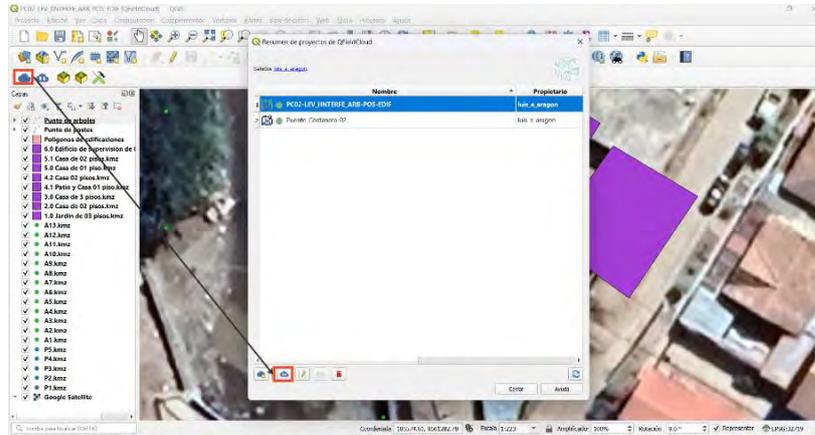


Figura H39. Sincronización de la información en gabinete

Elaboración propia

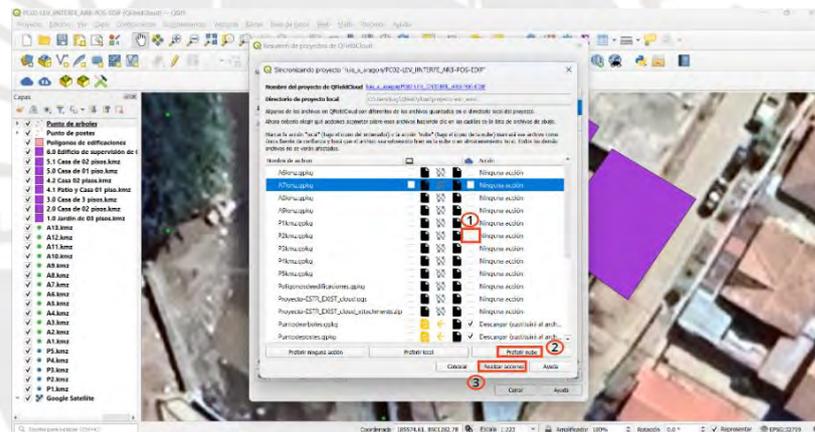


Figura H40. Proceso para la discriminación de información a sincronizar

Elaboración propia

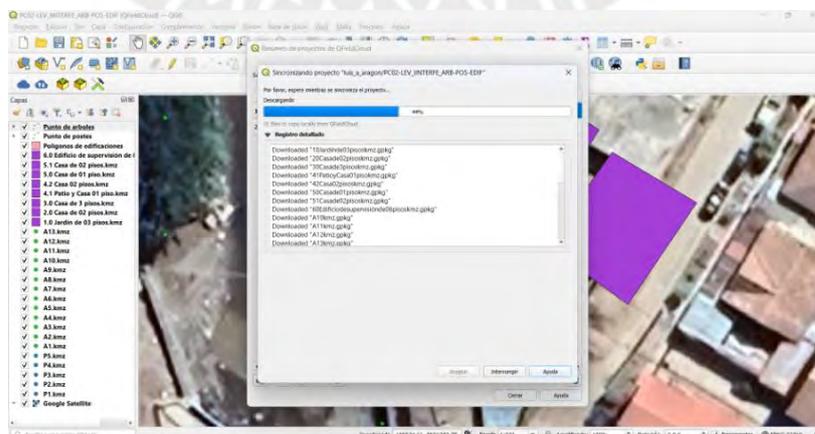


Figura H41. Carga de la sincronización

Elaboración propia

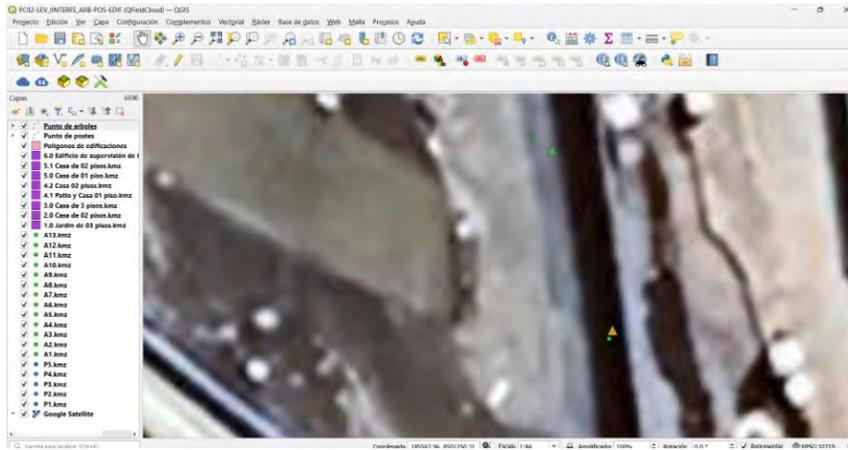


Figura H42. Resultado final de la sincronización

Elaboración propia



Anexo I: Protocolo de modelado estructural



1. Introducción y objetivos

1.1. Introducción

Para lograr el cumplimiento de los objetivos BIM propuestos en el PEB es impredecible establecer métodos estandarizados de la producción de la información tanto gráfica como no gráfica y además especificar pasos para la correcta gestión de la información producida. Los pasos y recomendaciones son para la elaboración de estructuras de concreto armado.

1.2. Objetivos

El PEB es de carácter flexible, lo que hace posible su versatilidad y adecuación frente nuevas y diversas necesidades del cliente o del proyecto durante el desarrollo de la información. Sin embargo, hay objetivos y criterios elementales y por lo tanto inamovibles que el presente documento considera para poder cumplir con los requerimientos dispuestos en los TdR.

- Unificar criterios de la producción de la información.
- Reconocer potenciales desafíos en etapas tempranas del proyecto.
- Cumplir con los objetivos propuestos en el PEB.
- Establecer buenas prácticas para el desarrollo del detallado de acero en infraestructuras y obras civiles de concreto armado.
- Agilizar el entendimiento de la forma de trabajo a nuevos colaboradores que se incluirán a lo largo del proyecto.

2. Requerimientos

2.1. Hardware

Para usar Tekla Structures se debe contar con un sistema operativo Windows 10 de 64-bits o Windows 11. Por otro lado, para un funcionamiento óptimo del programa se recomienda lo siguiente

Tabla I1. *Requerimientos de Hardware para Tekla*

	Requerimientos mínimos
Sistema Operativo	Windows 10 (64-bit) o Windows 11
Memoria RAM	>= 16GB
Disco duro	1 TB, SSD
Procesador	Intel® Core™ i7 CPU 3 GHz
Tarjeta gráfica	NVIDIA GeForce RTX 3060/3070
Monitor	Al menos uno de 27"
Mouse	Con 03 botones y rueda
Equipo de soporte	Disco externo

Nota. Tomado de Tekla Structures 2024 hardware recommendations, por Tekla User Assistance, 2024

2.2. Software

El software que se usará será Tekla Structures versión 2023. Se trabajará en idioma inglés y en caso se tuviese el programa en un distinto idioma se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Dirigirse al desplegable de las 03 rayas horizontales que representa el MENU del proyecto.

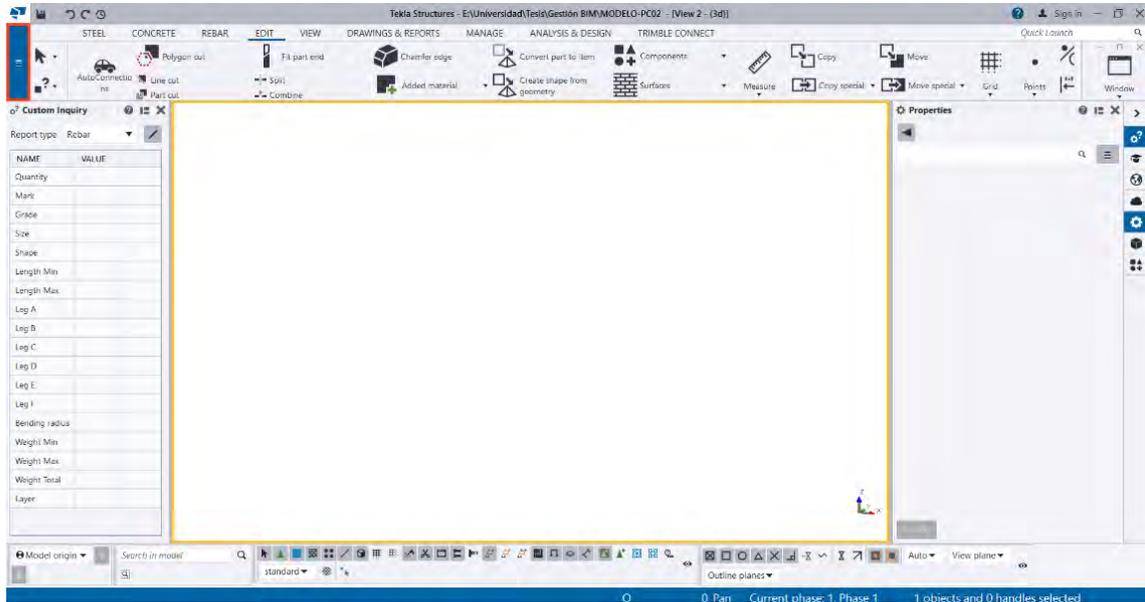


Figura 11. Paso 01 para cambio de idioma

Elaboración propia

2. Una vez dentro, se ubica “Settings” o su equivalente en el idioma en el que esté y después a “Change language”.

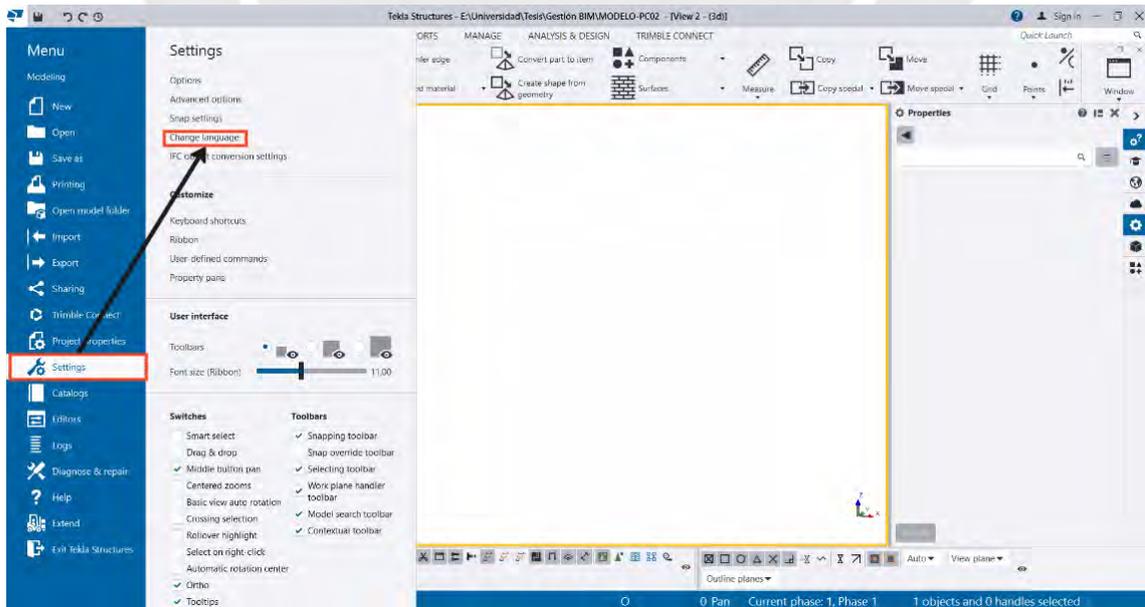


Figura 12. Paso 02 para cambio de idioma

Elaboración propia

3. Finalmente, seleccione el idioma inglés.

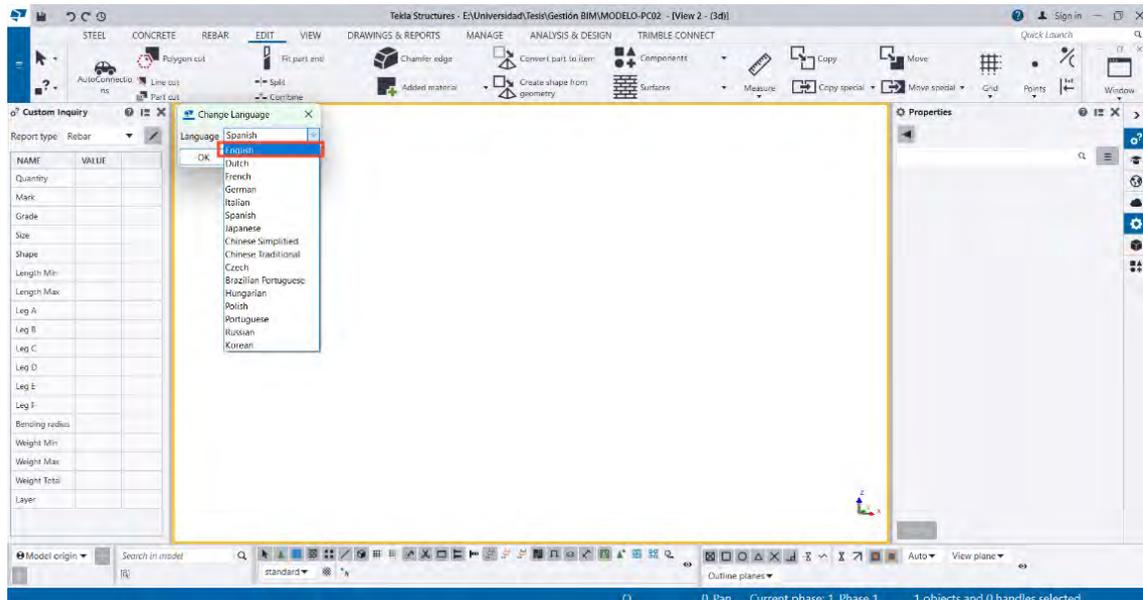


Figura 13. Paso 03 para cambio de idioma

Elaboración propia

3. Set up básico recomendado para el modelado

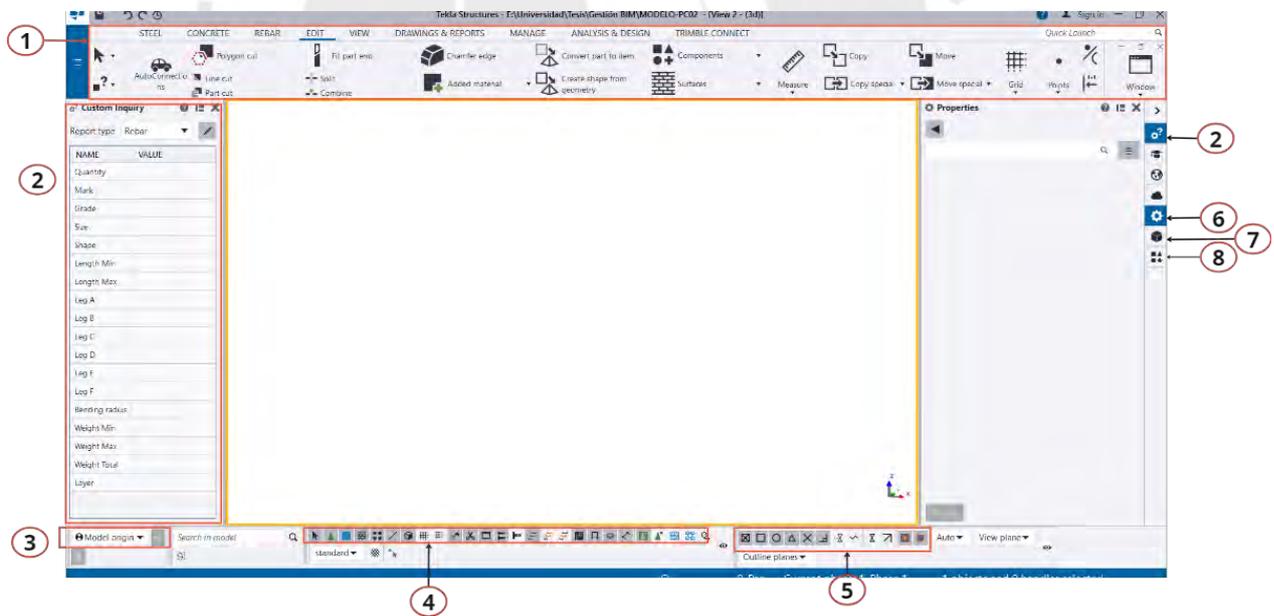


Figura 14. SetUP recomendado en Tekla

Elaboración propia

1. Se recomienda anclar la cinta o “ribbon” ya que contiene funciones y comandos necesarios para desarrollar el modelo

2. El “Custom Inquiry” o pregunta personalizada mostrará a detalle los atributos necesarios para una rápida inspección visual del modelamiento del acero de refuerzo.
3. Si bien el modelo estará georreferenciado previamente al modelado, se recomienda usar el modelo de origen para que los sistemas de coordenadas aplicados sean familiares. Esto, sin embargo, cambiará según se posicione el plano del trabajo.
4. Es importante que se configure los conmutadores de selección según los elementos a modelar o seleccionar. Es decir, si se está trabajando con elementos de acero de refuerzo se deberá solo tener activado el conmutador de selección pertinente. De no hacerlo, se podrían generar errores en el modelado al editar algún elemento que no se desee modificar y así afectar la calidad del modelo.
5. Los conmutadores de elección servirán para poder precisar los puntos del modelo necesarios para un detallado preciso. Por lo que estos deberán ser modificados en caso el modelador necesite o en su defecto trabajarlos con la configuración presentada.
6. Dentro del panel lateral, se encuentra el símbolo de la tuerca en la que se verán las propiedades de los objetos tanto del modelado como del dibujo.
7. El cubo tiene la función de importar modelos de referencia como archivos IFC o de extensión .DWG, entre otros.
8. Finalmente, se usará la base de datos de aplicaciones y componentes para realizar el modelado de pilotes de manera más eficiente, ya que dentro de esta se encontrarán “macros” para el armado de acero de este elemento.

4. Unidades y atributos según basados en objetos BIM

4.1. Unidades

Se aplicará las unidades propuestas por el Sistema Internacional de Unidades.

Tabla I2. *SetUP* recomendado en Tekla

DIMENSIÓN	UNIDAD	PRECISIÓN
Longitud	mm	centésimas
Área	m ²	centésimas
Volúmen	m ³	centésimas
Ángulo	°	centésimas
Pendiente	%	centésimas
Moneda	\$	centésimas
Masa	Kg	centésimas
Densidad	kg/m ³	centésimas

Nota. Elaboración propia.

4.2. Atributos para el concreto y acero de refuerzo y constructivo

Definir los atributos para los elementos que se modelarán y explicar cómo estos deben ser llenados facilita el proceso de revisión de la información y su gestión. A continuación, se presentan los atributos establecidos para el acero de refuerzo y para el concreto. Asimismo, es importante aclarar que de requerir la adición de otro atributo este será incluido en la actualización del PEB.

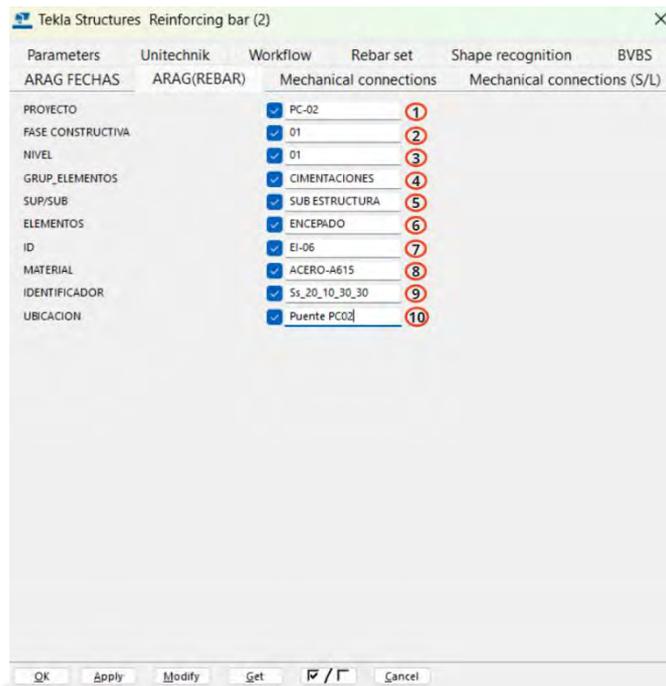


Figura 15. Detallado de atributos para el acero de refuerzo

Elaboración propia

1. Atributo referido al nombre del proyecto.
2. Atributo referido a la fase según el proceso constructivo.
3. Se consideran 03 niveles para el proyecto.
 - a. Nivel 01, elementos destinados a la cimentación como pilotes, encepados y zapatas.
 - b. Nivel 02, elementos incluidos en los estribos y pilares.
 - c. Nivel 03, elementos de la superestructura como vigas diafragma, vigas longitudinales, tablero, etc.
4. Son grupos formados por elementos de modelo cuya función estructural es similar.
5. Se agrupan los elementos según dónde se encuentran los elementos: en la subestructura o superestructura.
6. Es el elemento constructivo a ejecutar modelado en el programa.
7. Es la manera que el acero de refuerzo será etiquetado en el plano. Los códigos auxiliares se aplicarán cuando existen barras con los mismos 4 a 5 dígitos misma nomenclatura,

pero no son las mismas porque tienen diferente forma. Como en el caso de **la imagen #** en la que ambas barras miden igual, pero son de diferente forma y por lo tanto de diferente ID. Asimismo, tienen ambas “EI” porque pertenecen al Encepado Izquierdo y también el número “02” porque estas se colocan como en segundo lugar después de la primera malla inferior.

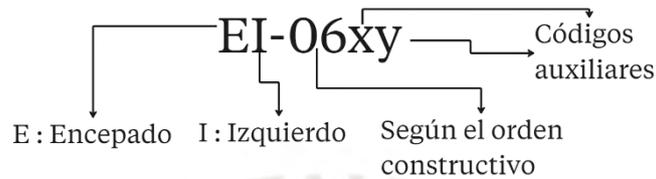


Figura 16. Ejemplo genérico de identificación de acero de refuerzo

Elaboración propia

8. Es el material del elemento modelado.

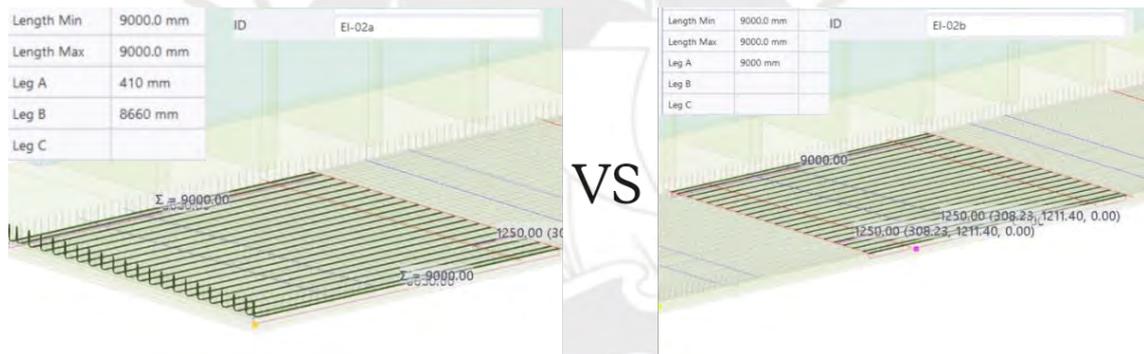


Figura 17. Ejemplo aplicativo para la identificación de aceros de refuerzo

Elaboración propia

9. Es el identificador en base al sistema de clasificación UNICLASS 2015 basado en sistemas estructurales.

Tabla I3. *Tabla de identificadores de elementos con UNICLASS*

ID	ELEMENTO	IDENTIFICADOR
PI	Pilote	Ss 20 05 90 60
E	Encepado	Ss 20 05 15 71
Z	Zapata	Ss 20 10 30 30
MP	Muro Pantalla	Ss 20 50 10 40 01
MC	Muro Contrafuerte	Ss 20 50 10 40 02
AL	Alero	Ss 20 50 10 95
MeV	Ménsula para viga	Ss 20 50 10 10 01
MeLA	Ménsula para losa de aproximación	Ss 20 50 10 10 02
AiS	Aislador sísmico	Ss 20 50 15 23
ApE	Apoyo elástico	Ss 20 50 15 27
LA	Losa de aproximación	Ss 20 50 25 16 01
ACC	Muros de acceso	Ss 20 50 10 90
PL	Pilar	Ss 20 50 20 70
VC	Viga cajón	Ss 20 50 25 08
Vpost	Vigas postensadas	Ss 20 50 25 63
Vpre	Vigas pretensadas	Ss 20 50 25 65
VD	Viga diafragma	Ss 20 50 15 01
VL	Viga longitudinal	Ss 20 50 15 02
Pt	Cable postensado	Ss 20 50 35 01
Pre	Cable pretensado	Ss 20 50 35 02
TA	Tablero	Ss 20 50 25 16
NJ	Barreras New Jersey	Ss 25 16 94 16
BA	Barandas	Ss 25 15 60 15
JE	Junta de expansión	Ss 20 50 40

Nota. Elaboración propia.

10. Es la ubicación del elemento según la zonificación del proyecto. En este caso, debido a que el proyecto es pequeño la ubicación serán las siguientes:

- a. Tramo inicial : 0+0 al 0+205 km
- b. Puente PC02 : 0+205 al 0+250 km
- c. Tramo final : 0+250 al 0+500

5. Consideraciones para el modelado

5.1. Consideraciones y procesos para la determinación del punto base del modelo

El punto base del proyecto será la intersección entre el eje de la rasante de la carretera y el eje que representa el fin del estribo izquierdo del puente. Asimismo, la versatilidad del programa nos permite ubicar este punto base en cualquier punto del modelado, pues trabaja con un sistema de coordenadas del proyecto y otro del modelado. Por ello, el punto base estará ubicado en el punto de origen del modelo. Para ello se establecen los siguientes pasos:

1. Verificar las coordenadas en Civil 3D

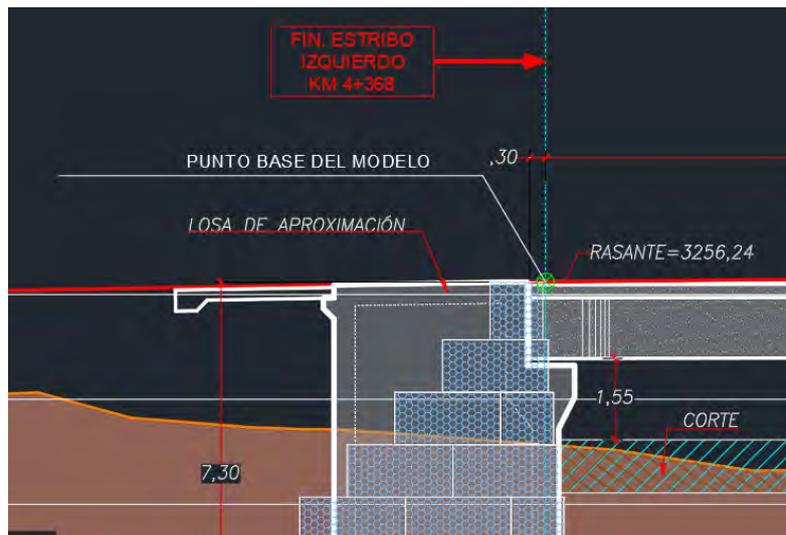


Figura 18. Consenso de determinación de ubicación de punto base

Tomado de CU03-02-DR-0316-SC1101, por CPS Ingeniería y Coba Perú, 2017

2. Creación de punto base

Primero se dirige y despliega la cinta de opciones del Menu. Luego, se accede a las propiedades del proyecto para luego crear el punto base. Finalmente, se procede a crear el punto base completando las casillas propuestas.

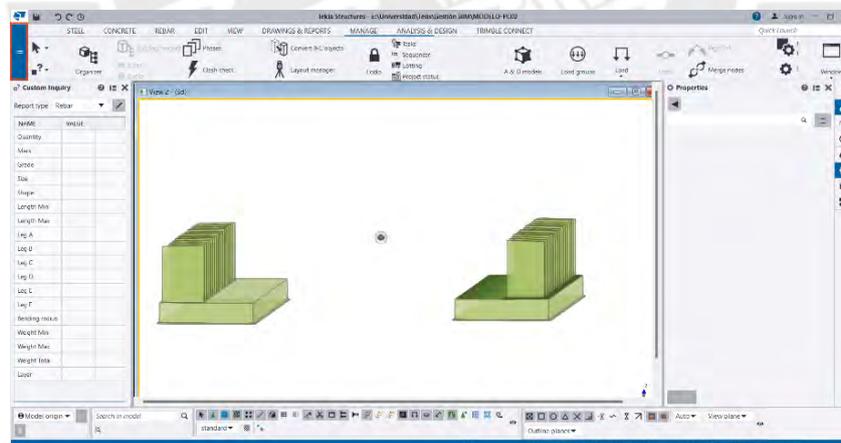


Figura 19. Se dirige al Menú

Elaboración propia

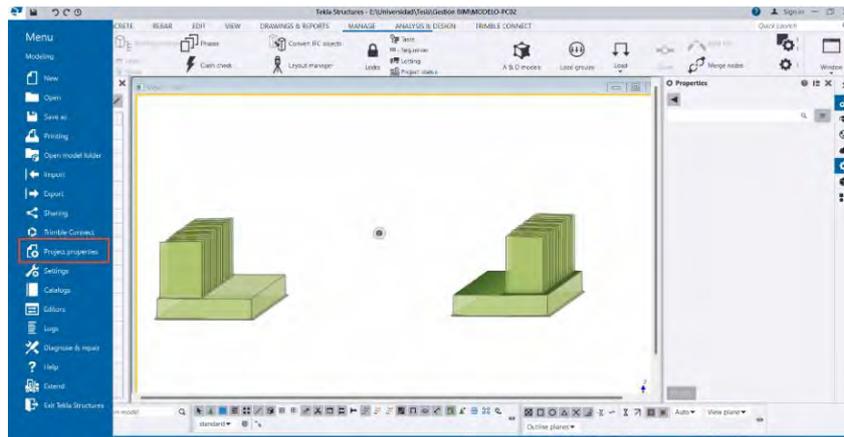


Figura I10. Se dirige a propiedades de proyecto

Elaboración propia

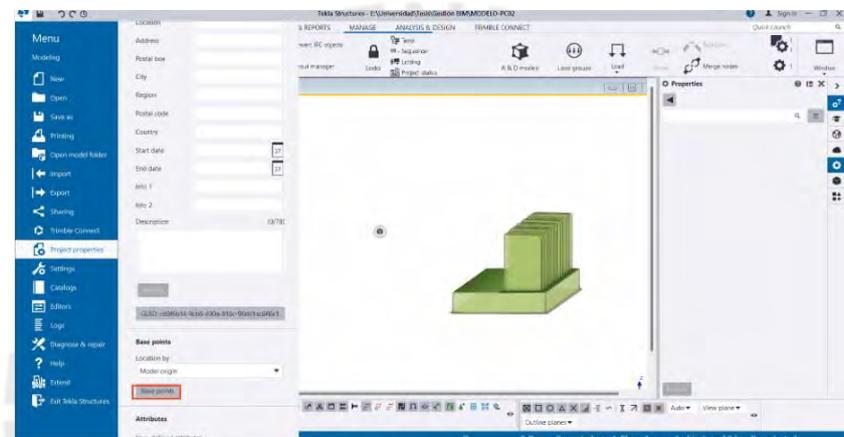


Figura I11. Selección de punto base

Elaboración propia

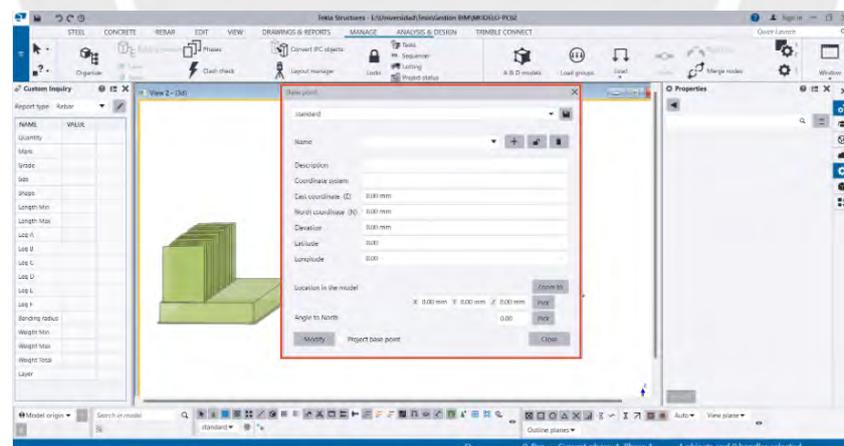


Figura I12. Ventana para la creación de nuevo punto base

Elaboración propia

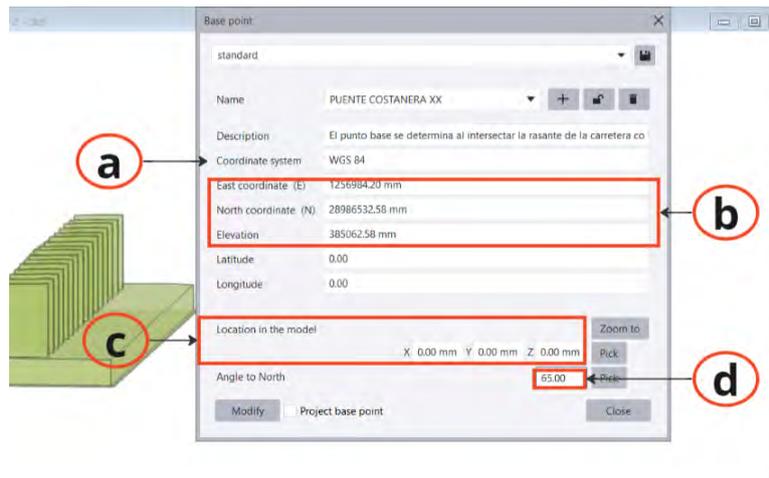


Figura 113. Proceso de llenado para la creación de nuevo punto base

Elaboración propia

Para la creación del punto base se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- El sistema de coordenadas usado en el proyecto
- El Este, Norte y la elevación del punto base.
- El punto del modelo que representará el punto base
- El ángulo con respecto al norte del proyecto. El ángulo es la resultante entre la rasante del proyecto con el eje horizontal del plano.

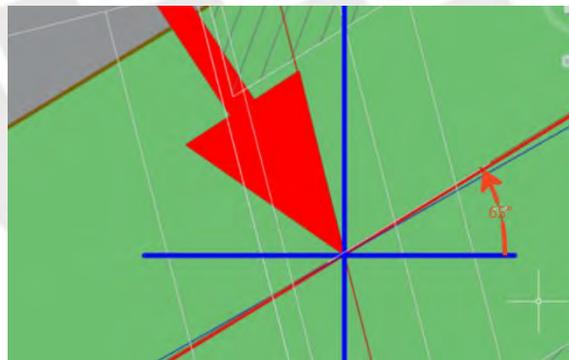


Figura 114. Precisión de ángulo de rotación

Elaboración propia

5.2. Estrategia de modelo colaborativo

Se presentan 02 alternativas: Proceso de trabajo por fases y el proceso en línea. La segunda alternativa será de uso principal por el equipo de ejecución, mientras que en caso haya limitaciones exógenas que afecten la disponibilidad y calidad de internet para los

miembros del equipo se considerará trabajar con la segunda alternativa. Así, garantizamos la continua producción de información entre todos los colaboradores.

5.2.1. Proceso de trabajo por fases

Para el proceso de trabajo de trabajo por fase se establecen los siguientes pasos:

1. Georreferenciación del modelo
2. Modelado de la geometría

Se modelará la geometría de las estructuras según la ubicación de elementos y según del grupo en el que se encuentre (ya sea en la subestructura o superestructura).

3. Determinación de fases para la colaboración

Las fases de colaboración serán basadas en los elementos constructivos y previo acuerdo entre los involucrados del equipo de ejecución. Se deberá tomar en consideración la cantidad de trabajo proyectado a la última entrega, la cantidad de recursos disponibles y la competencia de los modeladores.

Primero, ubicar en la cinta de opciones la pestaña “*Manage*”, luego ir a “*Phases*”. En segundo lugar, tras abrirse el cuadro de la gestión de fases enumerar y definir las fases necesarias para que el equipo de trabajo pueda modelar de manera ordenada. Finalmente, se asignan los objetos modelados a la fase correspondiente. Para ello primero deberá seleccionar los objetos (a) y luego seleccionar el botón de “*Modify Phase*”(b).

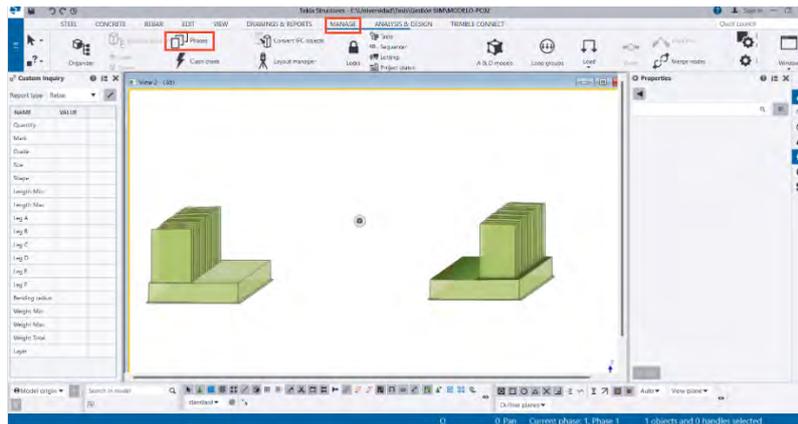


Figura I15. Creación de fases

Elaboración propia

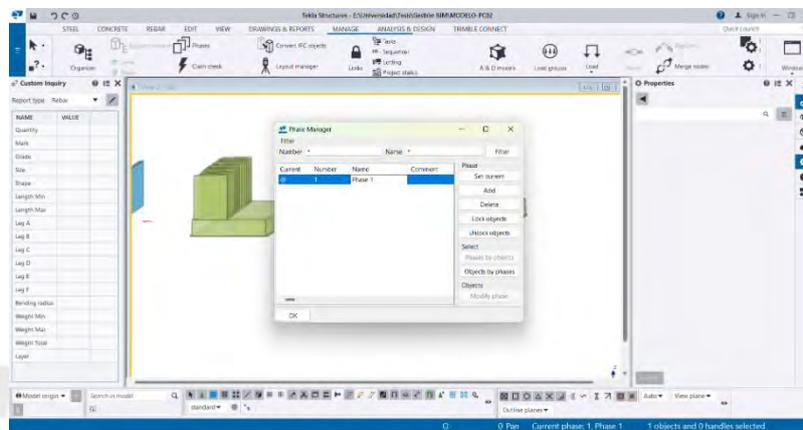


Figura I16. Ventana para la creación de fases

Elaboración propia

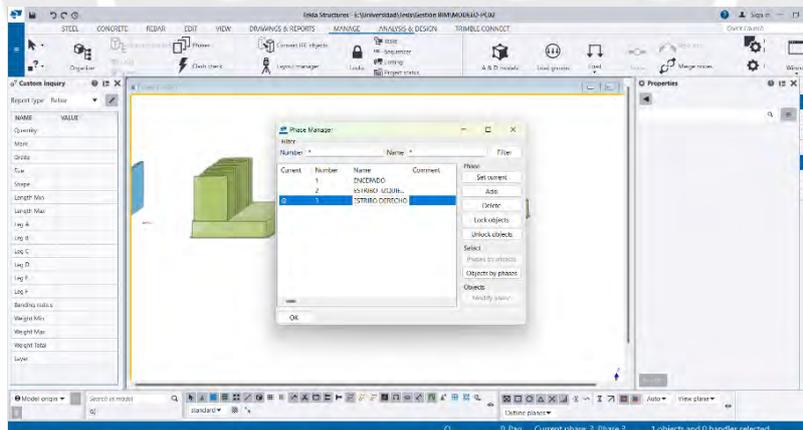


Figura I17. Creación de fases definidas

Elaboración propia

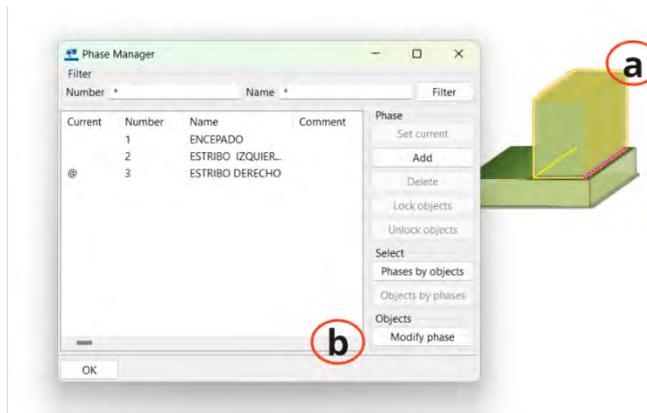


Figura 118. Proceso de inclusión de elementos de modelado a fases

Elaboración propia

4. Detallado de acero

Una vez la geometría haya alcanzado el nivel de detalle necesario, se procederá a detallar el acero. De acuerdo a la GNB, el nivel de detalle en mención es el LOD 3. Sin embargo, se debe tener en cuenta la posibilidad de edición de la armadura, pues al llegar al LOD 4 se tendrán presente los insertos de concreto a ser colocados.

5. Generación de metrados para el acero de refuerzo

Se usará para la cuantificación el “organizer”. Para ello, primero se debe ubicar el “Organizer” en la pestaña “Manage”. Luego, elija la opción de no sincronizar y una vez en el “” usar la plantilla “METRADO-ACERO DE REFUERZO” para finalmente seleccionar las barras de acero requerida.

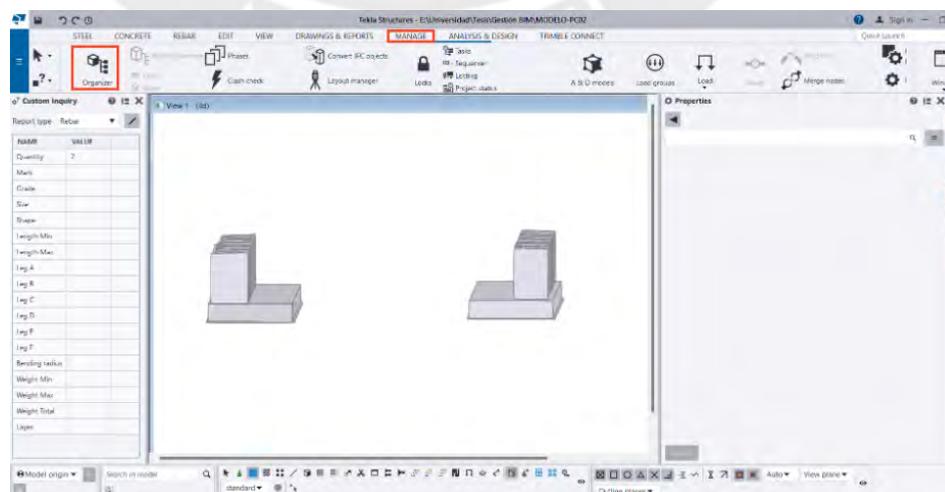


Figura 119. Selección del Organizer

Elaboración propia

6. Finalmente, exportar a una hoja Excel para su documentación

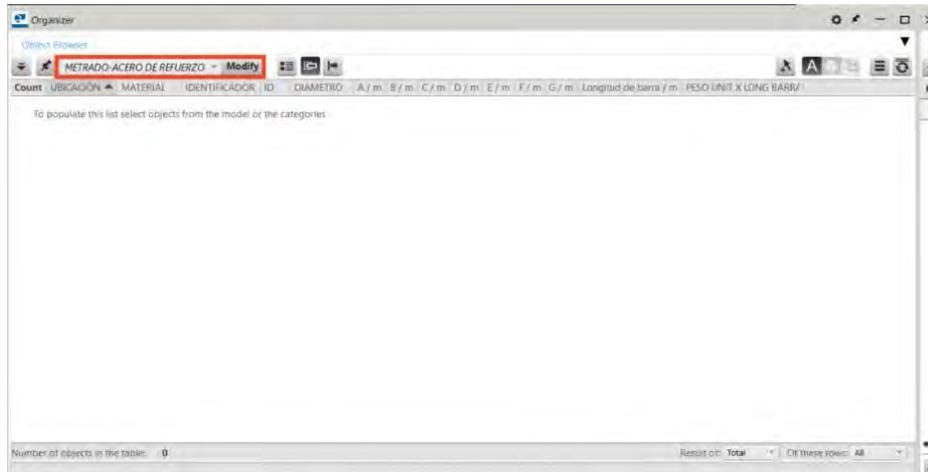


Figura I20. Uso de planilla de proyecto

Elaboración propia

5.2.2. Proceso de trabajo On-line

En este proceso, se siguen todos los pasos establecidos anteriormente, pero en adición se establece los siguientes pasos para poder compartir el modelo:

Para la adición de personas al modelo nativo ir al “Menu”. Luego, dirigirse a “Sharing” y después a “Start Sharing”. Una vez abierto el cuadro agregar el correo de la persona que se desea agregar y el tipo de participación que tendrá en el modelo.

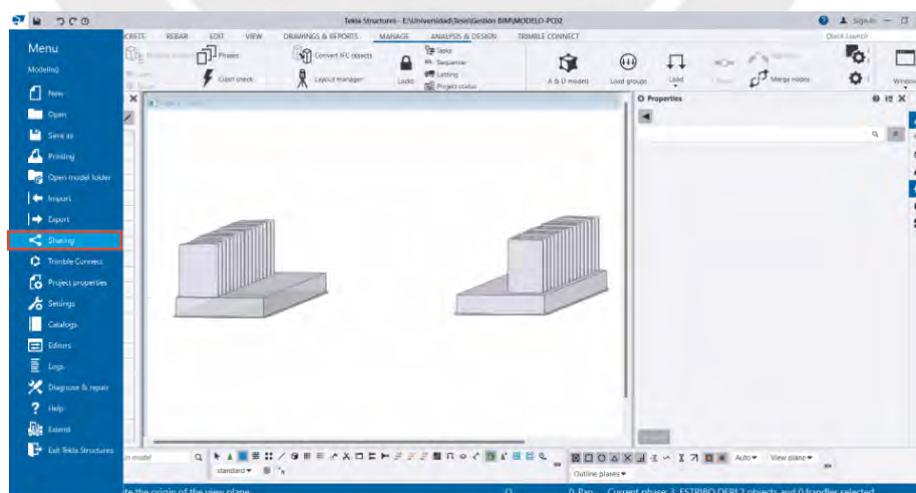


Figura I21. Selección de la opción Sharing

Elaboración propia

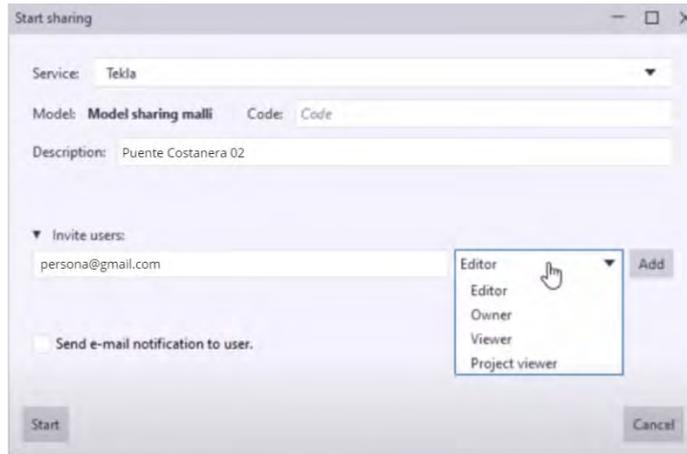


Figura I22. Incluir a personal y detallar el tipo de labor

Elaboración propia

5.3. Consideraciones para el detallado de acero

Para el detallado de acero rigen dos criterios elementales: Criterio normativo y criterio constructivo. En el criterio normativo, se usará lo establecido por el AASHTO en cuanto a la longitud de anclaje con (gancho y sin gancho), longitud de empalmes (de acuerdo al caso) y longitud de dobleces. Se muestra el siguiente ejemplo para el caso del armado inferior del acero de la zapata.

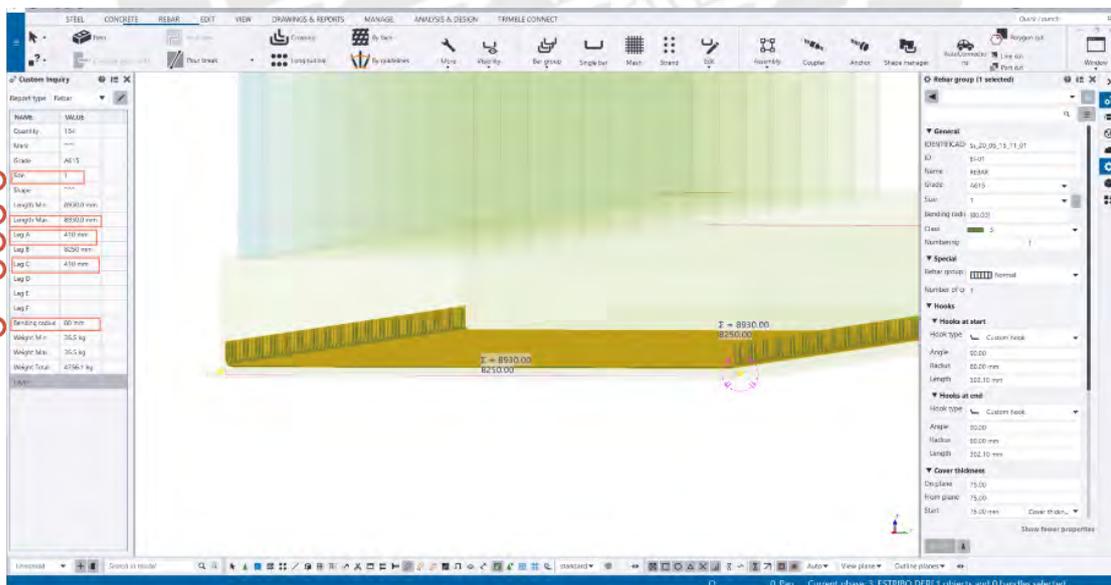


Figura I23. Significado de dimensiones y atributos en el Custom Inquiry

Elaboración propia

1. Las barras son de diámetro de 1" como dispuso el especialista estructural.
2. La longitud máxima no supera los 9m (criterio de constructabilidad).

3. Los ganchos se doblan a 90° y cumplen con la longitud de gancho para refuerzo longitudinal (criterio normativo)
4. El radio de doblez también se modifica acorde a lo propuesto siendo un aproximado de 80mm frente a los 76mm que se establece (criterio de constructabilidad).

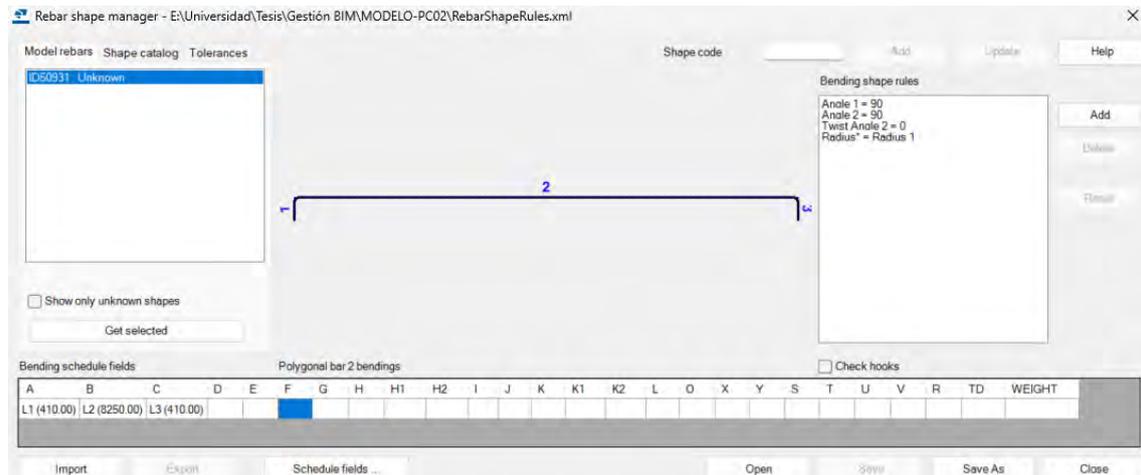


Figura I24. Rebar shape manager

Elaboración propia

Asimismo, en la imagen de abajo se observa cómo se cumple la longitud de empalme alternado de 1250mm en el modelo para concretos de $F'C=210 \text{ Kg/cm}^2$ y para barras de 1".

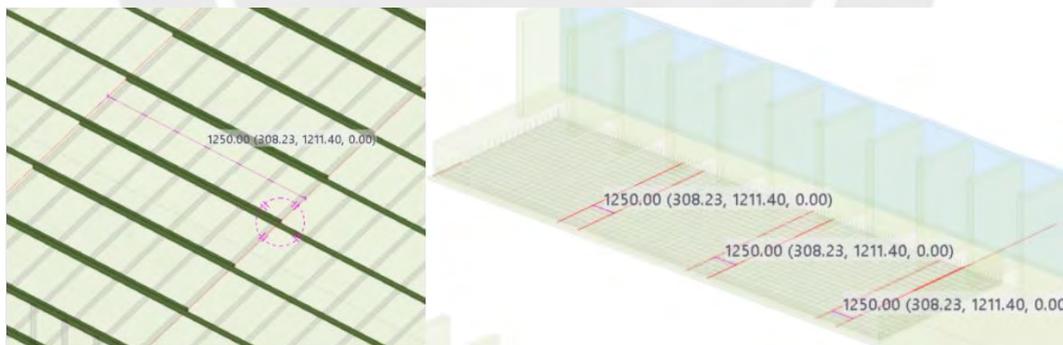


Figura I25. Longitud de empalme alternado

Elaboración propia

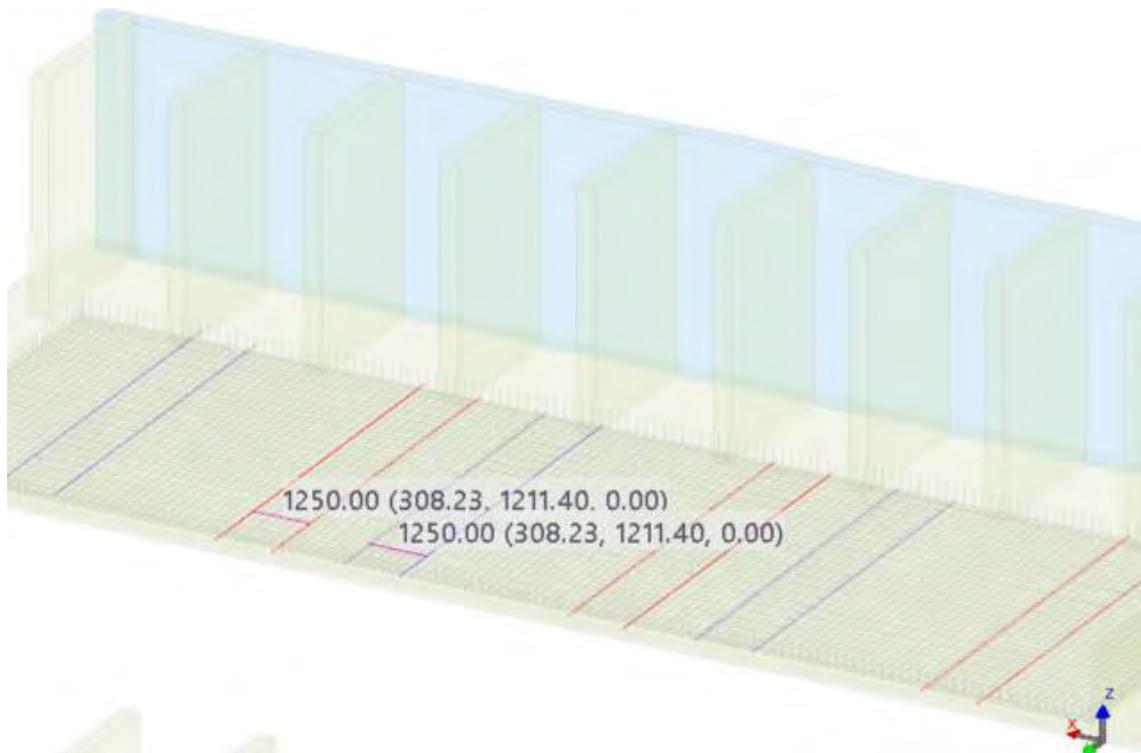


Figura I26. Longitud de empalme alternado

Elaboración propia



6. Estrategia de exportación IFC

La exportación de modelos se realizará mediante IFC. En el caso del programa “Tekla Structures” se seguirán los siguientes pasos.

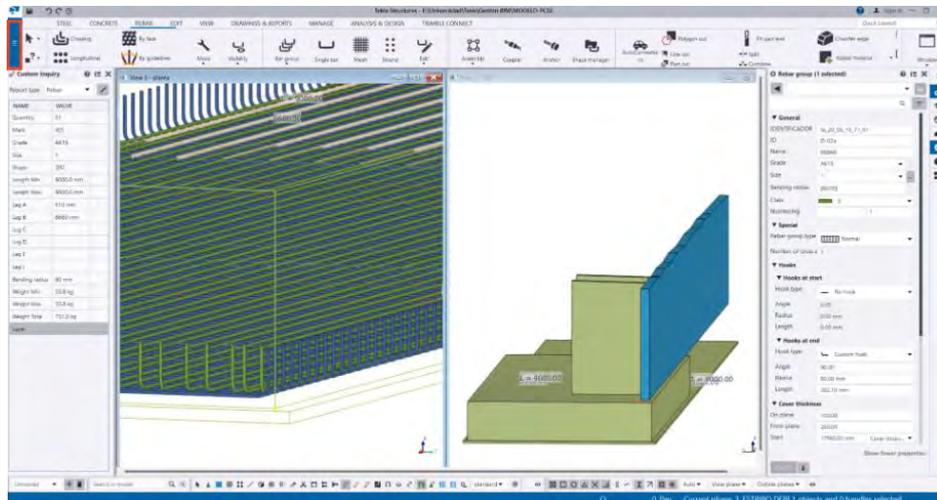


Figura I27. Exportación de modelos mediante IFC

Elaboración propia

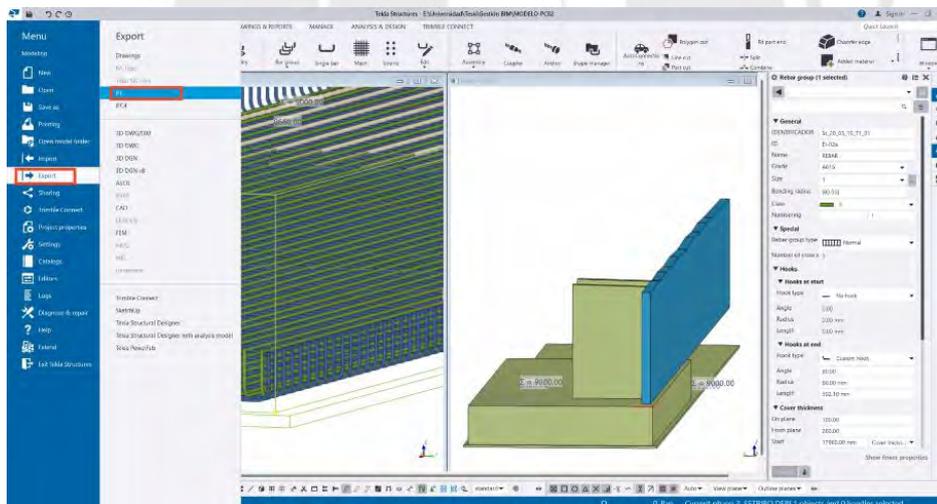


Figura I28. Exportación de modelos mediante IFC

Elaboración propia

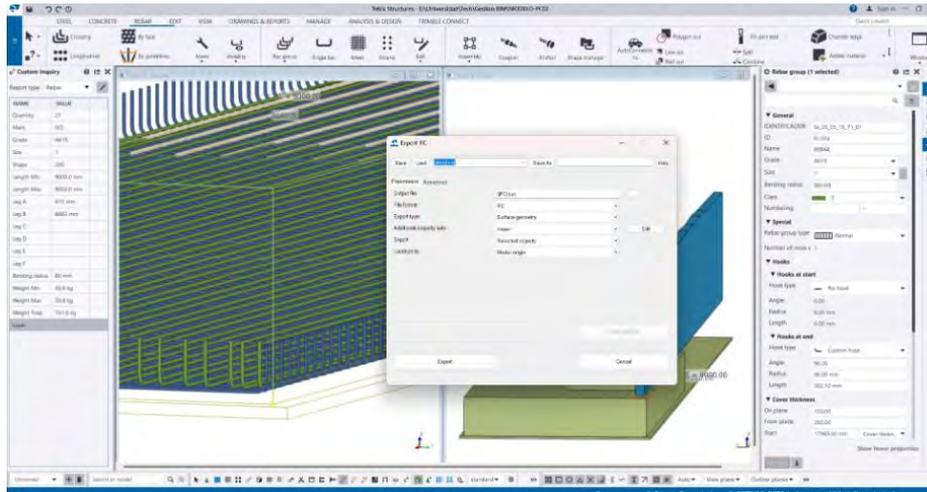


Figura 129. Exportación de modelos mediante IFC

Elaboración propia

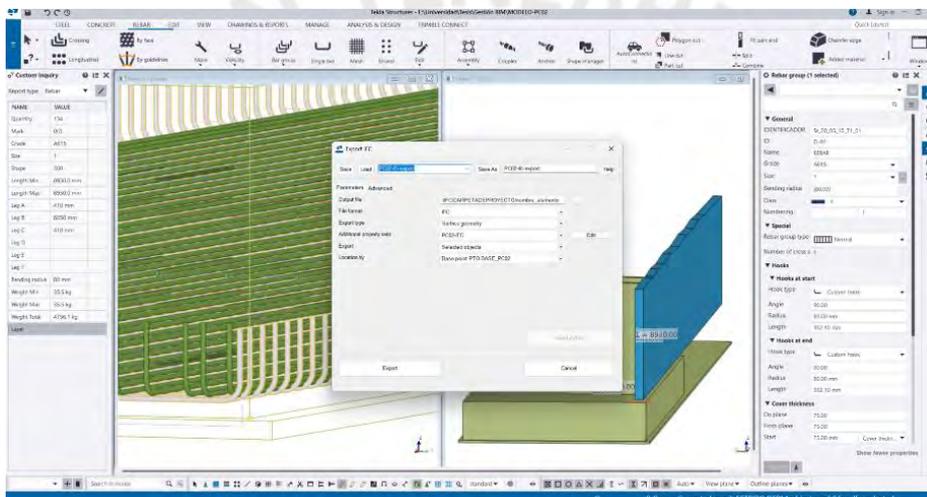


Figura 130. Exportación de modelos mediante IFC

Elaboración propia

Anexo J: Procesos para cada uso BIM



PROCESO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EXISTENTE Y ANÁLISIS DEL ENTORNO FÍSICO

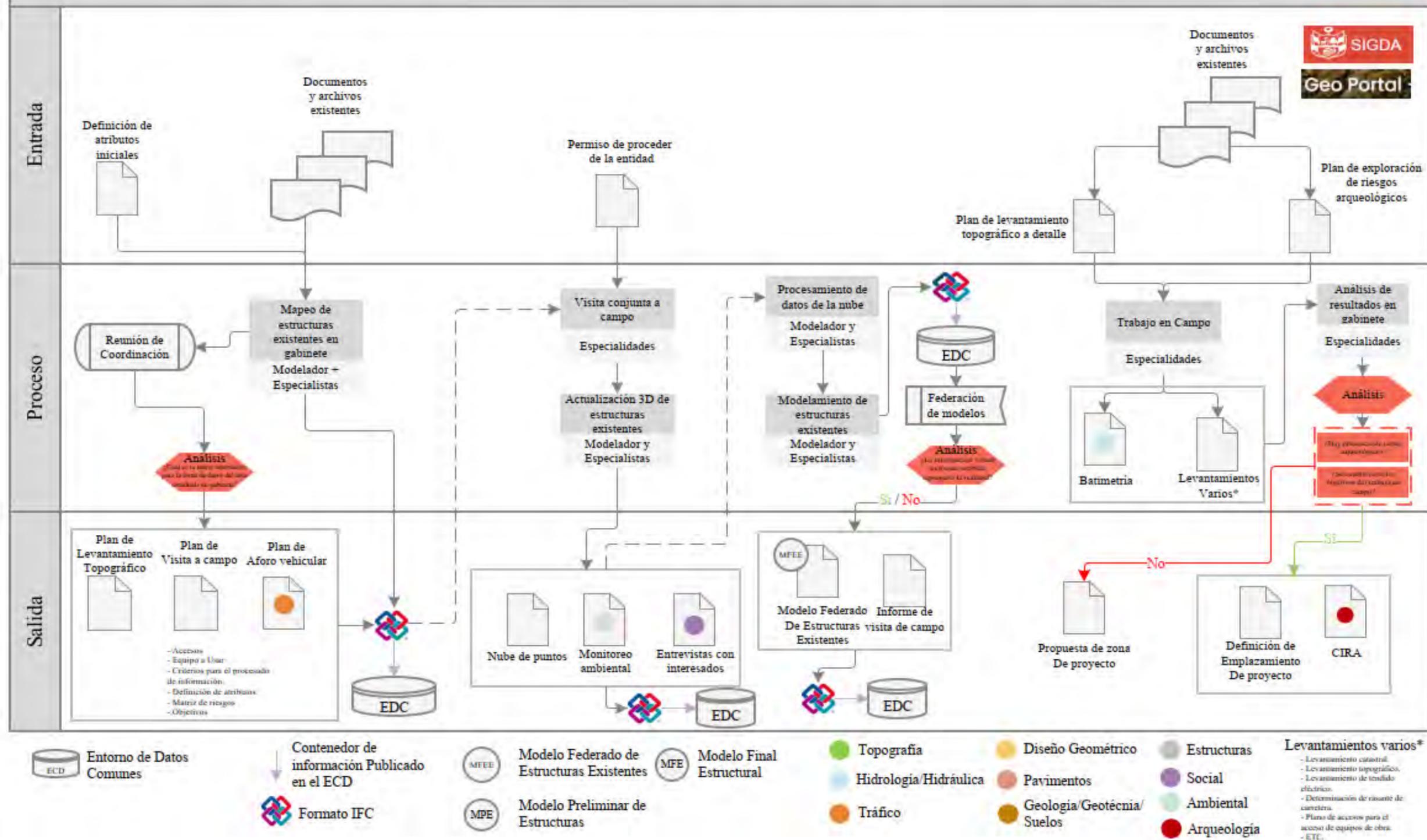


Figura J1. Proceso de levantamiento de información existente

Elaboración propia

Plan de producción de información general (Visualización 3D, Revisión del Contenedores de información y Coordinación de especialidades)

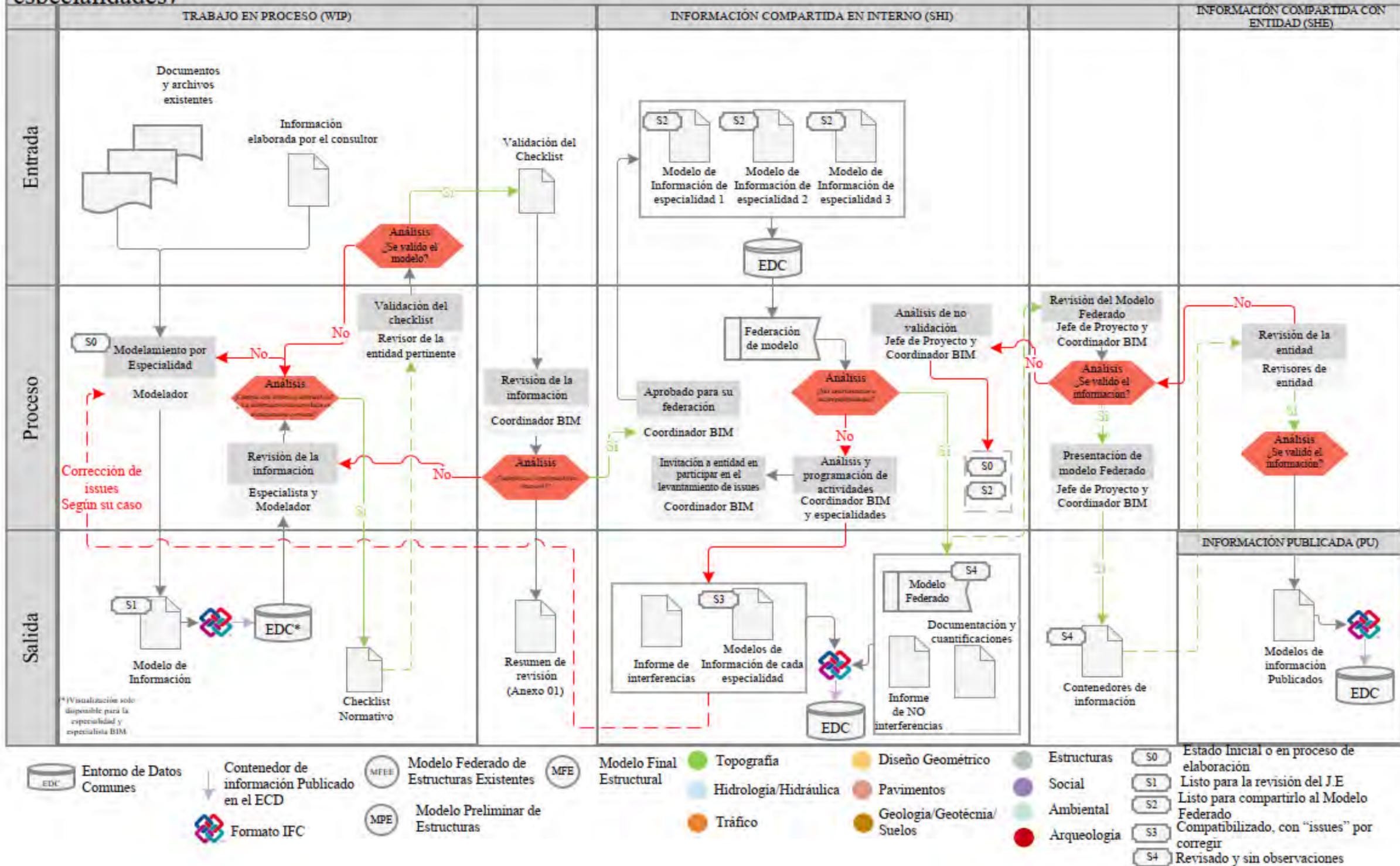


Figura J2. Plan de producción de información general

Elaboración propia

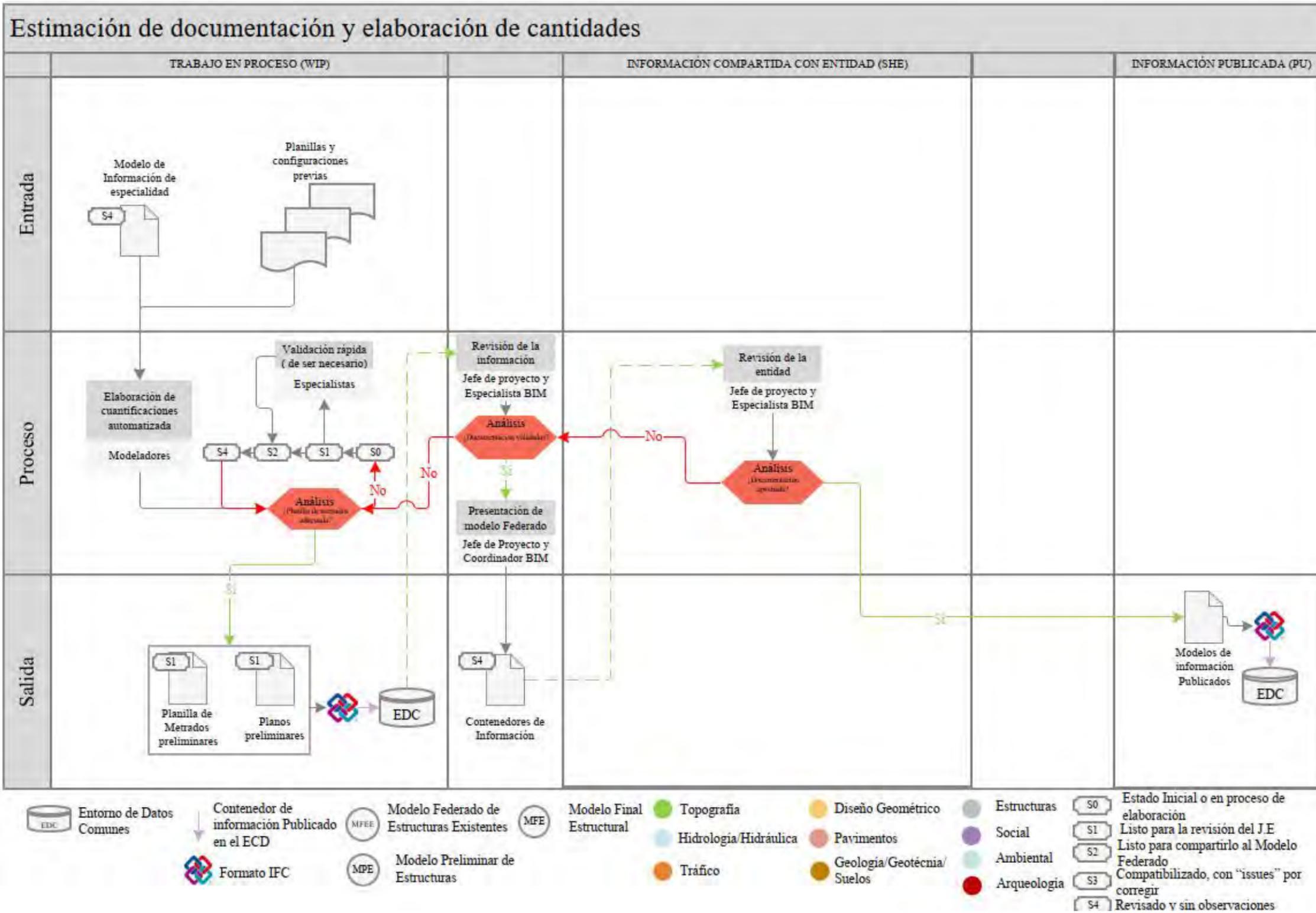


Figura J3. Estimación de documentación y elaboración de cantidades

Elaboración propia

Planificación de la fase de ejecución

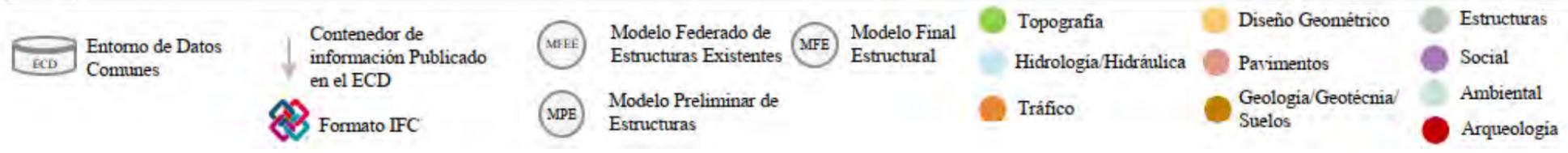
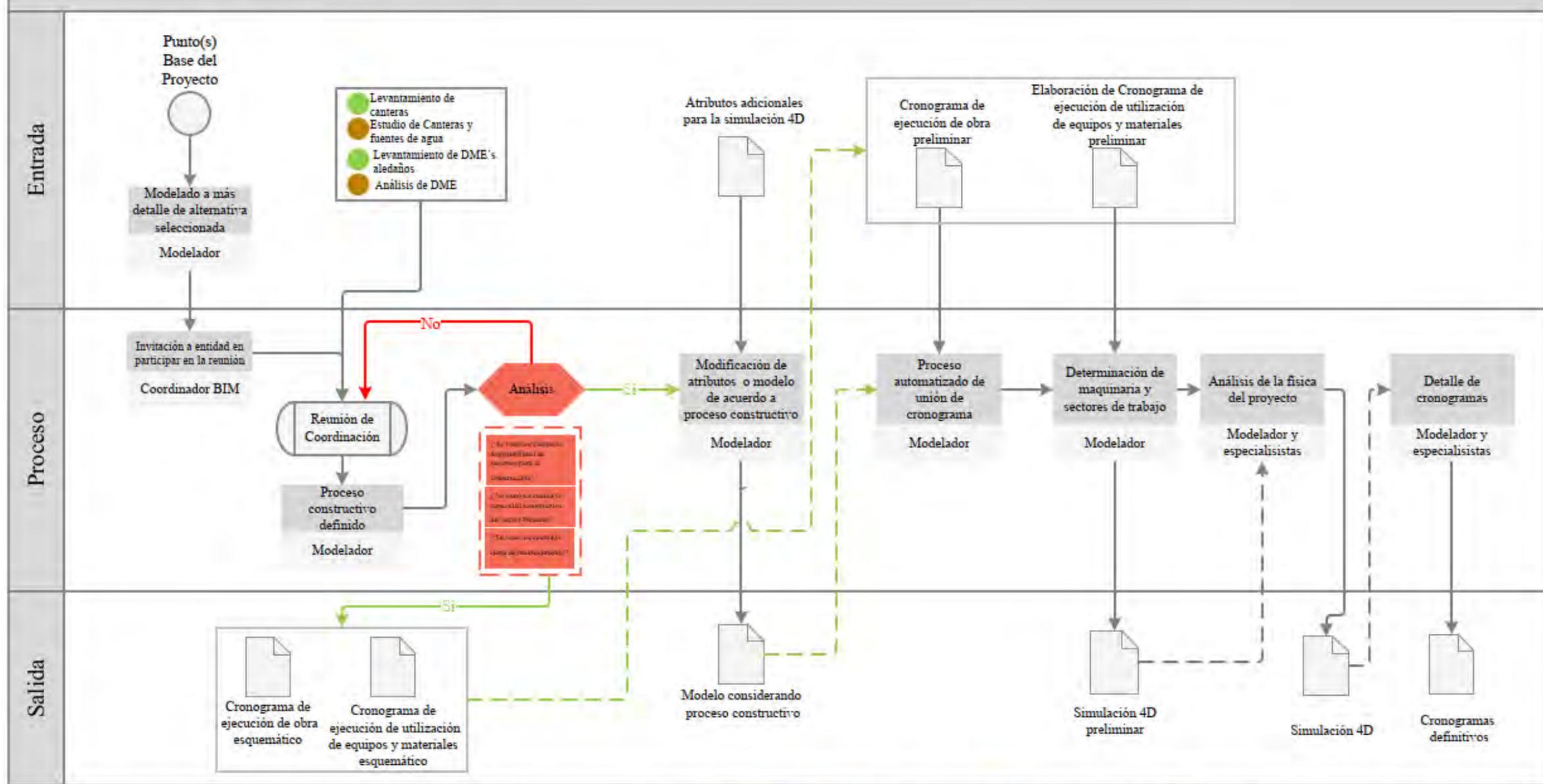


Figura J4. Planificación de la fase de ejecución

Elaboración propia

Anexo K: Estructuración de carpetas en el ECD



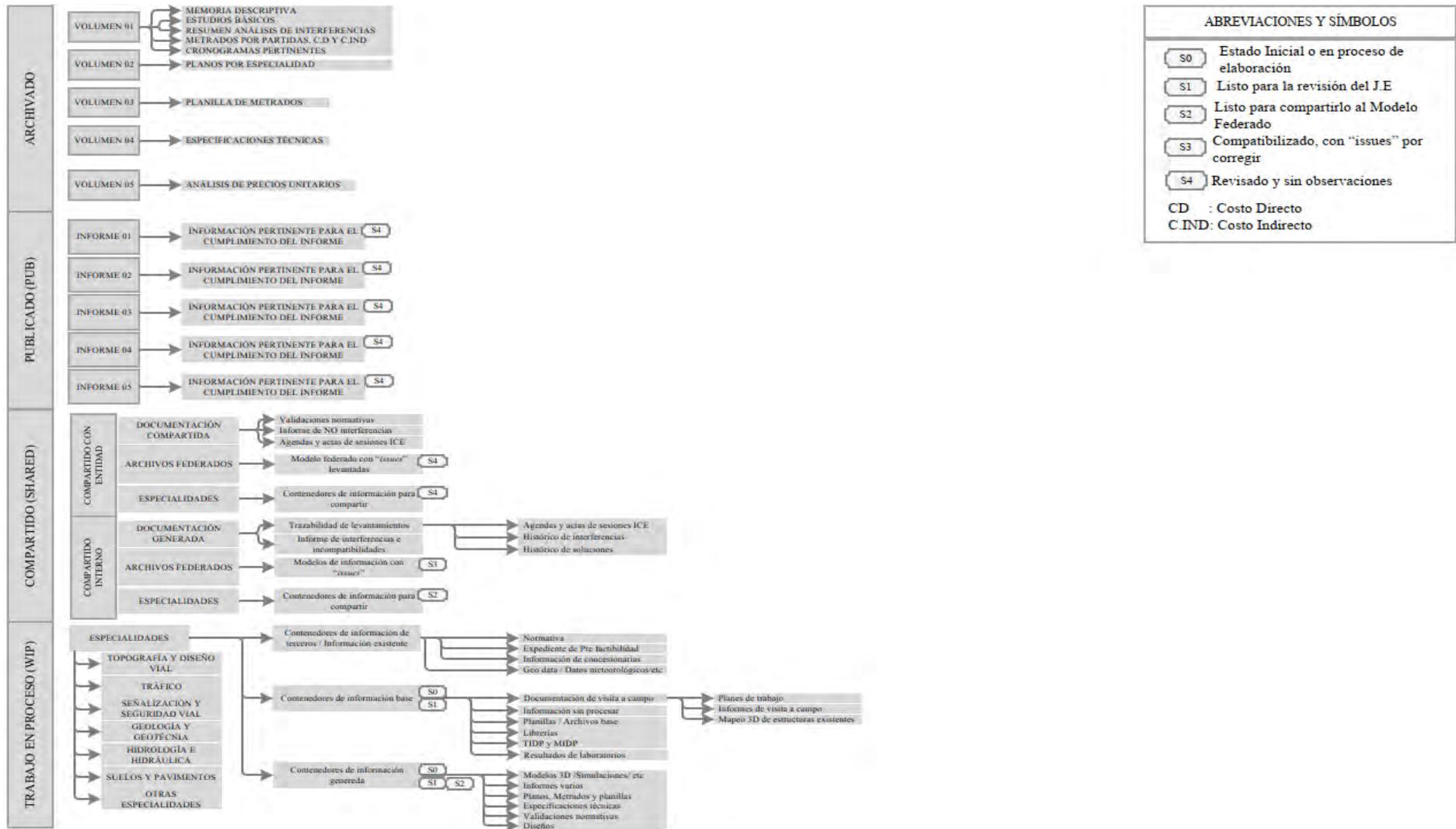


Figura K1. Carpetas del EDC

Elaboración propia

Anexo L: Matriz TIDP, Matriz MIDP y Matriz de Responsabilidades



MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

Elaboración de Expediente técnico

HITOS DE LA INVERSIÓN		1			2			3			4			5					
		Modelo de información básico de la especialidad de			Modelo de información básico de la especialidad de			Modelo de información básico de la especialidad de			Modelo de información específico de todas las			Visualización 3D					
Equipo responsable y Nivel del Información necesaria		Equipo Resp.	LOIN			Equipo Resp.	LOIN			Equipo Resp.	LOIN			Equipo Resp.	LOIN				
			LOD	LOI	Documentación asociada		LOD	LOI	Documentación asociada		LOD	LOI	Documentación asociada		LOD	LOI	Documentación asociada		
Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada	Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada	Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada	Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada	Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada	Inf. geométrica	Inf. alfanumérica	Documentación asociada		
Especialidad	Elementos																		
1	Tráfico	1.0	Conteo de tráfico en estaciones	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe
		1.1	Encuesta de origen - destino (O/D)	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe	E.TF	NA	3	Informe
		1.2	Medición de velocidades	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos
		1.3	Proyección del tráfico según tipo de vehículo	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos	E.TF	NA	3	Datos estadísticos
		1.4	Modelado del tráfico	E.TF	3	3	No es requerido	E.TF	3	3	No es requerido	E.TF	3	3	No es requerido	E.TF	3	3	No es requerido
2	Georreferenciación	2.0	Ubicación de puntos de control en el modelo	E.TGG	2	3	No es requerido	E.TGG	2	3	No es requerido	E.TGG	2	3	No es requerido	E.TGG	2	3	No es requerido
		2.1	Red de puntos	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido
3	Topografía	3.0	Planimetría	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido
		3.1	Altimetría	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido	E.TGG	3	3	No es requerido
		3.2	Superficie topográfica	E.TGG	3	3	Especificaciones técnicas	E.TGG	3	3	Especificaciones técnicas	E.TGG	3	3	Especificaciones técnicas	E.TGG	3	3	Especificaciones técnicas
		3.3	Batimetría	E.TGG	3	3	Fotografía	E.TGG	3	3	Fotografía	E.TGG	3	3	Fotografía	E.TGG	3	3	Fotografía
		3.4	Espejo de agua	E.TGG	NA	3	No es requerido	E.TGG	NA	3	No es requerido	E.TGG	NA	3	No es requerido	E.TGG	NA	3	No es requerido
4	Trazo y diseño geométrico	4.0	Alineamiento	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos
		4.1	Rasante	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos	E.TDG	3	3	Planos
		4.2	Secciones de corte y relleno	E.TDG	NA	3	Informe con volúmenes	E.TDG	NA	3	Informe con volúmenes	E.TDG	NA	3	Informe con volúmenes	E.TDG	NA	3	Informe con volúmenes
		4.3	Micro simulación del tráfico - mejora y ajustes del diseño	E.TDG	3	3	Modelo	E.TDG	3	3	Modelo	E.TDG	3	3	Modelo	E.TDG	3	3	Modelo
		4.4	Replanteo según el diseño	E.TDG	NA	NA	No es requerido	E.TDG	NA	NA	No es requerido	E.TDG	NA	NA	No es requerido	E.TDG	NA	NA	No es requerido
5	Señalización y Seguridad Vial	5.0	Análisis de Seguridad Vial actual	E.SS	NA	3	Informe	E.SS	NA	3	Informe	E.SS	NA	3	Informe	E.SS	NA	3	Informe
		5.1	Señalización horizontal	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos
		5.2	Señalización vertical	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos	E.SS	3	3	Planos
		5.4	Modelo arquitectónico global de la señalización	E.SS	3	3	Modelo	E.SS	3	3	Modelo	E.SS	3	3	Modelo	E.SS	3	3	Modelo
		5.5	Iluminación en la estructura vial en el modelo	E.SS	2	2	Modelo	E.SS	2	2	Modelo	E.SS	2	2	Modelo	E.SS	2	2	Modelo
6	Suelos	6.0	Perfil Estratigráfico de la vía	E.SUE	2	2	No es requerido	E.SUE	3	3	Planos	E.SUE	3	3	Planos	E.SUE	3	3	Planos
		6.1	Memoria Descriptiva de Estudio de Suelos	E.SUE	NA	2	No es requerido	E.SUE	NA	3	Informe	E.SUE	NA	3	Informe	E.SUE	NA	3	Informe
7	Pavimentos	7.0	Solución Técnico - Económica	E.PAV	NA	2	No es requerido	E.PAV	NA	3	Informe	E.PAV	NA	3	Informe	E.PAV	NA	3	Informe
		7.1	Memoria de Estudio de Pavimentos	E.PAV	NA	2	No es requerido	E.PAV	NA	3	Informe	E.PAV	NA	3	Informe	E.PAV	NA	3	Informe
		7.2	Modelo de Pavimentos	E.PAV	2	2	No es requerido	E.PAV	3	3	Modelo	E.PAV	3	3	Modelo	E.PAV	3	3	Modelo
		7.3	Diseño de Pavimentos	E.PAV	2	2	No es requerido	E.PAV	3	3	Detalles	E.PAV	3	3	Detalles	E.PAV	3	3	Detalles
8	Canteras	8.0	Levantamiento topográfico de las canteras	E.CAN	2	2	No es requerido	E.CAN	3	3	Planos	E.CAN	3	3	Planos	E.CAN	3	3	Planos
		8.1	Memoria Descriptiva del Estudio de Canteras	E.CAN	NA	2	No es requerido	E.CAN	NA	3	Informe	E.CAN	NA	3	Informe	E.CAN	NA	3	Informe
9	Geología y geotecnia	9.0	Modelado de la estabilización de suelos y/o taludes	E.GG	2	2	No es requerido	E.GG	3	3	Modelo	E.GG	3	3	Modelo	E.GG	3	3	Modelo
		9.1	Sectorización por tipo de suelo según sus propiedades	E.GG	NA	2	No es requerido	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe
		9.2	Estudios de Riesgos Sísmicos	E.GG	NA	2	No es requerido	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe
		9.3	Memoria Descriptiva para el estudio Geológico y Geotécnico	E.GG	NA	2	No es requerido	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe	E.GG	NA	3	Informe
10	Hidráulica e hidrología	10.0	Características físicas y morfológicas de campo	E.HH	NA	2	No es requerido	E.HH	NA	3	Informe	E.HH	NA	3	Informe	E.HH	NA	3	Informe
		10.1	Hidrogramas	E.HH	NA	2	No es requerido	E.HH	NA	3	Datos estadísticos	E.HH	NA	3	Datos estadísticos	E.HH	NA	3	Datos estadísticos
		10.2	Diseño de las características geométricas	E.HH	NA	2	No es requerido	E.HH	NA	3	Informe	E.HH	NA	3	Informe	E.HH	NA	3	Informe
		10.3	Características hidráulicas y geométricas del puente	E.HH	2	2	No es requerido	E.HH	3	3	Informe	E.HH	3	3	Informe	E.HH	3	3	Informe
11	Estructuras	11.0	Memoria Descriptiva - Definición del tipo de estructura y cimentación	E.EST	NA	2	No es requerido	E.EST	NA	2	No es requerido	E.EST	NA	3	Informe	E.EST	NA	3	Informe
		11.1	Modelo de las estructuras de concreto armado	E.EST	2	2	No es requerido	E.EST	3	3	No es requerido	E.EST	4	3	Especificaciones técnicas	E.EST	4	3	Especificaciones técnicas
		11.2	Modelo estructural de las cimentaciones	E.EST	2	2	No es requerido	E.EST	3	3	No es requerido	E.EST	4	3	Especificaciones técnicas	E.EST	4	3	Especificaciones técnicas
		11.3	Modelo de las estructuras de drenaje existentes	E.EST	2	2	No es requerido	E.EST	3	3	No es requerido	E.EST	3	3	Especificaciones técnicas	E.EST	3	3	Especificaciones técnicas
		11.4	Detalles constructivos	E.EST	2	2	No es requerido	E.EST	3	3	No es requerido	E.EST	3	3	Planos	E.EST	3	3	Planos
12	Federado	12.0	Modelo federado con todas las especialidades	TODAS	2	2	No es requerido	TODAS	2	2	No es requerido	TODAS	3	3	No es requerido	TODAS	4	3	Especificaciones técnicas