



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA  
PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA O AMPLIACIÓN DE  
LA RED DE EFE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL

FELIPE ANDRÉS KASCHEL ZÚÑIGA

PROFESOR GUÍA:

RICARDO ROJAS PIZARRO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

DELFO LOPEZ PACHECO

MIGUEL ARENAS ELGUETA

SANTIAGO DE CHILE

2021

**Resumen De La Memoria** para optar  
al título de Ingeniero Civil

**Por:** Felipe Andrés Kaschel Zúñiga

**Fecha:** 27/07/2021

**Profesor Guía:** Ricardo Rojas Pizarro

## EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA O AMPLIACIÓN DE LA RED DE EFE

La metodología BIM (building information modeling), a través de sus diferentes plataformas, integra las distintas disciplinas que conforman el proceso de planificación, diseño, construcción y operación de una obra en particular. Todo esto se logra materializar en modelos 3D, los cuales no solo permiten una mejor visualización, sino que además se nutren de distintos parámetros a medida que avanzan las etapas constructivas, esto permite parametrizar los distintos componentes con toda la información que sea necesaria (propiedades geométricas, mecánicas, precios, etc.), además de generar y entregar información tanto de programación como ejecución de la obra.

En el ámbito nacional, esta metodología es impulsada mediante el llamado "Planbim", el cual busca adoptar como un ítem obligatorio en las distintas construcciones o proyectos ingenieriles el uso de BIM, comenzando con los proyectos licitados por entidades públicas y luego expandiéndose también a lo privado. Un caso ícono a nivel local de la aplicación de BIM se puede encontrar en el proyecto de ampliación del aeropuerto de Santiago.

Es bajo este contexto, y en conjunto con la empresa EFE, que se propone como objetivo principal en este trabajo de título estudiar y realizar una revisión técnica de la tecnología BIM aplicada a proyectos de infraestructura ferroviaria, con la intención de entender las necesidades de EFE y proponer soluciones eficientes desde la implementación BIM, con el fin de plantear un camino a la empresa ya mencionada para adoptar en sus proyectos actuales y futuros la tecnología BIM de manera eficiente y adecuada especialmente a sus necesidades.

En particular, en esta memoria se determina alcance y uso eficiente de la metodología BIM que respondan a las necesidades de EFE para proyectos de mejoras y ampliación, se determinan datos y parámetros necesarios en los modelos para poder administrar y gestionar la operación de nuevos proyectos, se especifican herramientas de la plataforma para la planificación, coordinación y programación de tareas en los proyectos, y se evalúa y propone el uso de un entorno común de datos para la administración de información de los distintos proyectos de EFE.

*Este trabajo está dedicado a mi familia, sin su constante apoyo nada de esto sería posible, mi inmenso amor y gratitud por ustedes no tiene posibilidades de ser descrito solo con palabras.*

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y hermano, sin ellos nada de esto sería posible, cada esfuerzo realizado ha sido el combustible que me ha traído hasta aquí, esto es por ustedes. En segundo lugar, quiero agradecer a mis tíos, quienes me entregaron un hogar en mis primeros años de camino universitario.

Extiendo mis agradecimientos a mis amigos y mi polola, quienes constantemente han sido mi apoyo y mi sustento, agradezco tener la certeza de poder descansar en ustedes.

Finalmente, quiero agradecer a los miembros de mi comisión. A Ricardo, por confiar en mí y acompañarme en el desarrollo de este trabajo por cerca de un año, al profesor Delfos, por su inmensa vocación y su cariño a los trenes, realmente es una inspiración para las futuras generaciones que anhelamos trabajar por este rubro, por último, agradezco a Miguel, quién confió en mis capacidades para generar este trabajo en conjunto con EFE, a quién representa dentro de esta comisión.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>Capítulo I</b> .....	<b>1</b>
1. Introducción.....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Contexto.....	1
1.2.1. Contexto ferroviario en Chile.....	1
1.2.2. Caracterización de proyectos de ampliación y mejoras de EFE.....	2
1.2.3. Descripción de la metodología BIM.....	5
2. Objetivos.....	6
2.1. Objetivo general.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. Metodología.....	7
3.1. Revisión bibliográfica.....	7
3.2. Análisis de la información y resultados.....	7
4. Resultados Esperados.....	7
<b>Capítulo II</b> .....	<b>8</b>
5. Estado y contexto para la investigación.....	8
5.1. Metodología BIM.....	8
5.1.1. Contexto mundial de la metodología BIM.....	8
5.1.2. Contexto nacional de la metodología BIM.....	9
5.1.3. Uso de BIM en infraestructura, beneficios y experiencias.....	10
5.2. Infraestructura ferroviaria de EFE.....	11
5.2.1. Caracterización del trazado ferroviario de EFE.....	11
5.2.2. Actuales proyectos de mejora y ampliación de la Red de EFE.....	12

6. Antecedentes.....	14
7. Bases legales .....	14
<b>Capítulo III.....</b>	<b>15</b>
8. Determinación de alcances y uso eficiente de la metodología BIM en EFE .....	15
8.1. Usos identificables de la metodología BIM en un proyecto de construcción..	15
8.2. Identificación de problemáticas y situaciones de baja eficiencia en proyectos de EFE.....	16
8.3. Estado actual de la implementación BIM en proyectos de EFE.....	17
8.4. Determinación de grado de madurez BIM en EFE.....	18
8.5. Determinación de usos a incluir en la implementación BIM en EFE .....	20
8.6. Determinación de niveles de información necesaria según los tipos de información para cada uso seleccionado.....	21
8.7. Diagrama de flujo propuesto para proyectos EFE en virtud del uso de la metodología BIM.....	28
9. Determinación de datos y parámetros necesarios en el modelo .....	31
9.1. Levantamiento de una nube de puntos para modelo 3D en un proyecto ferroviario para el levantamiento de condiciones existentes.....	31
9.2. Determinación de un sistema de clasificación para la metodología que responda a la administración de información de modelos as-built.....	33
9.3. Parámetros aplicables a la mantención preventiva de un proyecto ferroviario en EFE.....	42
10. Herramientas para planificación técnica, coordinación en etapas de diseño, construcción y operación, y mantención en un proyecto ferroviario.....	46
10.1. BIM como herramienta de planificación técnica .....	46
10.2. BIM como herramienta de coordinación .....	47
10.3. BIM como herramienta de mantención .....	48
11. Determinación de un entorno común de datos para la administración de la información .....	50

11.1.	Caracterización de necesidades técnicas del entorno común de datos .....	51
11.2.	Caracterización de las necesidades generales del entorno común de datos 51	
11.3.	Determinación del entorno común de datos de mayor eficiencia para EFE52	
<b>Capítulo IV</b>	.....	<b>55</b>
12.	Descripción y análisis de los resultados .....	55
13.	Conclusiones y recomendaciones .....	58
14.	Bibliografía .....	62
<b>Anexo A</b>	.....	<b>66</b>
<b>Anexo B</b>	.....	<b>70</b>
<b>Anexo C</b>	.....	<b>107</b>
<b>Anexo D</b>	.....	<b>151</b>

# Capítulo I

Todos los acrónimos utilizados en este trabajo, se encuentran especificados en el anexo D del presente informe.

## 1. Introducción

### 1.1. Motivación

El uso de la metodología BIM, en muchos países del extranjero, ya es una obligación y pronto lo será también en Chile. Esto es sin duda, uno de los procesos de innovación y cambio más importantes en la industria de la construcción de los últimos años, y es por esto, que los futuros ingenieros deberían ser parte también de este proceso.

Es importante adoptar estas nuevas tecnologías y estar abierto a los cambios, no solo en la industria de las mega construcciones y los grandes proyectos inmobiliarios, sino que también en otros proyectos de ingeniería, como por ejemplo la infraestructura vial o, en este caso en particular, la infraestructura ferroviaria.

Es justamente en la intersección de estas dos ideas donde se sitúa el presente trabajo, adoptando la innovación de la metodología BIM, aplicada en el caso particular de la red ferroviaria chilena manejada por EFE, en la cual no solo se piensa en sus proyectos actuales, si no qué también se proyecta pensando en el futuro.

Este trabajo pretende mostrar los beneficios, las ventajas y también los desafíos que estas nuevas tecnologías y formas de trabajo nos plantean, pero identificando claramente los puntos de mejora que llevaron a que a nivel mundial BIM sea entendido como una necesidad y no solo como un complemento a lo ya existente.

### 1.2. Contexto

#### 1.2.1. Contexto ferroviario en Chile

El ferrocarril es mundialmente conocido como un medio de transporte seguro, confiable, sustentable y querido por la gente. Chile no es la excepción, según la última encuesta de satisfacción (Alarcón C. 2021, 5 marzo) certificada internacionalmente realizada a los usuarios de trenes por EFE, la cual consideró la opinión de 2800 usuarios, el tren obtuvo una nota de 86 puntos sobre un máximo de 100, lo que permite apreciar la muy buena evaluación de este medio de transporte en nuestro País. Es importante destacar que el transporte de pasajeros no es la única finalidad del tren en Chile, este también es posicionado como un importante medio de transporte de carga y mercancías.

El desarrollo ferroviario en el país gozó de un gran auge hasta la década de 1960, luego sufrió un constante deterioro, tanto a nivel organizativo, presupuestario y de infraestructura general. En los últimos años el tren ha vuelto a tomar importancia y se ha planteado como una necesidad a nivel país, lo que ha puesto sobre la mesa diferentes desafíos que van desde la mantención de la infraestructura existente, hasta la implementación de nuevos trazados con tecnología de punta acorde a los tiempos

actuales como, por ejemplo, las líneas de alta velocidad.

Actualmente, la oferta de transporte ferroviario la conforman 5.622 km. de vías que son operadas por empresas públicas y privadas, y que además, pueden tener carácter de uso público (ofrece servicios a terceros) y de uso privado (realiza el transporte de cargas generadas por la misma empresa). La Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) participa en el transporte de cargas en conjunto con las empresas privadas: Fepasa y Transap quienes desarrollan las operaciones ofreciendo servicios de transporte a los generadores de carga, mientras EFE provee a estas empresas la infraestructura (derecho de uso de vías, comunicaciones, señalización, mantenimiento) cobrándoles de acuerdo a una estructura de peajes predefinida contractualmente (canon de acceso, peaje fijo y peaje variable), .(«Antecedentes del sector ferroviario», 2021)

En la Red Norte, ubicada al norte de La Calera, las vías no son administradas por EFE, y en cambio, operan empresas privadas desde el siglo XIX sobre concesiones otorgadas por el Estado para la construcción y operación. («Antecedentes del sector ferroviario», 2021)

Dentro de los proyectos más importantes que hoy en día tiene la red de infraestructura ferroviaria nacional de la mano de EFE se encuentran el plan trienal 2020 – 2022 que contempla una inversión de 1831 MMUS\$ y el proyecto “Chile sobre rieles”, el cual fue anunciado en 2019 junto a una inversión por más de 5 mil millones de dólares, con la intención de triplicar para el 2027 la cantidad de pasajeros transportados y duplicar la carga transportada. Esta iniciativa contempla realizar un 56% de la inversión en regiones y un 44% en Santiago, según datos entregados por la propia empresa EFE.

### 1.2.2. Caracterización de proyectos de ampliación y mejoras de EFE

Actualmente, existes dos grandes proyectos presupuestarios por parte de EFE, estos son el plan Trienal 2020 – 2022 y el proyecto “Chile sobre rieles”. El plan trienal, el cual contempla una inversión de 1831 MMUS\$, realizará obras de expansión de proyectos, tanto de pasajeros como de carga, lo cual se contabiliza con un 63,2% del presupuesto, el porcentaje restante será destinado a reposición y normalización de infraestructura, y seguridad y continuidad operacional. Es detalle de la fuente de financiamiento de este proyecto se presenta en la siguiente figura.

<b>Fuentes de Financiamiento PT 2020-2022</b>	<b>PT 2020-2022 MMUS\$</b>
Saldo Financiamiento arrastre Planes Trienales Anteriores	49,0
Aporte Fiscal	151,5
Bonos en Mercado Local o Internacional	1.611,7
Recursos Internos	19,5
<b>Total Plan Trienal 2020-2022</b>	<b>1.831,7</b>

*Ilustración 1: Fuente de financiamiento Plan trienal. Fuente: Ejecución presupuestaria a Julio, EFE.*

En cuanto al proyecto “Chile sobre rieles”, el cual supone una inversión de más de 5 mil millones de dólares, este tiene como misión el mantenimiento y ampliación de la red ferroviaria, promoviendo la interconexión con los servicios ya existentes y con la red de Metro para los proyectos de la región metropolitana, en particular se prevé destinar un 32,7% del presupuesto a infraestructura y tecnología en vías ya existentes y el porcentaje restante a proyectos destacados de gran impacto según datos publicados por la misma empresa. El detalle de la inversión y los distintos proyectos a impactar se pueden apreciar en la figura 2.

Servicios	Inversiones Totales	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Extensión Merval Quillota - La Calera	443		RCA	Obras La Calera				15 trenes	Inicio Operación
Metrotren Nos	55		4 trenes						
Metrotren Rancagua	48		8 trenes						
Metrotren Melipilla	1.554	RCA	Obras				22 trenes		Inicio Operación
Metrotren Batauco	668	RCA	Obras				8 trenes		Inicio Operación
Tren Chillán-Alameda	115		Obras	6 trenes	Inicio Operación				
Tren Talca-Constitución	14		3 Buscarriles						
Biotren	275		9 trenes	Obras Biotren		10 trenes			Inicio Operación
Puente Biobío	210	RCA	Obras Biotren						Inicio Operación
Extensión Lirquén	74			Obras Concepción-Lirquén				4 trenes	Inicio Operación Lirquén
Extensión Lota	48			Obras Coronel-Lota		2 trenes			Inicio Operación Lota
Corto Laja	16		3 trenes						
Metrotren Araucanía	188	Obras Padre Las Casas	3 trenes	Inicio Operación Padre Las Casas	Obras Temuco-Gorbea				Inicio Operación Victoria-Gorbea

Ilustración 2: Detalle inversión proyecto “Chile sobre rieles”. Fuente: Ejecución presupuestaria a Julio 2020, EFE.

Dentro de los subproyectos de gran impacto que prevé “Chile sobre rieles”, se encuentran:

- Alameda – Melipilla:** El proyecto de tren de pasajeros a Melipilla contempla una inversión estimada de 1.554 millones de dólares para la habilitación de un servicio de transporte de pasajeros cómodo, seguro y confiable para 8 comunas de la Región Metropolitana: Estación Central, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Peñaflo, Talagante, El Monte y Melipilla.

La iniciativa, que permitirá ahorros de hasta más de 2 horas diarias de tiempo de viaje, considera 11 estaciones en un trayecto de 61 kilómetros de extensión, con tres vías hasta Malloco (dos de pasajeros y una de carga) y dos hasta Melipilla (una de pasajeros y una de carga), junto con conexión con líneas 1 y 6 de Metro.

Se estima que el nuevo trazado tendrá una demanda aproximada de 50 millones de pasajeros por año para un área de influencia de más de un millón 100 mil habitantes («Alameda - Melipilla», 2020)

- **Santiago – Batuco:** El proyecto de tren de pasajeros a Batuco contempla una inversión estimada de 650 millones de dólares para la habilitación de un servicio de transporte de pasajeros cómodo, seguro y confiable para 5 comunas de la Región Metropolitana (Lampa, Quilicura, Renca, Quinta Normal y Santiago) que permitirá ahorros de más de 2 horas diarias de tiempo de viaje.

El proyecto considera 8 estaciones en un trayecto de 27 kilómetros de extensión, con tres vías hasta Las Industrias (dos de pasajeros y una de carga) y dos hasta Batuco (una de pasajeros y una de carga) y conexión con líneas 5, 7 y 3 de Metro.

Se estima una demanda aproximada de 22 millones de pasajeros por año para un área de influencia de cerca de un millón de habitantes.

El proyecto considera la compra de 10 trenes nuevos y contará con tarifa integrada a RED mediante la tarjeta BIP, entre Santiago y Las Industrias (Quilicura). Entre Las Industrias y Batuco, el pago se realizará por tramo recorrido, tal como ocurre en Metro Valparaíso y Metrotren Rancagua.

Se estima el inicio de su operación durante 2025 («Santiago - Batuco», 2020)

- **Puente Biobío:** Con 130 años de operación y una vía operativa, el actual puente ferroviario sobre el río Biobío requiere ser reemplazado por una estructura que entregue el soporte que requieren los nuevos proyectos que se desarrollarán en la región.

El nuevo puente ferroviario sobre el río Biobío unirá las comunas de Concepción y San Pedro de la Paz, aguas abajo de la actual estructura, que data de fines de siglo de XIX.

El proyecto contempla la construcción de un nuevo viaducto de 1.8 kilómetros de longitud con dos vías electrificadas para el uso mixto de trenes de carga y pasajeros. Las obras civiles y la puesta en marcha tienen una duración estimada de 42 meses desde su inicio y durante la ejecución del proyecto se mantendrá siempre la operatividad del servicio Biotren entre Concepción y Coronel mientras se ejecuten los trabajos.

La nueva estructura estará fundada en base a pilotes con profundidades de entre 28 y 46 metros y considera sistemas de evacuación de aguas lluvia, iluminación, confinamiento de la faja vía y diseño arquitectónico. Asimismo, integra la instalación de pantallas acústicas a la salida del túnel, el mejoramiento del paisaje y el rediseño del patio maniobras ubicado en la boca sur.

A su vez, se construirá un nuevo túnel a través del Cerro Chepe excavado en roca, que tendrá dos vías férreas y una de longitud de 320 metros y contempla obras de paisajismo en sus dos accesos.

La inversión estimada del proyecto es de 220 millones de dólares. («Puente Bio bio», 2020).

### 1.2.3. Descripción de la metodología BIM

BIM es el acrónimo de *Building Information Modeling* y se define como, un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. («Plan BIM», 2021)

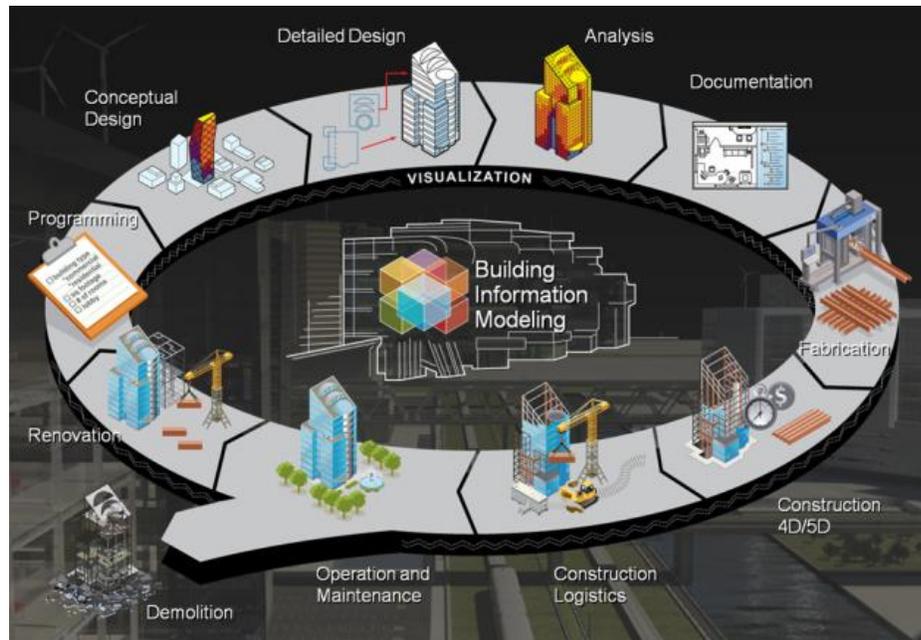


Ilustración 3 Descripción gráfica de BIM. Fuente: <https://hydroasle.com/>

BIM es considerada una de las tecnologías más revolucionarias en la industria de la construcción, su aplicación supone una serie de beneficios, que van desde la mejora de la administración de datos hasta una mejor visualización de los proyectos con el uso de modelos 3D. Es una tecnología que facilita las comunicaciones entre las distintas especialidades que conforman las diferentes etapas de un proyecto de construcción, advirtiendo y previniendo problemas de manera anticipada, aumentando así la productividad y eficiencia de recursos en la obra, todos estos procesos se llevan a cabo dentro de maquetas tridimensionales que son desarrolladas antes de la construcción y son actualizadas en procesos as-built, esto hace referencia a tener prototipos virtuales a lo largo de todo el proyecto facilitando todos los procesos de toma de decisión para aplicaciones prácticas. Además, todo el proceso que acompaña la metodología BIM tiene un enfoque sustentable, tanto del punto de vista de recursos físicos como de recursos energéticos, e incluso de información.

Por supuesto, los muchos beneficios de la implementación de BIM se ven reflejados en los costos de la obra, donde según la consultora americana Oliver Wyman, estiman que

el uso de BIM puede suponer un ahorro de entre un 15 y un 25% de los costes.

En cuanto a la forma de trabajo dentro de BIM llevada a palabras más sencilla, y basándose en palabras de Jorge Simpson, socio de CHS-Group, una importante oficina de arquitectura chilena, se pueden entender como modelos de trabajos virtuales, los cuales poseen datos de todo el ciclo de vida de un proyecto en tiempo real, donde las actualizaciones realizadas por las distintas especialidades quedan plasmadas en un solo lugar y es información de dominio de todos los actores del proyecto. Dentro del modelo se puede ver claramente el espacio geográfico, el estudio de cabida, la evaluación económica, el estudio de sobras, la estructura, especificaciones técnicas de los materiales con sus diferentes categorías, se pueden visualizar también las distintas etapas de la construcción, su planificación y posibles interferencias en la etapa constructiva, podemos cargar al modelo de tantos datos como tengamos a disposición, todo sin poner una sola grúa en terreno. Además, existen beneficios con respecto a la centralización de datos, puesto que los documentos se relacionan entre sí, donde si alguna parte del proyecto sufre una modificación, el resto de los elementos se actualizan automáticamente. También existen grandes beneficios con respecto al mantenimiento de las obras luego de entregadas, puesto que BIM acompaña al proyecto incluso después de culminar su construcción, donde no solo mantiene toda la documentación necesaria para obras futuras, sino que se sigue cargando con más información, como son, por ejemplo, el historias de mantenciones de las distintas partes del proyecto, las fechas en que se deben realizar mantenciones, el nombre de los encargados de ellas y gestionar una serie de documentos que se generan posterior al término de la construcción.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

El trabajo de título cuenta con el objetivo general de realizar una revisión técnica de la tecnología BIM aplicada a proyectos de infraestructura ferroviaria.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Determinar alcances y uso eficiente de la metodología BIM que respondan a las necesidades de EFE para proyectos de mejoras y ampliación.
2. Determinar datos y parámetros necesarios en los modelos para poder administrar y gestionar la operación de nuevos proyectos.
3. Determinar herramientas de la plataforma para la planificación, coordinación y programación de tareas en los proyectos.
4. Evaluar de forma correcta el uso de un entorno común de datos para la administración de información de los distintos proyectos de EFE.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Revisión bibliográfica**

Se realiza una recopilación y estudio de los diferentes manuales disponibles sobre la metodología BIM y los programas en los que es aplicable, además de la recolección de datos e información de publicaciones realizadas por autores que estudian temas similares con enfoque en infraestructura ferroviaria tanto nacional como internacional.

#### **3.2. Análisis de la información y resultados**

Con los resultados obtenidos, se presenta y plantean opciones para la aplicación de la tecnología BIM en los proyectos actuales y futuros de la empresa EFE.

### **4. Resultados Esperados**

Los resultados esperados son:

- Realizar un levantamiento de necesidades de los proyectos de EFE e identificar posibles soluciones aplicables mediante el uso de BIM.
- Realizar una revisión bibliográfica para lograr caracterizar la metodología BIM aplicada a proyectos de infraestructura.
- Adaptar la metodología BIM a los requerimientos, exigencia y realidad de la empresa EFE
- Aprovechar el uso de herramientas de la plataforma para coordinación y programación de tareas en los proyectos.
- Mostrar claramente los beneficios el uso de la metodología BIM

## Capítulo II

### 5. Estado y contexto para la investigación

#### 5.1. Metodología BIM

##### 5.1.1. Contexto mundial de la metodología BIM

El nacimiento de la metodología BIM lo podemos ubicar geográficamente en Estados Unidos alrededor de los años 80, país que tuvo un gran impulso en las etapas iniciales de la implementación de la metodología, pero que con el pasar de los años y una serie de obstáculos que tienen relación con la falta de coordinación y estandarización pública a nivel federal se ha ido quedando atrás en comparación de algunos países de la Unión Europea. Aun así, en los últimos años han vuelto a retomar el impulso inicial sobre la metodología BIM trabajando precisamente en los puntos que les causaron complicaciones en épocas pasadas, mediante la aplicación de medidas y normativas que aseguran la estandarización y colaboración en el rubro, lo que ha permitido un mayor progreso en la productividad constructiva del País.

Para lograr dimensionar la importancia que tiene BIM y su aplicación en los distintos proyectos de construcción, se hace necesario entender el alcance global que tiene esta metodología, en donde podemos encontrar países como Australia, quienes entre 2010 y 2018 han estado constantemente impulsando el uso de BIM siguiendo de cerca la implementación realizada en Reino Unido. Actualmente el gobierno australiano solicita BIM como requisito fundamental en todos los principales concursos, con especial énfasis en los megaproyectos. Si nos vamos al continente asiático también encontramos ejemplos de grandes potencias que llevan tiempo utilizando BIM como es el caso de China, quienes desde el 2016 han tenido un crecimiento explosivo en el desarrollo de la metodología en empresas de construcción y arquitectura, si bien su uso aún no constituye una obligación, si es altamente recomendado y valorado por los estamentos gubernamentales del país, quienes han realizado una gran difusión en cuanto a la eficiencia que permite alcanzar el trabajar con esta metodología. En países sudamericanos la implementación de BIM comenzó con un retraso considerable con respecto a las grandes potencias mundiales, y si bien se han realizado esfuerzos en muchos países para adaptarse a las exigencias constructivas que proponen el contexto mundial, la realidad es que Chile, Perú y Colombia son los principales países del continente que han impulsado el uso de la metodología con planes normativos que hoy en día se materializan en exigencias para los proyectos públicos, existen casos particulares como Argentina y Brasil que llevan la implementación de la metodología a un ritmo diferente y con medidas no tan exigentes como la han planteado otros países, pero que de todos modos van encaminados a la adaptación.

El caso europeo merece un análisis por sí solo, puesto que son líderes mundiales en el uso de BIM, principalmente en Reino Unido y algunos países escandinavos, es precisamente en estos lugares donde la metodología ha alcanzado su mayor auge y nivel de proliferación. Bajo este contexto es que el modelo inglés, que introdujo la aplicación obligatoria de BIM en proyectos públicos desde el 2011, ha servido de inspiración y un camino a seguir para muchos países del mundo, mostrando grandes beneficios en la industria y logrando sortear los distintos obstáculos que había, hasta ese entonces,

detenido la proliferación de BIM en países como Estados Unidos. Hoy en día las directrices de cómo aplicar la metodología, sus buenas prácticas y la mayoría de proyectos como ejemplos de éxitos del modelo lo podemos encontrar en Reino Unido, donde cerca de un 80% de todas las empresas de arquitectura del país han adoptado su uso. El éxito de la utilización de BIM no radica en la especialización que puedan tener las grandes empresas, sino que es precisamente en el lado opuesto donde triunfó el modelo inglés, puesto que realizaron un enfoque de rápida adaptación para las pequeñas empresas, este fue el paso clave para concretar el uso de la metodología a nivel país de tan buena manera. Es claro que un ejemplo de uso tan potente de la metodología BIM como el de Reino Unido fue un aliciente para que demás países de la unión europea siguieran sus pasos, y es precisamente por esto que la mayor y mejor utilización de BIM se encuentra en el viejo continente, quienes constantemente están perfeccionando la metodología, su forma de uso y los alcances que tiene, siendo así un modelo perseguido por muchos países a nivel mundial, donde por supuesto, también se encuentra Chile.

### **5.1.2. Contexto nacional de la metodología BIM**

El uso y exigencia de la metodología BIM a nivel nacional en proyectos públicos ya es un hecho, al menos del punto de vista normativo, en cuanto a la forma en que se lleva a cabo y su nivel de maduración dentro de la industria es posible encontrar diferentes versiones sobre este mismo punto, donde hay sectores específicos en los cuales su implementación ha resultado de muy buena manera, como lo es por ejemplo la construcción de infraestructura hospitalaria, así como también hay otros sectores, como las obras de vialidad, en los que la metodología queda más a la deriva, principalmente porque la normativa vigente apunta más que nada a edificación.

En datos concretos, desde el año 2016 el comité de transformación digital de Corfo ha impulsado el llamado “Plan BIM”, que es un proyecto pensado a 10 años que pretende la transformación hacia lo digital del rubro de la construcción mediante el uso de la metodología BIM asegurada mediante la materialización de exigencias en los proyectos de construcción. Dentro de lo que plantea el “Plan BIM” existe un primer hito muy marcado que se puede apreciar en la actualidad, donde a 2020 se pretende utilizar la metodología BIM en todo proyecto de edificación e infraestructura pública. Los objetivos planteados pretenden ser alcanzados bajo un trabajo en conjunto de distintas instituciones públicas y con el apoyo de todos los sectores que participan en el rubro de la construcción, materializando esto mediante capacitaciones, charlas, talleres y distintas actividades que permitan acceder a la información y al nivel de especialización suficiente como para poder llevar a cabo procesos con esta exigencia en particular. Es bajo este mismo contexto que durante el 2018 se desarrolló el Estándar BIM para proyectos públicos, basado en normativas, protocolos y guías BIM ya existentes, y adaptadas para el contexto nacional.

La idea detrás de la implementación de esta metodología, según palabras del director ejecutivo el comité de transformación digital, es reducir el costo de capital y operacional en los procesos de construcción, tanto en proyectos públicos como privados, haciendo también con esto los procesos más transparentes, trazables, y eventualmente, construir más infraestructura con la misma inversión actual.

En la actualidad, según datos recogidos durante el 2020 por Plan BIM, el porcentaje de

la inversión de licitaciones de diseños con BIM de la dirección de arquitectura del MOP es de un 53%, lo que muestra algún tipo de retraso con respecto a lo planteado en un comienzo, pero que junto con la materialización del estándar BIM para proyectos públicos, más la proyección de aumento en la exigencia de BIM considerando años anteriores, nos indican que sin duda el proyecto va por buen camino, y la transición a un segundo paso del Plan BIM se comienza a concretar, buscando que la utilización de BIM avance a mostrar mayores beneficios de tiempo y costos para una aplicación más completa de cara a la búsqueda de un segundo gran hito a cumplir.

### **5.1.3. Uso de BIM en infraestructura, beneficios y experiencias**

La metodología BIM suele concentrar sus aplicaciones en proyectos de edificación, es precisamente en ese contexto donde encontramos una mayor cantidad de ejemplos, pero esto no quiere decir que la metodología se limite a este tipo de obras. En proyectos de infraestructura también es altamente recomendable y muy beneficiosa la implementación de BIM, entendiendo como proyectos de infraestructura las carreteras, puertos, proyectos eléctricos, proyectos ferroviarios, dentro de otros.

Es este contexto el uso de BIM ya consta con una gran gama de proyectos realizados, en los cuales se han podido observar una serie de beneficios importantes, en particular se centra el análisis en los proyectos de infraestructura que contemplan obras lineales, como caminos y trazados ferroviarios. En dichos proyectos se logran apreciar beneficios mencionados en secciones anteriores, tales como la minimización de errores, omisiones o interferencias en las etapas previas del proyecto, mejora de la colaboración entre los equipos de trabajos y las distintas especialidades, dentro de otros beneficios propios de la metodología BIM como la visualización de maquetas tridimensionales, que para el caso de proyectos lineales nos permite mantener un control de cada espacio de un proyecto que abarca muchos kilómetros, generando oportunidades de control sobre la infraestructura así como también generando oportunidades de realizar monitores sobre las capas de trabajo y cuadrantes específicos, además permite la interacción de los trazados lineales con las estructuras puntuales y las obras de arte en un solo prototipo logrando una visión completa del proyecto casi como si se tratara de una sola especialidad, donde existen softwares específicos para el caso de estos trazados que son capaces de mostrar exactamente la información de interés para cada especialidad y medio de transporte, como el ferrocarril en este caso. Pero además, existe una mayor dimensión en la administración de información, en donde la base de datos se hace más importante al tener un proyecto de gran extensión, debido a que adicional a los datos internos del proyecto, tales como propiedades de los materiales, en qué etapa fueron incluidos, quienes son los encargados de incluir un determinado material, entre otras cosas, también podemos incluir información externa al proyecto como condiciones ambientales, sociales, geológicas, hídricas y acopios. Todo esto nos ayuda a generar ingeniería con mayor información, crear modelos que se adapten a las necesidades y limitaciones del ambiente donde están emplazados y tener una mejor percepción de la obra a construir.

Sumado a lo anterior, un proyecto de infraestructura genera un gran volumen de documentación, en este aspecto BIM es una importante herramienta para la generación automática de esta, puesto que puede tabular y extraer información del proyecto

asignándola en las secciones correspondiente, generando entregables más claros donde no esté incluido el factor humano en el traspaso de información. Toda esta información es muy difícil de administrar considerando la extensión de los proyectos y su vinculación con otras obras, que pueden ser propias del mismo proyecto (edificaciones, estaciones u otras) o pueden ser externas (proyectos de infraestructura que conviven en el mismo ambiente), por lo que la metodología cobra una gran importancia a la hora de mantener la información centralizada e integrada con los datos de estudio y diseño.

Si bien es altamente beneficiosa la utilización de BIM en etapas de ingeniería y ejecución de obras de infraestructura, también genera grandes beneficios continuar con su utilización en etapas de explotación del proyecto, donde el modelo, mediante la utilización de herramientas como sensores, puede ir generando información en tiempo real, lo que puede ayudar a detectar posibles problemas antes de que ocurran o ir tomando medidas correctivas sobre situaciones que antes era muy difícil incidir, como por ejemplo medidas de seguridad pública, sostenibilidad y eficiencia.

Solo a modo de ejemplificar esta situación, mediante la aplicación de la metodología BIM en etapa de ingeniería, ejecución y explotación del proyecto Keystone Parkway en Indiana, que es a grandes rasgos la unión de dos autopistas donde confluyen tanto vehículos motorizados, peatones y bicicletas, en el cual se generó el diseño considerando estadísticas del tráfico y la información demográfica de la ciudad, su obtuvo como resultado tangible una disminución de un 78% las lesiones personales en las intersecciones a un determinado radio del cruce de las autopistas, además los funcionarios locales pudieron establecer un mejor control del tráfico mediante la utilización de sensores y la gestión automatizada de los flujos en hora picos, lo que redujo las emisiones al tener a los vehículos menos tiempo sin avanzar. También se logró prever mejores esquemas de mantenimiento donde mediante escaneos laser se pueden detectar patrones de deterioro primario y sutiles en las vías, lo que permite aplicar medidas preventivas y no correctivas, generando así una mejor rentabilidad y eficiencia en la operación del proyecto.

## **5.2. Infraestructura ferroviaria de EFE**

### **5.2.1. Caracterización del trazado ferroviario de EFE.**

El trazado ferroviario de EFE se caracteriza por cumplir la doble función del traslado de pasajeros y el traslado de cargas. Es bajo este contexto que se hace muy importante entender que existen vías exclusivas para el transporte de cargas o pasajeros y otras que cumplen con la doble función mencionada y que es dentro de esos propósitos que nacen diferentes necesidades sobre los trazados y sus operaciones.

En cuanto al transporte de pasajeros, en la actualidad EFE cuenta con una serie de servicios principalmente en la zona centro sur del país. En particular cuenta con los trazados del Metrotren a Nos, Metro Valparaíso, Biotren, Metrotren Rancagua, Buscarril, Corto Laja, Victoria Temuco, Tren Chillan, Arica – La Paz y otros tramos denominados turísticos, entre los cuales suma alrededor de 50 millones de pasajeros al año (SEP, 2019), donde la demanda ha ido al alza en la última década según cifras entregadas por la misma empresa y por el SEP anualmente. Es decir, existe un nivel de pasajeros y proyecciones auspiciosas que permiten pensar que la ampliación de la red de EFE es

una necesidad a nivel país, lo que se ha visto materializado en proyectos ferroviarios desarrollados e impulsado en los últimos años, siendo el más importante el programa llamado “Chile sobre Rieles”.

En cuanto al trazado con objetivo de movilizar carga, el cual consta de más de 1600 Km según lo indicado por la empresa EFE, este conecta desde la ciudad de Puerto Montt hasta La Calera, donde anualmente se transportan 10 millones de toneladas de carga, y se contemplan servicios para empresas del rubro minero, forestal, industrial, contenerizada y agrícola. Este método de transporte propone una serie de beneficios dentro de los cuales se contempla una disminución de 80% en las emisiones de CO2 comparado con el transporte en camiones, una gran confiabilidad en sus itinerarios y una baja tasa de accidentabilidad y robos, lo que, en el contexto actual, lo propone como un gran candidato para aumentar su participación en el transporte de cargamento. (EFE, 2020)

### 5.2.2. Actuales proyectos de mejora y ampliación de la Red de EFE

La red de EFE, constantemente se encuentra en procesos de mejora, mantención y ampliación, en la actualidad la empresa cuenta con 6 grandes proyectos que se están llevando a cabo, los cuales se detallan a continuación.

- **Extensión metro Valparaíso a Quillota y La Calera:** *El proyecto de extensión de Metro Valparaíso entre Limache y La Calera considera un trazado de 26 kilómetros con dos vías de tránsito para el servicio de pasajeros y una tercera vía para el transporte de carga.*

*Asimismo, el futuro servicio contempla la construcción de 5 estaciones y 15 trenes nuevos, con una demanda anual estimada de cerca de 12 millones de pasajeros (EFE, 2020)*

- **Nuevo servicio Chillán – Alameda:** *El Nuevo Servicio Chillán-Alameda busca establecer una alternativa de transporte de alto estándar para cubrir el tramo de 397,6 kilómetros entre la capital de la región de Ñuble y Santiago.*

*Es servicio permitirá entregar un mayor estándar de seguridad, comodidad, regularidad y confiabilidad, junto con tiempos de viaje de cuatro horas para los servicios regulares, lo que implica un ahorro de dos horas en viajes de ida y regreso respecto de buses y una hora respecto de la situación del servicio de trenes existente (ida y vuelta).*

*También considera servicios expresos que permitirán conectar Chillán y Santiago en tres horas y cuarenta minutos, lo que implica un ahorro de dos horas y cuarenta minutos en viajes de ida y vuelta en comparación con el bus. (EFE, 2020)*

- **Mejoramiento ramal Talca – Constitución:** *El proyecto considera una inversión cercana a los 13,7 millones de dólares e incluye cuatro áreas de trabajo: adquisición de nuevos buscarriles; construcción de un nuevo centro de mantenimiento para el material rodante; rehabilitación de la vía y reparación y recuperación de estaciones y paraderos, ámbito en el que EFE cuenta con el apoyo del Gobierno regional del Maule.*

*En este contexto a la fecha el proyecto de renovación de la vía férrea del ramal ya se encuentra ejecutado, y se encuentra en curso la licitación pública el proceso de compra del material rodante. Estas obras cuentan con la aprobación técnica del Consejo de Monumentos Nacionales (las vías y estaciones son Monumento Histórico). Esta nueva infraestructura permitirá acortar los tiempos de viaje de las 3 horas y 13 minutos actuales, a solo 2 horas y media, considerando las detenciones en las estaciones del tramo. (EFE, 2020)*

- **Puente Biobío:** *Con 130 años de operación y una vía operativa, el actual puente ferroviario sobre el río Biobío requiere ser reemplazado por una estructura que entregue el soporte que requieren los nuevos proyectos que se desarrollarán en la región.*

*El nuevo puente ferroviario sobre el río Biobío unirá las comunas de Concepción y San Pedro de la Paz, aguas abajo de la actual estructura, que data de fines de siglo de XIX.*

*El proyecto contempla la construcción de un nuevo viaducto de 1.8 kilómetros de longitud con dos vías electrificadas para el uso mixto de trenes de carga y pasajeros. Las obras civiles y la puesta en marcha tienen una duración estimada de 42 meses desde su inicio y durante la ejecución del proyecto se mantendrá siempre la operatividad del servicio Biotren entre Concepción y Coronel mientras se ejecuten los trabajos.*

*La nueva estructura estará fundada en base a pilotes con profundidades de entre 28 y 46 metros y considera sistemas de evacuación de aguas lluvia, iluminación, confinamiento de la faja vía y diseño arquitectónico. Asimismo, integra la instalación de pantallas acústicas a la salida del túnel, el mejoramiento del paisaje y el rediseño del patio maniobras ubicado en la boca sur.*

*A su vez, se construirá un nuevo túnel a través del Cerro Chepe excavado en roca, que tendrá dos vías férreas y una de longitud de 320 metros y contempla obras de paisajismo en sus dos accesos. (EFE, 2020)*

- **Santiago – Batuco:** *El proyecto de tren de pasajeros a Batuco contempla una inversión estimada de 650 millones de dólares para la habilitación de un servicio de transporte de pasajeros cómodo, seguro y confiable para 5 comunas de la Región Metropolitana (Lampa, Quilicura, Renca, Quinta Normal y Santiago) que permitirá ahorros de más de 2 horas diarias de tiempo de viaje.*

*El proyecto considera 8 estaciones en un trayecto de 27 kilómetros de extensión, con tres vías hasta Las Industrias (dos de pasajeros y una de carga) y dos hasta Batuco (una de pasajeros y una de carga) y conexión con líneas 5, 7 y 3 de Metro.*

*Se estima una demanda aproximada de 22 millones de pasajeros por año para un área de influencia de cerca de un millón de habitantes. (EFE,2020)*

- **Alameda – Melipilla:** *El proyecto de tren de pasajeros a Melipilla contempla una inversión estimada de 1.554 millones de dólares para la habilitación de un servicio de transporte de pasajeros cómodo, seguro y confiable para 8 comunas de la Región Metropolitana: Estación Central, Cerrillos, Maipú, Padre Hurtado, Peñaflor, Talagante, El Monte y Melipilla.*

*La iniciativa, que permitirá ahorros de hasta más de 2 horas diarias de tiempo de viaje, considera 11 estaciones en un trayecto de 61 kilómetros de extensión, con tres vías hasta Malloco (dos de pasajeros y una de carga) y dos hasta Melipilla (una de pasajeros y una de carga), junto con conexión con líneas 1 y 6 de Metro.*

*Se estima que el nuevo trazado tendrá una demanda aproximada de 50 millones de pasajeros por año para un área de influencia de más de un millón 100 mil habitantes. (EFE, 2020)*

## **6. Antecedentes**

Para la realización de esta tesis, específicamente en el capítulo de parámetros aplicables al modelo, se utiliza como antecedente importante el trabajo realizado el año 2020 por Felipe Alejandro Contreras Soto en su tesis para optar al grado de ingeniero civil de la Universidad de Chile “Guía para la implementación de Smart Building en hospitales y análisis del caso del nuevo Hospital del Salvador e Instituto Nacional de Geriátrica en Santiago de Chile” de donde se obtienen metodologías resueltas de captación de datos para el uso en un modelo BIM mediante la utilización de sensores.

También en el capítulo de parámetros aplicables al modelo, se utiliza como antecedente importante el trabajo realizado por Alexandre Vidal Muro el año 2009 en su tesis disponible en el repositorio de la Universidad Politécnica de Cataluña “Vibraciones en las vías de ferrocarril” de donde se obtienen relaciones directas entre parámetros medibles y patologías presentes en vías férreas.

## **7. Bases legales**

Sobre el marco legal que rige en el contexto ferroviario, su principal regulación se encuentra descrita en la ley general de ferrocarriles que data del año 1925, por medio del decreto de ley N°342 y sus modificaciones aprobadas en el decreto N°1157 de 1931. Además, la ley orgánica de Empresa de Ferrocarriles del estado, decreto con fuerza de ley (DFL) 1 de 1993, clarifica posibilidades sobre métodos de explotación para EFE y aclara relaciones presupuestarias de la empresa con los aportes fiscales.

Sobre el marco legal que rige para esta tesis, se declara que EFE entregó información de carácter confidencial al autor, dicha información y su trato específico se encuentran normados por un acuerdo de confidencialidad firmado por las partes, del cual no se entrega mayor detalle.

## Capítulo III

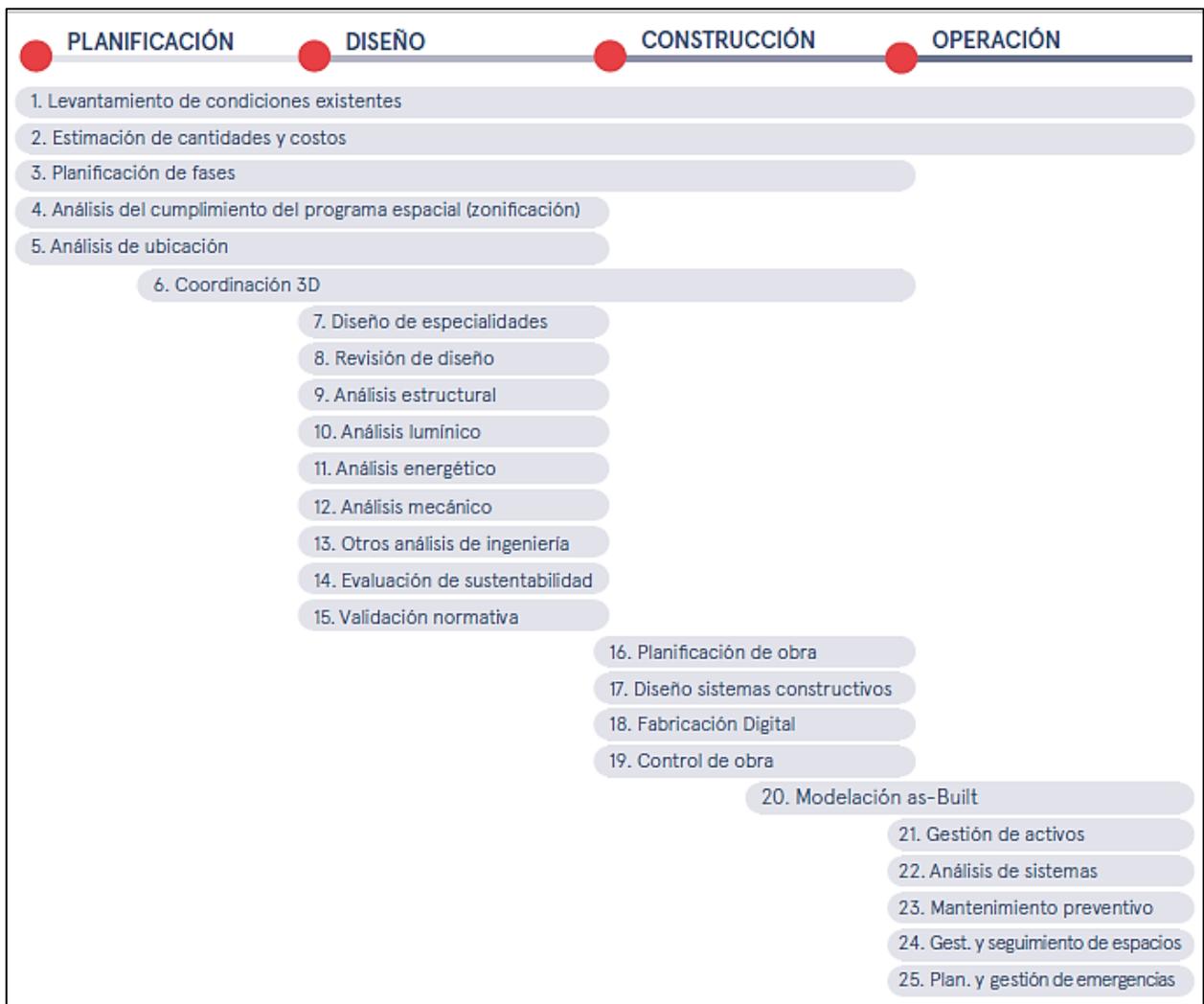
### 8. Determinación de alcances y uso eficiente de la metodología BIM en EFE

En este capítulo se realiza una revisión de la normativa nacional vigente para el uso de BIM, indicada en el estándar BIM publicado por PlanBIM. En particular se abordan los usos propuestos para la aplicación de la metodología, seguido de un análisis específico de las problemáticas presentadas por la empresa EFE y una revisión de su plan actual de implementación BIM, para luego terminar con una identificación de usos que cubren las necesidades planteadas desde el punto de vista del mandante y administrador de infraestructura. Todo esto se realiza con la intención de identificar usos que EFE debería implementar en un plan de ejecución BIM para obtener así beneficios en sus áreas que hoy en día generan más complicaciones.

#### 8.1. Usos identificables de la metodología BIM en un proyecto de construcción

Dentro de la amplia gama de posibilidades de aplicación de la metodología BIM existen determinados usos, donde algunos apuntan al modelado en BIM (Donde hace sentido el entendimiento de acrónimo Building Information Modeling) y otros apuntan a la administración de un proyecto en BIM (donde se hace más certero el entendimiento del acrónimo como Building Information Manager), específicamente son 25 los usos que han sido detallados en el estándar BIM publicado por PlanBIM, que es el documento oficial que detalla la normativa aplicable a los proyectos de construcción en el contexto nacional. Es necesario comentar que los usos nacen de necesidades de información sobre los modelos BIM, es decir, cada uso corresponde a una necesidad dentro del proyecto que deben ser rescatados antes de iniciar el mismo.

Los 25 usos y su distribución temporal a lo largo de las etapas de un proyecto de construcción se presentan en la ilustración 4.



*Ilustración 4: Usos BIM. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM.*

Luego, el detalle de los 25 usos, según consta en el documento estándar BIM para proyectos públicos (PlanBim, 2019), se muestran en el Anexo 1 de este documento.

## **8.2. Identificación de problemáticas y situaciones de baja eficiencia en proyectos de EFE**

Los proyectos de infraestructura ferroviaria en EFE, en su mayoría, generan dificultades constructivas y organizativas ya que se desarrollan y ejecutan sobre las condiciones existentes, es decir, sobre infraestructura y vías operativas con tráfico de trenes sin interrupciones. Dentro de este punto se hace patente la necesidad de tener información actualizada de las condiciones sobre las cuales se ejecutarán los proyectos, que en este caso corresponden a la misma infraestructura en operación. Dentro de esa descripción entran los proyectos de ampliación y reparación de vías, así como también los mega proyectos que contemplan construcción de nuevas líneas de trenes, pero que se emplazan en terrenos de vías operativas, por lo cual de todas formas interfieren con las vías existentes.

Los métodos constructivos propuestos para el desarrollo de trabajos sobre la infraestructura existente son un punto de extrema preocupación, pues se deben adaptar a las condiciones de operación, por lo cual la información del proyecto debe ser muy certera y confiable, tal que la planificación permita una construcción que garantice la continuidad del servicio.

Otro foco de problemas recurrente es la integración de especialidades técnicas del ferrocarril, entiéndase por esto obras civiles, sistemas ferroviarios (electricidad, señales, comunicación), mecánica y TI, así como sus múltiples disciplinas. Esta situación problemática que termina siendo una situación de baja eficiencia, no solo se presenta en etapas de planificación diseño y construcción, sino que también se presenta en etapas de operación, particularmente en el mantenimiento que es una acción que depende de la administración de EFE, donde actualmente se ejecutan planes de mantención preventiva, que son procesos que requieren coordinación de especialidades, y también se ejecutan una importante cantidad de acciones de mantenimiento correctivo, los cuales son abordados según protocolos internos de EFE, es necesario mencionar, para entender el nivel importancia, que al menos en lo que infraestructura se refiere, la red de EFE no tiene redundancias, por lo que cualquier corte o falla en algún punto implica corte o interrupción de servicios, por lo que todas las obras de mantenimiento (especialmente las correctivas) se desarrollan con esa condicionante.

La gestión ferroviaria se desarrolla en etapas (fases) y en especialidades, las cuales todas concurren al objetivo principal de realizar el servicio de transporte, lo cual genera una gran cantidad de actores especialistas que deben realizar su actividad en una total coordinación y sincronización. Esta situación genera la necesidad de un intenso intercambio de información que debe realizarse de manera oportuna. La información de una especialidad (actor) requerida por otra especialidad (actor) y necesaria para desarrollar su labor se denomina Interface.

El Flujo de Interfaces es voluminoso, complejo y varía con las etapas, lo cual requiere ser gestionado por una unidad especializada que generalmente es la gerencia de Interfaces. La acción de la gerencia de Interfaces que debe ser una unidad permanente en los proyectos y operación ferroviaria es esencialmente importante en los trabajos ferroviarios de renovación, ampliación o mejoras ya que se realizan en líneas en operación y a la complejidad de las interfaces en una etapa determinada se agrega la complejidad histórica y por eso, la gerencia de interfaces es una unidad de vital importancia para la aplicación de tecnología BIM en este tipo de obras.

### **8.3. Estado actual de la implementación BIM en proyectos de EFE**

Actualmente, EFE se encuentra trabajando con la metodología BIM en etapas de planificación, diseño y construcción en dos grandes proyectos, la extensión del tramo Valparaíso – La Calera y el Puente Biobío. Estos proyectos cuentan con un plan de ejecución BIM que se enfoca en definir el proceso de ejecución del modelado y gestión de información del proyecto, especificar los procedimientos de intercambio de información, con sus responsables respectivos y establecer la infraestructura tecnológica y las competencias que tiene el proveedor para el desarrollo del modelado de información en el proyecto.

Mediante el uso de la metodología, se pretenden alcanzar beneficios sobre coherencia en la información, coordinación entre las diferentes disciplinas (Arquitectura, estructura e instalaciones), posibilidad permanente de cuantificación de elementos, reducción de indefiniciones, detección y análisis de colisiones entre elementos, repositorio único de información, control en la gestión de cambios y asegurar la trazabilidad idónea de la información para su posterior uso.

En cuanto a los alcances de PEB que se maneja actualmente en los proyectos de EFE se encuentra desarrollar modelos BIM, métodos constructivos y secuencia de trabajo para edificaciones / Estaciones de pasajeros y subestaciones eléctricas, entre otras, cruces vehiculares desnivelados, pasos peatonales desnivelados y a nivel, y túneles. No contempla el trazado lineal.

De lo anterior se puede desprender que EFE en sus proyectos tiene cubiertas las necesidades de planificación y construcción mediante un plan de ejecución BIM que responde a una serie de requerimientos normativos tanto externos como internos, además de abordar la problemática de coordinación desde una etapa temprana. Si bien la generación del PEB se realiza desde la etapa de planificación, no se define dentro de éste una proyección a la etapa de ejecución, esto pensado como administrador de la infraestructura, dejando un área importante de la metodología BIM sin explotar donde es posible explorar usos más allá de indicado por normativa y que puede traer grandes beneficios para la administración de activos de la empresa y simplificar los procesos de mantención.

#### 8.4. Determinación de grado de madurez BIM en EFE

La implementación de la metodología BIM, que supone un gran trabajo colaborativo entre las distintas partes que conforman un proyecto, se puede situar un grado de madurez compuesto por 4 niveles, desde el 0 al 3, los cuales son mostrados a continuación en el diagrama Bew-Richards para la determinación de madurez BIM.

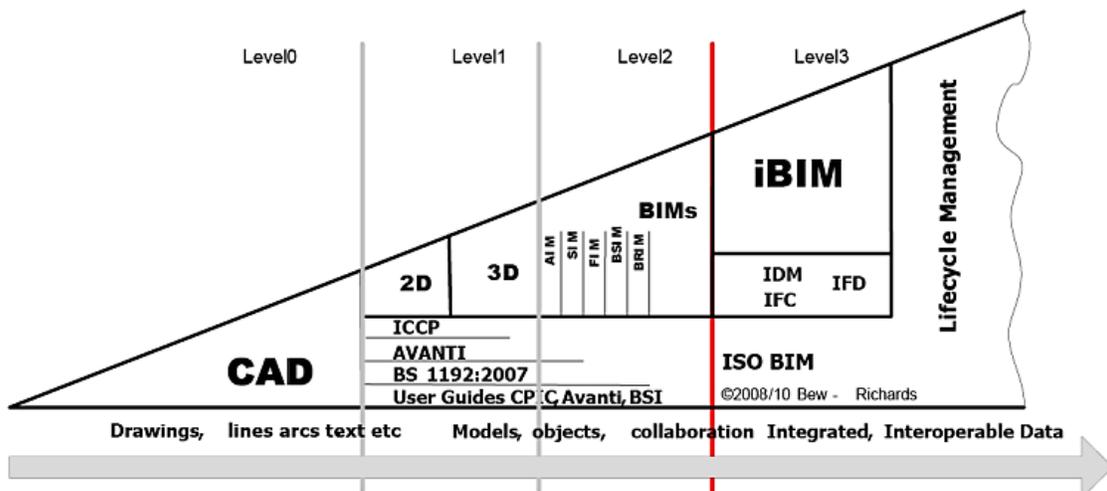


Ilustración 5: Bew-Richards modelo madurez BIM; fuente:

El objetivo de este diagrama es lograr ubicar la implementación BIM en un espacio particular con respecto a su grado de maduración, para desde ese punto, proponer los siguientes pasos a seguir en la búsqueda de una integración total. Para hacer más evidente la definición de cada uno de estos niveles a continuación se presenta una infografía explicativa.

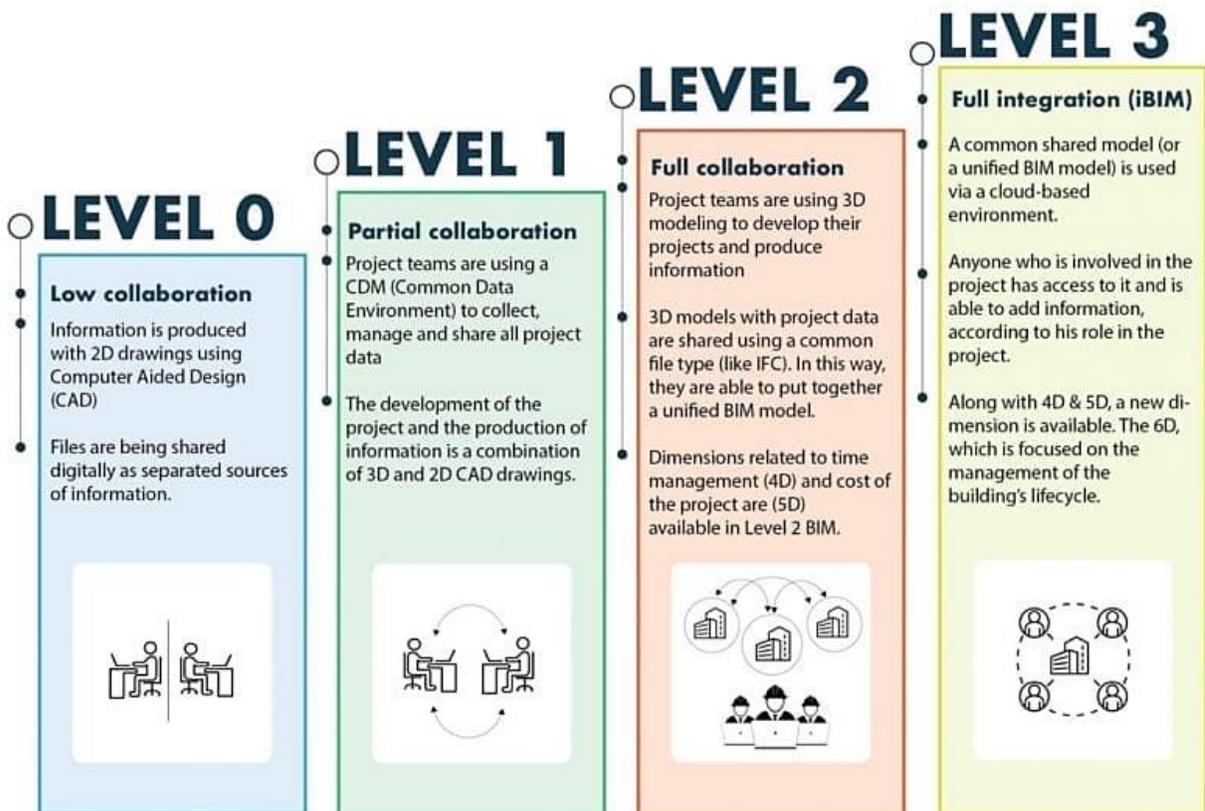


Ilustración 6: Detalle de niveles BIM. Fuente: <https://biblus.accasoftware.com>

Para facilitar la lectura y con la finalidad de no modificar la imagen original, a continuación, se entrega la traducción de la infografía anterior, donde en el nivel 0 especifica “Baja colaboración, información es producida en 2D utilizando diseño asistido por computadora (CAD). Los archivos se comparten digitalmente como fuentes de información separada”; el nivel 1 especifica “Colaboración parcial, los equipos de proyectos usan un CDE para recopilar, gestionar y compartir todos los datos del proyecto. El desarrollo del proyecto y la producción de información es una combinación de dibujos en 3D y 2D dibujados en CAD”; el nivel 2 especifica “Colaboración total, los equipos de proyectos utilizan el modelo 3D para desarrollar sus proyectos y producir información. Los modelos 3D con datos del proyecto se comparten utilizando un tipo de archivo común. De esta manera, pueden armar un modelo BIM unificado. Las dimensiones relacionadas con la gestión del tiempo y el costo del proyecto están disponibles en BIM nivel 2”; el nivel 3 especifica “Integración completa, se utiliza un modelo compartido común a través de un entorno basado en la nube. Cualquiera que esté involucrado en el proyecto tiene acceso a él y puede agregar

información, de acuerdo con su rol en el proyecto. Junto con el 4D y 5D, está disponible una nueva dimensión, el 6D, que se centra en la gestión del ciclo de vida del edificio”.

En virtud de lo mencionado anteriormente, y según la información recogida desde la empresa EFE en sus diferentes proyectos y estado actual del plan de ejecución BIM, se puede identificar que el grado de madurez alcanzado es de nivel 1, donde actualmente los trabajos se centran en dar pasos en la dirección correcta tal que se pueda llegar a un nivel 2 de ejecución completa en el mediano y largo plazo, logrando incorporar las dimensiones 4 y 5 a los modelos generados.

En cuanto a las necesidades planteadas por EFE, con un grado de madurez nivel 2 de ejecución completa, sumado a una inclusión de los usos que respondan a sus necesidades con su respectivo nivel de información (NDI) se logra cubrir de manera total los requerimientos.

### **8.5. Determinación de usos a incluir en la implementación BIM en EFE**

Teniendo en cuenta el flujo de trabajo y el estado actual del plan de ejecución BIM que plantea EFE, en donde se abordan principalmente las etapas de planificación, diseño y construcción, es que se realiza una selección de usos específicos que entregan cobertura a las problemáticas planteadas por EFE abordadas desde el punto de vista del mandante y administrador de infraestructura. Cabe destacar que estos usos se plantean como necesarios de contemplar desde la etapa de planificación y diseño, aun cuando su aplicación y beneficios como tal se proyectan a la etapa de ejecución, entendiendo el beneficio en el área de administración de infraestructura y no ejecución como tal, esto pues quienes operan sobre las vías son contratistas externos a EFE. En consecuencia, el análisis propuesto implica que, si bien el objetivo final será planteado para etapas de ejecución, su uso debe ser exigido en etapas de licitación y trabajado en conjunto con las empresas que ejecuten las fases de planificación, diseño y construcción, siendo estos usos complementarios a los propios definidos para las diferentes etapas mencionadas, donde, por su puesto, sus beneficios serán apreciables durante todo el proyecto.

De los 25 usos definidos en el plan BIM, los cuales son abordados en mayor detalle con un análisis particular para el caso de proyectos ferroviarios en el anexo 2, y en concordancia con lo señalado en el párrafo anterior, los usos que se deben considerar para una aplicación eficiente de BIM tal que cubran las necesidades de EFE en etapa de ejecución de los proyectos, dejando de lado necesidades cubiertas por su actual PEB, son los siguientes.

- 1- **Levantamiento de condiciones existentes:** Tal como lo indica la definición de este uso, el levantamiento de condiciones existentes apunta a obtener información que puede ser aplicada en proyectos de construcción, remodelación o ampliación, tal como lo son muchos de los proyectos desarrollados por EFE, donde las obras se realizan sobre la estructura y condiciones actuales y asegurando una continuidad de los servicios prestados.
- 2- **Modelación as-built:** Este tipo de modelación tiene como finalidad la representación exacta de las condiciones de terrenos luego de un proceso de

construcción, donde se genera una base de datos completas con todos los parámetros necesarios sobre los elementos que la componen, esto viene a completar el manejo de condiciones existentes planteados en el primer uso. Además, este uso apunta a tener las condiciones reales de un proyecto luego de terminado, permitiendo así contemplar el panorama en su totalidad desde el punto de vista geométrico, para que, al ser nutrido por mayor información sobre la operación, permita explorar por parte de EFE posibles métodos constructivos que se adapten a las condiciones registradas.

- 3- **Mantenimiento preventivo:** Tal como lo ha indicado EFE en varias oportunidades, ellos deben asegurar un funcionamiento continuo de sus servicios, la correcta realización de un mantenimiento preventivo, y no correctivo, sobre su infraestructura responde directamente a esta premisa. Es precisamente en este uso donde se utilizan los datos levantados para las condiciones existentes asegurados por los puntos usos 1 y 2 aquí mencionados, y además, se coordinan las distintas disciplinas para un trabajo en conjunto en la etapa de ejecución. Este uso realiza una gestión de los activos de la empresa desde el punto de vista del administrador, que en este caso es EFE, y no del punto de vista del operador, que es un externo a EFE.
- 4- **Coordinación 3D:** Este uso, tal como lo indica su definición en el estándar BIM del PlanBIM, apunta a la ejecución 3D del modelo para los procesos de planificación, los cuales son generados para su uso en etapas de diseño y construcción, siendo reflejados en la coordinación y la generación de revisiones sobre el modelo, esto aplica para las distintas disciplinas que interactúan en el proyecto, donde deben comenzar su participación previo al diseño para evitar posibles interferencias. Este Uso BIM incluye además la detección de interferencias una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM. Es importante entender que este uso responde a una necesidad intrínsecas de los proyectos BIM donde el solicitarlo implica que los proyectos deben ser planificados, diseñados y construidos utilizando la metodología BIM, evitando así interpretaciones que permitan construir proyectos con planos 2D y finalmente, realizar un modelo 3D en virtud únicamente de la modelación as built.

Es importante hacer hincapié en que estos usos vienen a cubrir necesidades de EFE en la etapa de ejecución vista desde el punto de vista del administrador de infraestructura, no como operador de ella, pero que sus beneficios y aplicación estarán presente durante todas las etapas del proyecto siendo un trabajo conjunto entre mandantes, asesores y contratistas, en donde ninguno debe perder el foco de que la aplicación de la metodología no se prospecta solamente a una etapa en la cual participan, sino que la idea final es que se mantenga durante todo el ciclo de vida del proyecto, así como también generar las bases para trabajos futuros que intervengan con una obra en particular.

#### **8.6. Determinación de niveles de información necesaria según los tipos de información para cada uso seleccionado.**

En virtud de los usos seleccionados en el apartado anterior para dar solución a las situaciones problemáticas o de baja eficiencia mencionadas por la empresa EFE, y

conforme a lo dictaminado por el PlanBim en el capítulo 5.7.2 del estándar BIM para la determinación de niveles de información, se hace necesario explicitar los tipos de información aplicables a cada uso y en virtud de aquello identificar el NDI necesario para su correcta implementación.

En concordancia con lo anterior, a continuación, se presentan los tipos de información aplicables a cada uno de los usos.

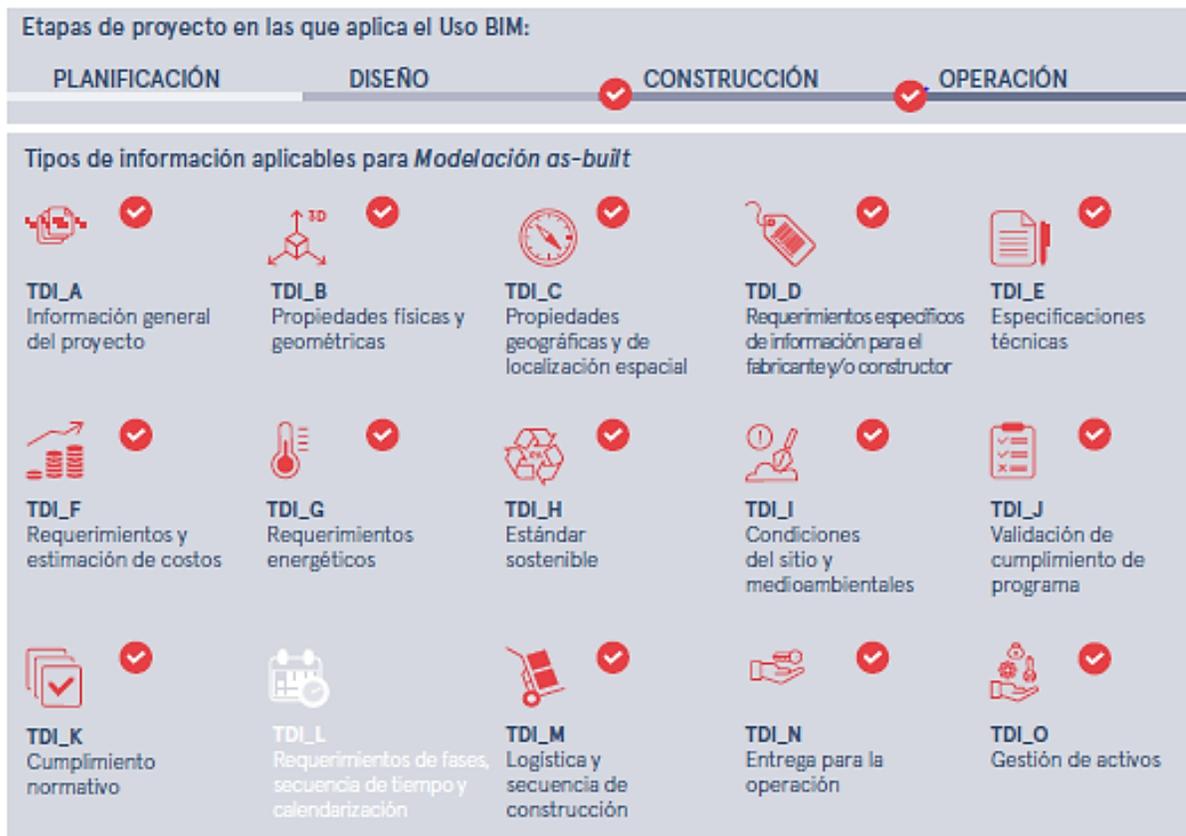
1. **Levantamiento de condiciones existentes:** Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, propiedades de localización espacial, y condiciones del sitio y medioambiente.



*Ilustración 7: Tipos de información para el uso levantamiento de condiciones existentes.  
Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

2. **Modelación as-built:** Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, entrega para la operación, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa, gestión de

activos.



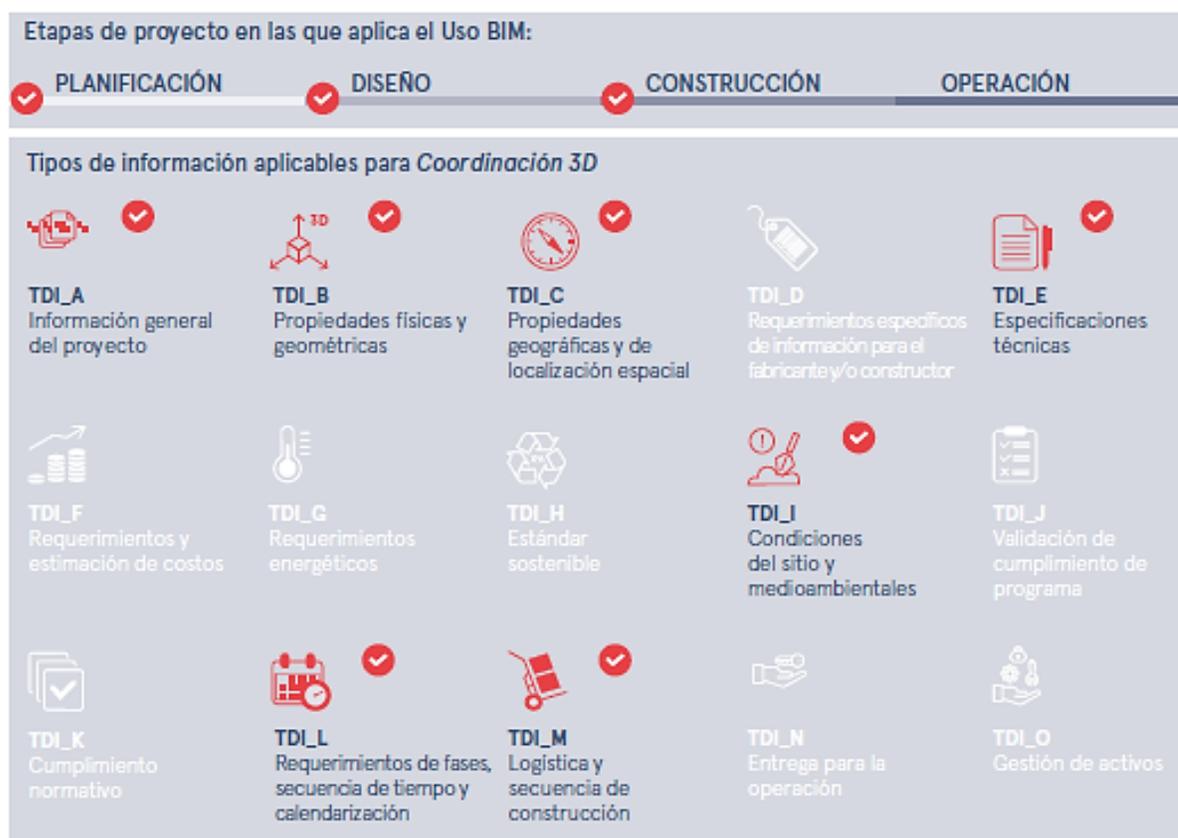
*Ilustración 8 Tipos de información para el uso modelación as built. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

- Mantenimiento preventivo:** Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, entrega para la operación, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa, gestión de activos.



*Ilustración 9: Tipos de información para el uso mantenimiento preventivo. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

4. **Coordinación 3D:** Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, propiedades físicas y geométricas, Requerimientos de fases, secuencias de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial, logística y secuencia de construcción, condiciones del sitio y medioambientales y especificaciones técnicas.



*Ilustración 10 Tipos de información para el uso coordinación 3D. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Con lo TDI descritos para cada uso, y con la intención de identificar los NDI necesarios para cada uso podemos aplicar la tabla 09 del plan BIM que relaciona estos dos conceptos.

Tipos de Información							
							
Niveles de Información	TDLA	TDLB	TDL_C	TDL_D	TDL_E	TDL_F	TDL_G
NDI-1	•	•	•	N/A	N/A	•	•
NDI-2	•	•	•	•	N/A	•	•
NDI-3	•	•	•	•	•	•	•
NDI-4	•	•	•	•	•	•	•
NDI-5	•	*	•	•	•	•	•
NDI-6	*	*	•	•	•	•	•

Ilustración 11 Matriz nivel de información por cada tipo de información. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

● : Es posible generar información del NDI indicado.  
 N/A : No Aplica generar información del NDI indicado.  
 \* : Se mantiene la información del NDI anterior.

TDL_H	TDL_I	TDL_J	TDL_K	TDL_L	TDL_M	TDL_N	TDL_O
●	●	●	●	●	N/A	●	N/A
●	*	●	●	●	N/A	●	N/A
●	*	●	●	●	●	●	N/A
●	*	●	*	●	●	●	N/A
●	*	●	*	●	●	●	●
●	*	●	*	*	*	●	●

Ilustración 12 Matriz nivel de información por cada tipo de información, segunda parte.  
 Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

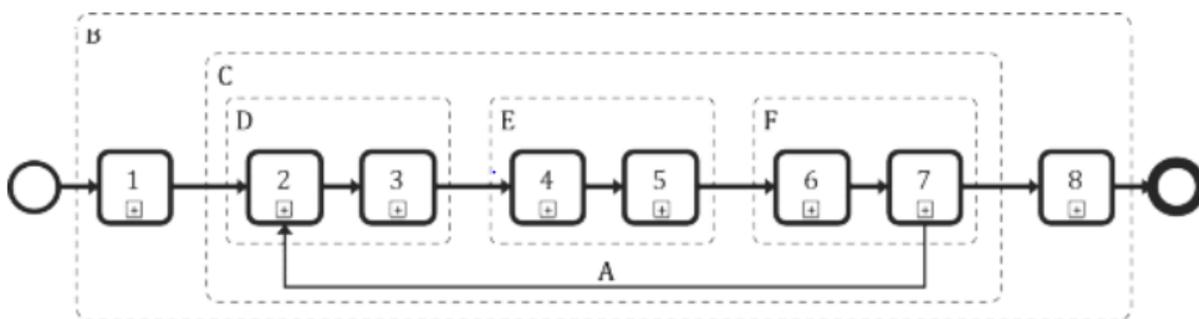
En virtud de la tabla anterior, y utilizando como criterio el NDI mínimo requerido para el tipo de información más exigente aplicable en un proyecto ferroviario en cada uno de los usos, de manera que todos se puedan proyectar a la etapa de ejecución en sintonía con la gestión de activos y el mantenimiento preventivo, las necesidades de NDI para cada uno son.

- 1- **Levantamiento de condiciones existentes:** NDI 3 – Información detallada.
- 2- **Modelación as-built:** NDI 5 – Información detallada de la fabricación y montaje.
- 3- **Mantenimiento preventivo:** NDI 5 – Información detallada de la fabricación y montaje.
- 4- **Coordinación 3D:** NDI 3 – Información detallada.

Estos NDI deben ser resultados luego de las fases de planificación, diseño y construcción, y deben ser solicitados a la empresa constructora como un resultado del proyecto para lograr una buena implementación de BIM en la etapa de ejecución.

### 8.7. Diagrama de flujo propuesto para proyectos EFE en virtud del uso de la metodología BIM

En este apartado, a partir de las exigencias de usos específicos a desarrollar con la metodología BIM en un proyecto de EFE, donde se entiende a EFE por el mandante del proyecto, es que se propone un diagrama de flujo en el desarrollo de los activos de la empresa, esto según recomendaciones de la ISO 19650, la cual establece pautas para gestionar la información en un proceso de contratación según el siguiente diagrama.



*Ilustración 13: Diagrama de flujo para aplicación de BIM en procesos de contratación.  
Fuente: UNE-EN ISO 19650*

Donde, 1: Evaluación de necesidades, 2: Petición de ofertas, 3: Presentación de ofertas, 4: Contratación, 5: Movilización, 6: Producción colaborativa de la información, 7: Entrega del modelo de información, 8: Fin de la fase de desarrollo, A: modelo de información enriquecido por los equipos de desarrollo de cada contratación, B: actividades realizadas por proyecto, C: actividades realizadas por cada contratación, D: actividades realizadas durante la etapa de contratación, E: actividades realizadas durante la etapa de planificación de la información, F: Actividades realizadas durante la etapa de producción de la información.

En cuanto al desglose punto a punto, tal como indica el artículo de EspacioBIM dedicado a la norma ISO 19650 (Eseverri, 2021) se indica lo siguiente.

1. Evaluación de necesidades: Tal y como recomienda la ISO 19650 Parte 2 para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratante (promotor) tiene que evaluar las necesidades del contrato:
  - Designando a los responsables de la función de gestión de la información.
  - Estableciendo los requisitos de información del proyecto.
  - Estableciendo la norma de información del proyecto.
  - Estableciendo los métodos y procedimientos para la producción de información del proyecto.

- Estableciendo la información de referencia del proyecto y los recursos compartidos.
  - Estableciendo el Entorno Común de Datos del proyecto.
  - Estableciendo el protocolo de intercambio de información del proyecto.
2. Petición de ofertas: De nuevo, tal y como recomienda la ISO 19650-2 para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratante (promotor):
- Debe establecer los requisitos de intercambio de información de la parte contratante.
  - Debe reunir la información de referencia y los recursos compartidos.
  - Debe establecer los requisitos de presentación de ofertas y los criterios de evaluación.
  - Debe recopilar la información relativa a la licitación.
3. Presentación de ofertas: La ISO 19650-2 recomienda para el proceso de gestión de la información en esta fase exigir a la parte contratada principal (proyectista o contratista, según fase) tiene que:
- Designar a los responsables de la función de gestión de la información.
  - Establecer el Plan de Ejecución del BIM del equipo de desarrollo (antes de la contratación).
  - Establecer el plan de movilización del equipo de desarrollo.
  - Ha establecido el cuadro de riesgos del equipo de desarrollo.
  - Recopilar la información de la oferta del equipo de desarrollo
4. Contratación: Otra vez, tal y como recomienda la ISO 19650-2 para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratada principal (proyectista o contratista) tiene que:
- Desarrollar el Plan de Ejecución del BIM del proyecto.
  - Concretar la matriz de responsabilidades del proyecto.
  - Establecer los Requisitos de Intercambio de Información.
  - Establecer el/los Programa/s de Desarrollo de Información de una Tarea (TIPD).
  - Establecer el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP).
5. Movilización: Una vez más, tal y como recomienda la ISO 19650-2 para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratada principal (proyectista o contratista) tiene que:
- Movilizar los recursos.
  - Movilizar la tecnología de la información.
  - Probar los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.
6. Producción colaborativa de la información: De acuerdo a lo que especifica la ISO 19650-2, cada equipo de trabajo durante el desarrollo del proyecto (producción de información) tiene que:

- Comprobar la disponibilidad de la información de referencia y de los recursos compartidos.
  - Producir información.
  - Realizar un control de calidad interno.
  - Revisar y aprueba el intercambio de información.
  - Revisar el modelo de información
7. Entrega del modelo de información: Tal y como indica, se entrega el modelo información.
8. Fin de la fase de desarrollo: Inicio de la etapa de operación con modelo BIM.

## **9. Determinación de datos y parámetros necesarios en el modelo**

Según lo indicado en el capítulo anterior, la implementación BIM que debe aplicar EFE desde el punto de vista del operador de infraestructura, tal que satisfaga las necesidades planteadas por la empresa, se deben enfocar principalmente en 3 usos a explotar en la fase de ejecución del proyecto, por lo tanto, deben ser exigidos como un planteamiento desde las etapas de planificación, diseño y construcción.

En concordancia con lo anterior, en este capítulo se definen los datos y parámetros necesarios de incluir en el modelo para una correcta aplicación de los usos seleccionados en etapa de ejecución.

### **9.1. Levantamiento de una nube de puntos para modelo 3D en un proyecto ferroviario para el levantamiento de condiciones existentes**

El levantamiento de una nube de puntos para el modelo 3D en un proyecto ferroviario, responde directamente al uso llamado levantamiento de condiciones existentes, donde cabe recordar se necesita un NDI 3 que es equivalente a un nivel de información detallada.

En este apartado, Inicialmente se presentan las opciones que existen para el levantamiento de condiciones existentes, luego se realiza una definición más amplia de lo que un nivel de información detallada significa en un proyecto ferroviario con fines de administración de activos y mantención preventiva, y finalmente, se conectan las dos ideas anteriores distinguiendo cual es el método de levantamiento de condiciones que más se acomoda para este tipo de proyectos.

Para el levantamiento de condiciones existentes, lo primero que se debe entender es que existe más de una forma de realizarlo, y esto va a depender de la etapa, la naturaleza del proyecto y la finalidad detrás de este levantamiento de condiciones. Bajo esa lógica y según lo indicado en apartados anteriores vamos a definir que el levantamiento de condiciones existentes que aquí se analizan y proponen tienen como finalidad su utilización en la etapa de ejecución y apuntan a proyectos que se llevan a cabo sobre infraestructura existente o que interactúa con infraestructura existente.

En vista de lo indicado en el párrafo anterior, la topografía tradicional para el levantamiento de terreno solo responde a una correcta aplicación en etapas de prefactibilidad del proyecto, pues si bien permite un reconocimiento general del terreno, esto es aplicable de mejor manera en proyectos independiente que no interactúan con la infraestructura actual, pensando tanto en vías, como estaciones o puentes. Además, por la extensión del trazado y el particular interés que existe sobre él para la mantención y gestión de activos, es necesario contemplar métodos de levantamiento de condiciones que sean aplicables para una gran extensión, por lo tanto, se propone analizar la fotogrametría común y el uso de tecnología láser mediante el uso de sensores LIDAR en drones.

Con respecto a la fotogrametría común, en palabras sencillas se realiza con drones que portan cámaras fotográficas o de video, generan imágenes que luego son procesadas

mediante programas específicos de donde se pueden extraer nubes de puntos, con este sistema es posible obtener precisión de alrededor de 5 cm en planimetría dependiendo de la altura de vuelo y los megapíxeles empleados en la cámara. Dentro de sus mayores ventajas se encuentra la accesibilidad que entrega este método al poder llegar a lugares de difícil acceso, la rapidez en la toma de datos, los tiempos de entrega de datos que demoran muy poco en ser procesados en comparación de la topografía normal y el costo menor que tiene con respecto a la topografía tradicional al realizar el mismo trabajo en muy poco tiempo. En cuanto a sus desventajas estas se pueden resumir en un que la precisión de la medición alcanza alrededor de los 5 cm, que puede presentar problemas de precisión para medición certera de altura de estructuras existentes de superficies lisas y homogéneas como acero u hormigón, no distingue necesariamente de correcta manera la cota del suelo en presencia de vegetación o cables, y la batería de los drones es limitada por lo que obliga a realizar el trabajo en muchas tandas de carga si se dispone de un solo equipo de medición.

En cuanto al uso de sensores LIDAR (acrónimo de Light detection and ranging) incorporados en drones, estos utilizan un láser de pulso que basa sus mediciones en la ecolocación, donde mediante la medición de tiempo entre la emisión y recepción del punto, más el ángulo de inclinación de este se puede obtener las condiciones existentes con una precisión cercana a los 2 cm. Estos equipos pueden generar cerca de 1.2 millones de puntos por segundo, generando una gran densidad en la nube de punto que entrega así una representación certera del terreno. Dentro de las ventajas de esta metodología de levantamiento de condiciones está su alta precisión y su densidad de puntos, lo que elimina las posibles distorsiones geométricas, además es particularmente efectiva para escanear obras civiles como puentes o edificios con geometrías complejas con superficies lisas, también permite el modelado de capas de dosel y topografía del suelo bajo vegetación, otra ventaja que presenta es su rapidez, pues tarda la mitad de lo que tarda la fotogrametría en capturar una nube de puntos y diez veces menos en procesarla. Su principal desventaja es que su costo es más elevado con respecto a la fotogrametría y que requiere de mayor experiencia y capacitación por parte de quién lo utiliza.

El NDI indicado para este uso es 3, lo que implica, según PlanBIM, que debe existir una información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específicos. Esta definición es aplicable a los proyectos ferroviarios, donde es de vital importancia poder obtener todas las propiedades geométricas del terreno con el mayor detalle posible, así como también de las condiciones existentes. Idealmente, un proyecto ferroviario debe tener parametrizado en su totalidad el trazado, así como también el sector colindante a ella, de manera que pueda existir una buena administración tanto de la infraestructura como del espacio disponible, tanto por temas normativos como para la aplicación de futuros proyectos de ampliación, mantención y reconstrucción. Además, debido a la longitud del trazado ferroviario nacional, donde se atraviesan distintas zonas del país con diferencias geográficas y ambientales considerables, es muy importante tener una visión completa del panorama con respecto a vegetación y también con la cota real del terreno. Finalmente, es de gran importancia tener un correcto modelo de las singularidades en el trazado lineal, entiéndase por ello estaciones, cocheras y puentes, de tal manera que estas se entrelacen en su totalidad con la vía férrea como tal.

En vista de lo anterior, el levantamiento de condiciones existentes se propone mediante el uso complementario de la fotogrametría y el sistema de medición de tecnología láser mediante el uso de sensores LIDAR unidos a un dron, donde la fotogrametría proporciona la exactitud necesaria para un NDI-3 en el trazado lineal y áreas colindantes sin vegetación excesiva, y los sensores LIDAR complementan este trabajo con nubes de puntos en áreas de vegetación densa y en estructuras singulares del trazado, como cocheras, puentes y edificaciones, los cuales trabajan bajo un concepto de precisión, y usualmente son construcciones con materiales cuyas características pueden generar problemas sobre las mediciones realizadas mediante fotogrametría. Con respecto a la adquisición de estos servicios, la fotogrametría es bastante común que se pueda externalizar fácilmente, sobre el uso de sensores LIDAR existen algunas compañías que prestan el servicio completo desde la disposición de los equipos hasta la entrega de nube de puntos, así como también hay opciones de solo utilizar los equipos y procesar los datos de manera interna. Esta es la forma más adecuada de tener un levantamiento acorde a los requerimientos de un proyecto ferroviario, tal que se logra abarcar la totalidad del trazado lineal, entendiendo a cabalidad su geografía colindante y geometría del activo, entregando posibilidades mayores en análisis que van desde la proyección de riesgo en sectores específicos de la vía que deben ser monitoreado, hasta la posibilidad de una mejor planificación de proyectos futuros sobre la vía misma o que se conecten con ella. Esto sin duda se propone como un desafío tecnológico importante con respecto al PEB actual de EFE, pues genera información de tramos muy extensos de vías que luego deben ser administrados, pero que a su vez son el mayor activo de la empresa y es donde se concentra el mayor gasto luego de la construcción y durante la vida útil del proyecto, mediante la mantención de vías y sistemas, por tanto, la lógica indica que es necesario hacer los esfuerzos para tener un mejor control sobre ella.

## **9.2. Determinación de un sistema de clasificación para la metodología que responda a la administración de información de modelos as-built**

El modelamiento as-built es la base sobre la cual se sustenta la gestión de activos y el mantenimiento preventivo, por lo que su correcta aplicación trae implicancias considerables sobre otros usos. Bajo este contexto la información entregada por el modelamiento as-built debe ser de gran detalle, fácil de utilizar y con una clasificación tal que asegure interoperabilidad entre las distintas especialidades que interactúan con ella tanto obteniendo información como nutriendo de información al modelo.

Es bajo ese contexto que la modelación as-built debe seguir reglas sobre su clasificación para asegurar una estandarización y organización en la información de todos los modelos y en lo posible de todos los proyectos generados por EFE y los sistemas en general.

Si bien el sistema de clasificación se propone con una finalidad proyectada al proceso de operación del proyecto, es necesario dejar muy en claro que su aplicación se debe contemplar desde etapas de planificación en adelante, y todo el proyecto debe contemplar el mismo sistema de clasificación. Como menciona el RIH en su manual de sistemas de clasificación ferroviario BIM, el empleo de las clasificaciones aplicadas a BIM puede ser extenso, pero proporciona una serie de beneficios que son detalladas a continuación para hacer más extensa la aplicación de estos parámetros que simplemente una administración de los activos y su mantenimiento en etapa de operación.

1. Búsqueda y filtrado de información por clasificaciones: siempre será más sencillo, en especial para el personal de administraciones públicas o promotores (que no tienen por qué conocer técnicamente la estructura jerárquica de elementos del IFC ni la estructura organizativa de cada software aplicada en los modelos en formato nativo), buscar información relativa a clasificaciones conocidas que no por la estructura del propio formato.
2. Determinación del alcance de los modelos bim: las tablas de tipo función pueden servir en momentos previos de un contrato para determinar qué se modelará y qué no. También puede servir como punto de partida para elaborar tablas de parámetros concretos que deban llevar clases determinadas de elementos.
3. Vinculación automática de elementos del modelo a actividades de obra: el poder automatizar la vinculación entre partidas de un Gantt y elementos BIM a través de información contenida en el propio modelo a través de la organización por clases.
4. Vinculación automática de elementos del modelo a partidas presupuestarias: exactamente lo mismo que con las actividades de obra, pero pensando en partidas presupuestarias.
5. Vinculación de información no gráfica y/o documentos a elementos bim según clasificaciones: más sencillo vincular un certificado de inspección a todos los elementos contenidos en una rama de la clasificación de presupuesto o un manual de mantenimiento a elementos contenidos en una clasificación para mantenimiento.
6. Facilitar la gestión de valor ganado con modelos bim: al relacionar los elementos tridimensionales con sus partidas presupuestarias y sus actividades de obra, se facilita la extracción de mediciones para poder llevar a cabo el control de producción de obra mediante la metodología EVM (Earn Value Management) o EVA (Earn Value Analysis).
7. Servir de nodo de conexión entre la información del modelo y los sistemas de gestión de mantenimiento: Al combinar información de distintas bases de datos (el modelo, gmao, Excel, etc) la clasificación puede servir como nodo para relacionar todas esas fuentes de información.

Dentro del mundo BIM, existe una serie de sistemas de clasificaciones propuestos bastante abultados, donde los más destacados son el Omniclass y el Uniclass, pero ambos están pensados desde el punto de vista de la aplicación BIM para proyectos de edificación y no para proyectos de infraestructura, y menos para proyectos de infraestructura ferroviaria. Es por esto, que en el año 2020 el Rail Innovation Hub (RIH) propuso un sistema de clasificación BIM específico para proyectos ferroviarios, dando un paso a la estandarización en los proyectos de este tipo apuntando a una interoperabilidad de los modelos entre las distintas empresas que los generan, avanzando hacia una maduración de BIM en el sector ferroviario con la idea de equipararse a los avances presentados en proyectos de obras de edificación, por supuesto, esta interoperabilidad adopta también el uso de archivos IFC, los cuales aseguran que los archivos generados puedan ser utilizados en cualquier software BIM sin quedar sujetos a su programa

original.

En base a lo anterior, se propone que EFE adopte este sistema de clasificación específico para proyectos de su área, en donde los criterios adoptados se presentan en los siguientes párrafos y se adjuntan las tablas de clasificación al anexo de este trabajo.

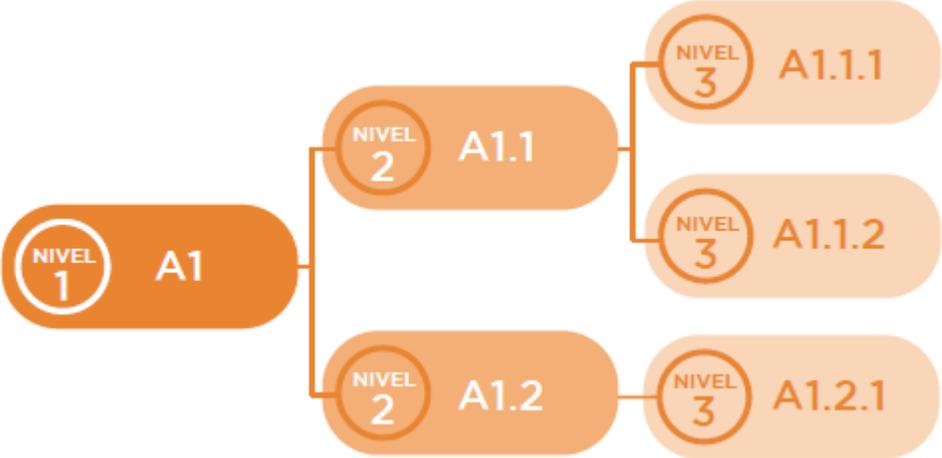
Dentro de los criterios adoptados, según el manual sistema de clasificación ferroviario BIM - RIH, está la generación de un sistema de clasificación multitabla, siguiendo el lineamiento de sistemas de clasificación como el Omniclass, Uniclass o las tablas propuestas por la norma ISO 12006-2. Las tablas desarrolladas son las siguientes:

Tabla	Nombre	Descripción
USOS	Clasificación por usos	Tabla para identificar dentro del modelo los usos BIM demandados en el contrato y especificados en el Plan de Ejecución BIM.
FASES	Clasificación por fases	Tabla para clasificar elementos BIM según la fase o la etapa en la que fueron generados o en la última fase en la que fueron modificados.
EMPRESAS	Clasificación por empresas	Tabla plantilla para clasificar elementos BIM según el tipo de empresa o empresa que los generó o es responsable de los elementos de ese modelo.
ACTIVOS	Clasificación por activos	Tabla para clasificar elementos BIM según el tipo de activo al que pertenecen.
FUNCIONES	Clasificación por funciones	Tabla para clasificar elementos BIM según la función que desempeñan.
ESTADOS	Clasificación por estados	Tabla para clasificar elementos BIM según su estado y para codificar archivos de modelos BIM.
SUBDIVISIONES	Clasificación por subdivisiones	Tabla plantilla para codificar tanto los elementos BIM como los ficheros BIM según las subdivisiones, zonificaciones o tramitaciones acordadas por disciplina.
MATERIALES	Clasificación por materiales	Tabla para clasificar elementos BIM según el o los materiales que lo componen.
ESPACIOS	Clasificación por espacios	Tabla para clasificar elementos BIM de tipo IfcSpace según el espacio que representa.
SOFTWARES	Codificación por Softwares	Tabla plantilla para codificar el tipo de software empleado en el contrato.
DISCIPLINAS	Clasificación por disciplinas	Tabla para indicar qué disciplinas se van a modelar y para codificación de documentos.
MODELOS	Codificación de modelos BIM	Tabla plantilla para organizar, codificar y describir los archivos de modelos BIM.
PLANTILLA	Clasificación por "por definir"	Tabla para clasificar elementos BIM según "por definir"

*Ilustración 14 Tablas desarrolladas para el sistema de clasificación propuesto por RIH.  
Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

El segundo criterio tiene que ver con el número de niveles y clases aplicables a cada una

de las tablas definidas anteriormente. Para exponer este criterio se debe primero definir que un nivel es una forma de indicar un estatus de jerarquía diferente donde 1 representa el nivel de jerarquía mayor y decrece según aumenta el nivel, en cambio las clases son las categorías en que se divide un determinado nivel, expresando todas las clases dentro de un nivel el mismo estatus de jerarquía. Así por ejemplo en la siguiente imagen se puede entender un ejemplo donde existen 3 niveles con 6 tipos de clases.



*Ilustración 15 Ejemplo niveles y clases. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Siguiendo la lógica anterior, los distintos niveles y clases definidos en el sistema de clasificación propuesto para cada una de las tablas es el siguiente.

Tabla	Número de niveles	Número de clases
USOS	3	36
FASES	4	58
EMPRESAS	3	32*
ACTIVOS	5	78
FUNCIONES	6	1983
ESTADOS	2	18 / 8
SUBDIVISIONES	3	155*
MATERIALES	5	276
ESPACIOS	4	863
SOFTWARES	3	9*
DISCIPLINAS	2	64
MODELOS	3	20*
PLANTILLA	6	10

*Ilustración 16 Niveles y clases por cada tabla. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Con respecto a las relaciones entre entidades BIM con las clases de cada tabla, se definen 4 tipos de relación las cuales son detalladas de la siguiente manera.

Tipo de Relación	Definición
1 - 1	Un elemento BIM sólo puede tener asociada una clase concreta y única de una tabla determinada.
1 - M	Un elemento BIM puede tener asociadas varias clases de una tabla determinada.
M - 1	Múltiples elementos BIM pueden tener asociada la misma clase concreta y única de una tabla determinada.
M - N	Múltiples elementos BIM pueden tener asociadas varias clases de una tabla determinada.

*Ilustración 17 Definición de los tipos de relación. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

En vista de la definición anterior, la relación para cada tabla, con su definición y ejemplo son las siguientes.

Tabla	Relación	Definición	Ejemplo
USOS	1 - M	En un contrato pueden aplicar más de un uso, por tanto se pueden declarar en el archivo tantos usos como se hayan solicitado y/o acordado entre los agentes intervinientes.	Si se han solicitado 3 usos esos 3 usos deberán estar declarados a nivel de información general del modelo viajando a nivel de IfcProject en archivos IFC.
FASES	1 - 1	Un elemento BIM sólo puede haber sido creado en una fase y en caso de ser editado, debe declararse la última fase en la que ha sido modificado.	Si un elemento se generó en la fase de diseño pero es editado por la constructora en fase de construcción, deberá quedar reflejada esta última fase.
EMPRESAS	1 - 1	Un elemento BIM sólo puede haber sido creado en una fase y en caso de ser editado, debe declararse la última fase en la que ha sido modificado.	Si un elemento fue creado por la ingeniería pero es editado por la constructora, deberá actualizarse la información a esta última empresa.
ACTIVOS	1 - 1	Un elemento BIM sólo puede pertenecer a un activo.	Si un elemento pertenece a una estación, no puede pertenecer a un centro de control.

*Ilustración 18 Tipo de relación para cada tabla, Parte 1. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Tabla	Relación	Definición	Ejemplo
FUNCIONES	1 - 1	Un elemento BIM cumple una función concreta.	Si un elemento es red de fibra óptica, no podrá ser a la vez, red coaxial.
ESTADOS	1 - 1	Un elemento BIM sólo puede tener un estado.	Si está previsto construir un elemento, no puede ser a la vez existente y nuevo. Tampoco puede estar categorizado como elemento a demoler.
SUBDIVISIONES	1 - 1	Un elemento BIM sólo puede pertenecer a una única subdivisión. Un archivo sólo puede contener una única subdivisión.	Si se han establecido tramos para subdividir el modelo (ejemplo, tramo estación 1, tramo entre estación 1-2 y tramo estación 2), un camil sólo puede pertenecer a una de esas tres subdivisiones y como además, el camil pertenece a la disciplina VIA, entonces tendrá el código VIA.010 para el tramo estación 1.
MATERIALES	1 - ∞	Un elemento BIM puede estar compuesto de varios materiales.	Los elementos sí pueden tener varios materiales asociados. También existe la clase material no relevante o material a definir en caso de no haberse decidido aún con qué material se construirá así como la clase múltiples materiales en caso de que no se estime necesario declararlos.
ESPACIOS	1 - 1	Un volumen espacial sólo puede ser representar un tipo de zona.	Si un espacio está representando un corredor, éste a su vez no puede representar un vestíbulo. Deben separarse en dos unidades volumétricas.
SOFTWARES	1 - 1	Un fichero BIM sólo puede ser un tipo.	Los archivos BIM se categorizan como nativos, procedentes de software generador de modelos, openbim (formato .ifc) o federados, es decir, procedentes de software compiladores de los dos tipos anteriores.
ESPACIOS	1 - 1	Un volumen espacial sólo puede ser representar un tipo de zona.	Si un espacio está representando un corredor, éste a su vez no puede representar un vestíbulo. Deben separarse en dos unidades volumétricas.
SOFTWARES	1 - 1	Un fichero BIM sólo puede ser un tipo.	Los archivos BIM se categorizan como nativos, procedentes de software generador de modelos, openbim (formato .ifc) o federados, es decir, procedentes de software compiladores de los dos tipos anteriores.
DISCIPLINAS	No aplica	Los elementos pertenecen a disciplinas pero se indican conjuntamente con la subdivisión en la tabla de SUBDIVISIONES. Idem para archivos de modelos BIM.	No aplica.
ENTREGABLES	1 - 1	Un fichero BIM sólo puede tener una única codificación.	No debe existir la posibilidad de codificar un archivo de dos o más formas diferentes.
PLANTILLA	No aplica	No aplica	No es posible un ejemplo.

Ilustración 19 Tipo de relación para cada tabla, Parte 2. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Con respecto a la codificación, tal como indica RIH, se adopta un sistema tal que las tablas se diferencian entre sí por los 3 primeros caracteres de tipo letra en el primer nivel. El segundo nivel diferencia los dominios o categorías principales de desglose también con 3 caracteres de tipo letra. Los niveles sucesivos agrupan de manera jerárquica las distintas clases desglosadas y se codifican con 3 caracteres de tipo numérico a excepción de la tabla “Empresas”, donde puede utilizarse caracteres tipo letra en el nivel 3. Además, se han dejado saltos de 10 en 10 números entre clases hermanas para posibles incorporaciones futuras. Luego, para graficar de mejor manera la aplicación de este criterio se adjunta una tabla con un ejemplo para cada tabla en su nivel máximo, cabe recordar que las tablas de clasificación con la información total se adjuntan en la sección anexos de este trabajo.

Tabla	N1	N2	N3	N4	N5	N6	Código
USOS	USO	PRO	010				USO.PRO.010
FASES	FAS	CON	030	010			FAS.CON.030.010
EMPRESAS	EMP	PRY	GGG				EMP.PRY.GGG
ACTIVOS	ACT	LIF	020	030	030		ACT.LIF.020.030.030
FUNCIONES	FUN	COM	110	010	010	010	FUN.COM010.010.010
ESTADOS	EST	EXT					EST.EXT
SUBDIVISIONES	DSB	MVT	020	MVT.020			MVT.020
MATERIALES	MAT	CMM	260	010	020		MAT.CMM.260.010.020
ESPACIOS	ESP	TRA	020	080			ESP.TRA.020.080
SOFTWARES	OPN	IFC					OPN-IFC
DISCIPLINAS	DIS	ENE					DIS.ENE
MODELOS	RIH2020	OPN.IFC	VAR.000	MUL	Modelo	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-VAR.000-MUL_Modelo.ifc
PLANTILLA	PLA	AAA	010	010	010	010	PLA.AAA.010.010.010.010

*Ilustración 20 Ejemplo de códigos para cada tabla. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Sobre las descripciones de las clases, estas se realizan en formato texto con la primera letra en mayúscula, de modo que al seleccionar un elemento en el modelo BIM, este se identifique con la clase que le corresponde singularmente. Para dejar más clara la idea se adjunta un ejemplo para cada tabla.

Tabla	Ejemplo código	Ejemplo descripción
USOS	USO.PRO.010	Producción de planos
FASES	FAS.CON.030.010	Planificación construcción
EMPRESAS	EMP.PRY.GGG	Equipo o empresa G
ACTIVOS	ACT.IIF.020.030.030	Vía ancho internacional con tráfico mixto
FUNCIONES	FUN.COM.110.010.010.010	Módulo puesto estación
ESTADOS	EST.EXT	Existene
SUBDIVISIONES	MVT.020	Movimiento de tierras subdivisión 2
MATERIALES	MAT.CMM.260.010.020	Ladrillo hueco doble
ESPACIOS	ESP.TRA.020.080	Zona de control aduanero
SOFTWARES	OPN-IFC	Modelo ifc
DISCIPLINAS	DIS.ENE	Energía
ENTREGABLES	RIH2020-OPN.IFC-MUL.000-MOM_Modelo obra mensual	Modelo de obra mensual 31122020 con todas las disciplinas y ninguna subdivisión.
PLANTILLA	PLA.AAA.010.010.010.010	Escrito en singular con mayúscula la primera letra, evitando símbolos y siglas en la medida de lo posible y sin punto al final de la frase

*Ilustración 21 Ejemplo descripción por tabla. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Con respecto a las unidades de medición, en la tabla funciones se agrega una columna destinada a indicar la unidad de medición, esto es importante para que esta información viaje también en el archivo IFC, donde cabe recordar que el IFC (Industry foundation classes) es una estandarización para el intercambio de datos BIM independiente el software en que fue realizado el modelo y que se materializa en la extensión de los archivos, se recomienda el uso del sistema internacional de medida.

Sobre la vinculación a clases IFC, el sistema de clasificación de RIH indica que las tablas que son de aplicación a elementos BIM tridimensionales aplican a todas las entidades contempladas bajo el concepto IfcElement a excepción de la tabla de los usos, en ese caso la información relativa a usos BIM acordados deberá indicarse en el contenedor o entidad abstracta conocida como IfcProject. Además, en caso de no existir clase Ifc apropiada para algunos elementos, dichos elementos deberán exportarse como IfcBuldingElementProxy o IfcProxy o IfcBuiltElement. Luego, a continuación, se indican las clases IFC que aplican a las distintas tablas.

Tabla	Clase ifc
USOS	Exclusivamente IfcProject
FASES	Cualquier IfcElement
EMPRESAS	Cualquier IfcElement
ACTIVOS	Cualquier IfcElement
FUNCIONES	Cualquier IfcElement
ESTADOS	Cualquier IfcElement
SUBDIVISIONES	Cualquier IfcElement
MATERIALES	Cualquier IfcElement
ESPACIOS	Exclusivamente IfcSpace
SOFTWARES	No aplica a elementos BIM
DISCIPLINAS	No aplica a elementos BIM
MODELOS	No aplica a elementos BIM
PLANTILLA	A decidir

*Ilustración 22 Case IFC aplicable a cada tabla. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.*

Finalmente, todas las tablas correspondientes a este sistema de clasificación se encuentran en el anexo de este trabajo, y además, las tablas están disponible para ser descargadas en el sitio web del RIH. En cuanto al manual de aplicación de este sistema de clasificación puede ser encontrado en el capítulo 17 del Manual Sistema de Clasificación Ferroviario BIM – RIH.

### **9.3. Parámetros aplicables a la mantención preventiva de un proyecto ferroviario en EFE.**

La mantención preventiva es un trabajo muy importante para un sistema que necesita garantizar un funcionamiento continuo como lo es el ferrocarril, por lo tanto en este apartado se propone un modelo de planificación basado en BIM para la mantención preventiva, así como también un análisis de los parámetros más importantes para la detección de patologías en la infraestructura crítica para el funcionamiento del ferrocarril proponiendo formas de medición sobre esos parámetros a través de sensores tal que se puedan prever situaciones problemáticas y evitarlas generando procesos de mantención programada.

Este apartado en particular, apunta a un realizar una gestión de los activos de la empresa, pero desde el punto de vista del administrador de la infraestructura y no la del operador, beneficiando así a EFE. Además, estos parámetros y la planificación de mantención preventiva en los modelos tienen dentro de sus objetivos recoger el trabajo de coordinación de especialidades realizados en etapas de planificación, diseño y construcción según el actual PEB de EFE y extender sus beneficios a la etapa de

ejecución con foco en la infraestructura.

Según información entregada por EFE, en etapa de ejecución del proyecto ellos destinan presupuesto importante a mantención sobre la infraestructura, de ese presupuesto la mayor parte se centra en la mantención de vías y sistemas como señalización, comando, control y electrificación. En vista de lo anterior es que el mantenimiento preventivo mediante el uso de BIM, si bien recoge las actuales metodologías empleadas por EFE para mantenimiento preventivo y los planes de trabajo para el mantenimiento correctivo, propone a su vez un monitoreo de la infraestructura crítica para evitar en el mayor grado de las posibilidades llegar al mantenimiento correctivo y asegurar un uso continuo del ferrocarril. Para poder llevar esto a cabo hay que definir la infraestructura crítica para el funcionamiento del ferrocarril y concentrar ahí el monitoreo.

Sobre la infraestructura crítica elegida para el monitoreo, esta se limita a las vías férreas debido a la existencia de estudios que indican que es posible determinar una serie de patologías con considerable antelación al medir un determinado parámetro. En cuanto a los sistemas, su monitoreo en tiempo real puede tener especiales aplicaciones sobre sistemas eléctricos, donde se pueden identificar problemas en sus etapas iniciales, de todas maneras, estos problemas corresponden a situaciones que ya ameritan un trabajo correctivo y que además su monitoreo considera implementación de sistemas complejos, por lo tanto, en ese aspecto es más rentable ejecutar un buen plan de mantenimiento por sobre un monitoreo constante.

Sobre los planes de mantenimiento se propone utilizar los planes de trabajos actuales de EFE, pero aplicando toda esta información al modelo BIM, donde se identifiquen los distintos activos y su tipología de mantenimiento. Se debe incluir necesariamente al modelo información sobre fechas y encargados de las inspecciones rutinarias, donde se debe levantar información mediante los métodos de inspección seleccionados y definir determinados parámetros esenciales para cada método de manera que la mantención a realizar sobre un determinado activo sea un proceso estandarizado para los datos obtenidos. Cada uno de los procesos relacionados con la mantención debe generar documentación estándar que quede a disposición de quienes administran la infraestructura a través del modelo BIM, también debe quedar registro de cada mantención o cambio realizado sobre las condiciones existentes, identificando claramente quien realizó el cambio con el mayor detalle posible sobre la operación.

Además, la inclusión de todos estos procesos a realizar en un modelo BIM tiene el gran beneficio de proporcionar un sistema de coordinación de las distintas especialidades que confluyen en un mismo activo, donde es posible detectar interferencias sobre el proceso de ejecución de la obra, así como generar una mejor comunicación en cuanto a la entrega de información entre especialidad. Esto también entrega la posibilidad de coordinar los trabajos de mantención entre especialidades de manera que se puedan aprovechar de la mejor manera los espacios temporales en los cuales se puede interferir sobre la vía, generando una menor incertidumbre sobre los trabajos de mantención y reparación, así como también gestionando de mejor manera los recursos y permitiendo proponer nuevos sistemas constructivos que complementen el trabajo de distintas especialidades mediante la coordinación.

Sobre el monitoreo de infraestructura crítica, específicamente sobre las vías férreas, existen estudios que indican que realizar mediciones sobre las vibraciones presentes en las vías es una muy buena forma de predecir patologías en tiempo real, para esto, tomando como referencia la tesis vibraciones en las vías Ferrocarril de Alexandre Vidal Muro para optar a su grado de ingeniero civil en la universidad politécnica de Cataluña, se propone la medición de vibraciones en las vías en estado dinámico (con el paso de trenes) donde se deben generar parámetros de una vía en su estado inicial del proyecto para tener las vibraciones de una vía sana y luego contrastarlas a lo largo de la vida útil del proyecto. Cada vía tiene una vibración propia diferente en un estado dinámico, pero existen ciertas patologías que pueden ser previstas mediante la medición de las ondas generadas por las vibraciones, es así que ondas de frecuencia entre 100 y 1000 Hz con longitudes de ondas muy pequeñas son efectos naturales del contacto rueda carril conocido como contacto hertziano. En cambio, vibraciones con frecuencias entre 20 y 100 Hz con longitudes de ondas entre algunos centímetros y hasta uno o dos metros, son síntomas de pequeños desperfectos en los carriles, principalmente por el aplastamiento del balastro sobre el carril provocado por el paso de una rueda. También vibraciones en determinados sectores que presenten una amplitud de onda mucho mayor que la del resto de la vía (generando una gran aceleración) puede ser el síntoma del fenómeno conocido como danza de traviesas, en donde la capa de balastro justo baso una traviesa es aplastado de tal forma que esta queda suspendida y ante el paso del tren genera este pulso de mayor amplitud en la vía, este síntoma puede responder de igual forma a una onda de levante. Todas las patologías nombradas pueden ser monitoreadas en tiempo real con la aplicación de medidores de parámetros en la vía, así como también permite identificar otras problemáticas, donde la principal herramienta es la comparación entre vibraciones de una vía sana y vibraciones excesivas, donde al primer acontecimiento donde se registren irregularidades en las vibraciones, el modelo BIM puede generar alertas sobre un tramo determinado para realizar procesos de inspección y mantenimiento de manera de tomar acciones preventivas y no correctivas, asegurando la realización de procesos menos costosos en tiempo y dinero para la organización.

Para la implementación de este sistema de medición de parámetros, se propone el uso de acelerómetros, donde la aplicación de estos sensores sigue las directrices del trabajo de título desarrollado por Felipe Contreras S. el año 2020 de nombre "Guía para la implementación de Smart bulding en hospitales y análisis del caso del nuevo hospital de Salvador e instituto nacional de geriatría en Santiago de Chile". Dentro de algunas ideas que recoge este trabajo, se propone para el caso de EFE trabajar en BIM 360 OPS, pues en el PEB actual de EFE se trabajan los modelos del paquete BIM de Autodesk, sobre este software se puede decir que se especializa en la administración y visualización de información durante la fase de operación, esto no implica el cierre del trabajo con otros Softwares o CDE, únicamente se propone para la administración de datos a partir de sensores. Todos los programas Autodesk pueden utilizar los mismo modelos Revit para la adquisición de datos y además la utilización de la nube virtual de Revit para centralizar la información y así facilitar su gestión. Los beneficios que entrega esta aplicación son muy similares a los demás programas Facility Managment (FM), además permite una visualización de los modelos y sus datos desde cualquier dispositivo móvil. BIM 360 OPS entrega beneficios como llevar el control de los procesos de mantenimiento y además genera un control de calidad más eficiente entre contratistas y mandantes al estar conectados en línea a través de un modelo. Permite llevar a cabo labores de

mantenimiento preventivo y predictivo, alertando al personal de mantenimiento automáticamente para efectuar algún trabajo que sea necesario. (Contreras, 2020)

Como explica Contreras en su memoria, y según un estudio de Akponanabofa el 2016, los beneficios en esta última etapa solo se aprovechan si se pueden utilizar bucles de retroalimentación de datos al sistema de gestión de edificios (BMS por sus siglas en inglés), en esta parte la colaboración entre FM, personas, lugares, procesos, sensores y tecnología son capaces de generar un funcionamiento óptimo del proyecto facilitando la administración de los activos. Los datos durante la gestión son obtenidos a través de sensores de campo ubicados en puntos planeados en las etapas de diseño idealmente, los cuales permiten hacer representaciones reales de la infraestructura y así tomar planes de acción ejecutados por el administrador (Contreras, 2020)

Existe un problema al trabajar con sensores en tiempo real, principalmente esto es no caer en el llamado “Síndrome de Big Data”, donde al tener un volumen tan grande de datos estos no logran ser analizados, por lo tanto, es importante tener una forma de trabajo acorde para administrar la información.

Es también necesario definir un mecanismo para trabajar la metodología BMS e entregarla con BIM, en ese aspecto, Contreras sugiere el uso de COBie (Construction operation information exchange), que se define como la información estructurada para la puesta en marcha, diseño, construcción, operación y mantenimiento de un proyecto que será usada para suministrar datos al cliente u operador, mejorando así la toma de decisiones y el facility management. COBie es principalmente un formato de datos en una hoja de cálculo Excel diseñados para registrar datos importantes de cada etapa de la vida de un proyecto de la forma más completa y útil posible, para luego utilizar dichas planillas como entrada para otras aplicaciones de software. (Contreras, 2020)

En cuanto a la aplicación de los sensores estos deben considerar los acelerómetros como instrumentos de campo, donde la información debe subir a una red de control, luego pasar a una estación de ingeniería y sus servidores para finalmente llegar a las estaciones de operaciones para la administración de la información.

## **10. Herramientas para planificación técnica, coordinación en etapas de diseño, construcción y operación, y mantenimiento en un proyecto ferroviario**

En este capítulo se analizan las herramientas de coordinación, planificación y mantenimiento que puede prestar BIM en los proyectos de EFE, de tal manera que respondan a las necesidades de la empresa y genere lineamientos para luego poder proponer un entorno común de datos que permita manejar todas las características BIM de modo que se asegure cumplir con la entrega de las herramientas mencionadas en este apartado.

### **10.1. BIM como herramienta de planificación técnica**

Sobre los proyectos ferroviarios llevados a cabo por EFE, en las secciones iniciales de este trabajo se mencionan las distintas características que tienen, donde los proyectos de ampliación y mejora tienen una gran importancia, y se remarca que el estudio de este trabajo se centra principalmente en ello. Desde ese punto de vista es que las herramientas para la planificación mediante la tecnología BIM deben responder a esa caracterización y es en base a esto que se propone el estudio de la herramienta.

La planificación de proyectos de ampliación y mejora de la infraestructura de la red ferroviaria de EFE debe contemplar y esquematizar de forma correcta las condiciones existentes sobre las cuales se va a ejecutar un proyecto. Debido a las características físicas y geométricas de la red de infraestructura ferroviaria actual de EFE es muy común que los proyectos sean sobre la misma vía o tengan tramos compartidos con la infraestructura actual, así como también es importante suponer que los futuros proyectos sigan estas mismas condiciones y directrices.

Bajo la caracterización de la planificación de proyectos realizada en el párrafo anterior, se hace muy patente la necesidad y la pertinencia del uso BIM llamado levantamiento de condiciones existentes, donde en el capítulo anterior se sugiere una tecnología específica para lograr un nivel de detalle importante sobre las condiciones de terrenos, tanto de la infraestructura existente como sobre las condiciones topográficas del espacio colindante o pertinente para el proyecto. Por lo tanto, es necesario una plataforma que permita procesar de buena manera los datos obtenidos del levantamiento de condiciones de terreno, tal que en un mismo espacio puedan trabajar datos de infraestructura y datos de topografía, permitiendo aprovechar al máximo la calidad de información entregada por los sensores LIDAR, donde es posible contemplar grandes áreas de información y filtrar por capas las distintas zonas del terreno permitiendo por ejemplo, obtener condiciones de la línea de terreno mediante el borrado digital de la vegetación existente.

Además, para todo proceso de planificación se propone el uso de las herramientas OpenRail, en específico el uso de OpenRail ConceptStation, que es un Software especializado en proyectos ferroviarios y permite realizar diseños conceptuales fácilmente de manera que el proceso de toma de decisiones en la etapa de planificación sea lo más claro posible desde el punto de vista visual. En esta herramienta se pueden fácilmente incorporar trazados de vía, túneles y puentes en virtud de condiciones de terreno actuales, en donde toma importancia las nubes de puntos obtenidas mediante el levantamiento de condiciones existentes. En específico, según el propietario del software Bentley, este software permite localizar y descargar en línea datos contextuales de

diversas fuentes como por ejemplo nubes de puntos, modelar rápidamente en 3D mediante el uso de funciones que abarcan todas las obras de un proyecto ferroviario, generar con rapidez múltiples escenarios de diseño para poder elegir la mejor, compartir representaciones realistas con las partes interesadas para generar un feedback adecuado, además, los distintos modelos permiten cargar de datos y parametrizar de múltiples formas los distintos escenarios creados, donde es posible cargar por ejemplo costos de los distintos elementos, permitiendo así una visualización estimada de presupuestos de las diferentes opciones.

Particularmente se propone el uso de esta herramienta pensando en etapas iniciales de un proyecto, donde por la naturaleza de los proyectos de EFE, es necesario caracterizar muy bien el contexto actual, permitiendo la intercomunicación de los datos levantados sobre el terreno y condiciones existentes, como también los datos proporcionados por el modelamiento as built y las modificaciones realizadas en etapa de operación mediante obras de mantenimiento o reparación. Todo esto es con la intención de atender de la mejor manera al requerimiento intrínsecos de los proyectos de EFE que hablan sobre ser ejecutados asegurando un funcionamiento constante de los servicios prestados, es decir sin detención de trenes, por lo que la etapa de planificación de proyectos debe ser un punto muy importante a tener en consideración, es por eso que se propone una inversión tecnológica en ese aspecto.

## **10.2. BIM como herramienta de coordinación**

Como se ha mencionado en apartados anteriores, la coordinación mediante el uso de la tecnología BIM debe ser desde la etapa de planificación, como lo viene trabajando EFE en su PEB actual, y se debe proyectar hasta la etapa de ejecución, con usos claramente determinados, como se propone en secciones previas de este trabajo.

En cuanto a la coordinación en etapa de planificación, diseño y construcción, según lo indicado en el PEB de EFE, se contempla la coordinación de disciplinas considerando arquitectura, estructura e instalaciones, donde es propuesto como alcance el trabajo en edificaciones (Estaciones de pasajeros, subestaciones eléctricas, entre otras.), cruces vehiculares desnivelados, pasos peatonales y túneles.

De lo anterior, es muy importante remarcar la inexistencia de un alcance que proponga el modelamiento del trazado lineal, el mayor activo de EFE y donde se centra el presupuesto de mantenimiento y reparación, por lo tanto, es importante considerar su inclusión en los modelos BIM para poder gestionar su administración en etapas de operación y así proponer sistemas de monitoreo y mantenimiento preventiva coordinados adecuadamente mediante el uso de la tecnología BIM.

En particular, junto con la inclusión del trazado lineal en los modelos BIM, se hace necesaria la inclusión de nuevas disciplinas no consideradas en el PEB actual de EFE, por lo tanto, se propone la entidad de disciplina denominada "trazado lineal" que a su vez considera disciplina eléctrica (Encargada de catenarias, y sistemas ferroviarios) y la disciplina de vías férreas. Es muy importante esta distinción a la hora de coordinar especialidades en todas las etapas del proyecto, y aún más para coordinar labores de mantenimiento y reparación, así como también para proponer proyectos que contemplen

extensiones del trazado o cualquier proyecto que trabaje sobre la infraestructura existente. Tenemos que considerar que gran parte del presupuesto de un proyecto se destina al trazado, por lo que dejar un activo tan importante fuera del modelado escapa de la lógica que plantea una buena administración de la infraestructura.

Debido a lo anteriormente descrito, es que para la elección de herramientas necesarias en la implementación de la metodología BIM, se deben contemplar plataformas que permitan modelar y gestionar trazados lineales, donde existe infraestructura que se extiende a lo largo de muchos kilómetros y que genera una data importante en el espacio. Las plataformas escogidas deben seguir la lógica de entregar la posibilidad de trabajar con este trazado lineal desde la etapa de diseño hasta la etapa de ejecución y que a su vez presente las características necesarias para la correcta coordinación entre estructuras a lo largo de todo el trazado para todas las disciplinas mencionadas en este apartado.

Específicamente para el trazado lineal y siguiendo la línea del apartado anterior, se propone el uso de la herramienta OpenRail Designer, que permite el diseño y coordinación sobre la vía férrea mediante el uso de funciones específicas y de fácil utilización incluidas en el programa, permite analizar ubicación de vías ferroviarias y durmientes, analizar regresiones de las vías férreas, automatizar la producción de dibujos de rieles, crear perfiles y secciones transversales, diseñar señalización ferroviaria, diseñar sistemas de drenajes, entre otras funcionalidades necesarias para diseñar un trazado ferroviario. Toda esta información permite ser exportada en formato IFC de modo que cualquier Software BIM puede importar los archivos generados y trabajar sobre ellos, generando así la data no contemplada por el PEB actual de EFE y permitiendo una coordinación completa entre todas las disciplinas propuestas en este capítulo.

### **10.3. BIM como herramienta de mantención**

En capítulos anteriores ya se ha mencionado la importancia de los procesos de mantención para la infraestructura administrada por EFE, indicando principalmente que su importancia radica en asegurar la continuidad de los servicios ferroviarios en todo momento, así como también mantener estándares de confianza con respecto a los horarios y frecuencia de los trenes, pues es una característica importante en este medio de transporte.

Con respecto a este punto, es que BIM ofrece grandes beneficios, donde se destaca la reducción de costos operacionales y de inversión en mejora de los activos, la mejora de coordinación de especialidades en procesos de mantención al tener un modelo único actualizado, reducir la incertidumbre del inventario de activos actuales, mejora el rendimiento de los activos, aumenta la vida útil de los activos del proyecto y permite tener una percepción visual de la información de mantenimiento, lo cual considera personal, acciones y espacios destinados para esto.

En el caso de EFE ya existen protocolos y flujos de trabajos que cubren el área de mantenimiento, tanto de la parte preventiva como de la parte correctiva. La situación ideal sería nunca llegar a un mantenimiento correctivo, pero siempre hay que considerar un plan de acción en esos casos. La metodología BIM propone que todos estos protocolos

y planes de acción queden detallados dentro de la plataforma, para que la administración de esta información sea manejada por todos quienes tengan acceso al modelo según su función dentro de la organización, así como también para que quienes realicen estas actividades de mantención dejen registro sobre el mismo modelo de lo realizado.

BIM inicialmente entrega una solución organizativa para los procesos de mantención, donde se puede identificar, mediante la carga de información al modelo, cuando se debe ejecutar mantención sobre un activo, quien debe ejecutar esa mantención, que otras zonas son afectadas durante el proceso de mantención, bajo qué condiciones debe ser realizado y con qué herramientas o tecnologías debe contar quien realice ese proceso. Además, todo lo realizado se vuelve a actualizar sobre el modelo, dejando registro documental y visual. Pero no solo eso nos entrega el mantenimiento mediante BIM, también nos permite ampliar las dimensiones de información sobre nuestros activos, esto mediante el uso de sensores, análisis de big data y programación sobre el modelo, tal que cuando una determinada red de sensores haga una toma de dato, estos sea analizados en tiempo real e incluidos sobre el modelo, con lo cual es posible poner alertas sobre situaciones que muestren con antelación problemas que pueden ocurrir en el futuro, activando así los protocolos establecidos por la empresa para esas ocasiones y gestionando un mantenimiento preventivo no programado.

Recordemos de capítulos anteriores que se ha propuesto la utilización de acelerómetros para medir las vibraciones sobre la vía férrea como un proceso de detección de patrones como síntomas de patologías asociadas al trazado lineal. Es bajo este punto específico que se generan requerimientos importantes sobre las plataformas elegidas para el trabajo de los modelos BIM y para los software de análisis de datos, pues se debe garantizar un buen uso de la data generada a partir de los sensores sin caer en el síndrome del big data, y se debe contemplar el uso de plataformas de modelado y visualización de modelos tal que la información final obtenida a partir de los sensores sea visible y utilizable para activar protocolos de mantención preventiva. Es a partir de lo anterior, que esta dimensión del uso de BIM propone necesidades tecnológicas mayores y necesarias de contemplar en un PEB, pues desde la etapa de planificación del proyecto se debe realizar una selección tecnológica adecuada a los requerimientos del proyecto.

## **11. Determinación de un entorno común de datos para la administración de la información**

Un entorno común de datos es un área de colaboración digital, habitualmente en la nube, donde se almacena toda la información del proyecto de manera segura, y a la que tienen acceso todos los miembros del equipo de trabajo para hacer revisiones o modificaciones según su rol. Su uso mejora la seguridad, reduce el riesgo de duplicidad de información y la falta de comunicación (Eseverri, 2021). Además, es importante mencionar que los CDE están normados según la ISO 19650.

Dentro de la oferta a la hora de elección de un entorno común de datos, existe una gran variedad de ellos, que se adaptan a distintas características de modelos, y que, si bien trabajan bajo una misma lógica según la definición anterior y la normativa impuesta en la ISO 19650, tienen interfaz, comandos y funcionamiento que difieren unas de otra, así como también existe una componente económica importante al realizar la elección de un entorno común de datos.

La idea detrás de una buena elección de un entorno común de datos se sustenta en tener una plataforma donde todas las especialidades puedan visualizar el trabajo en conjunto, para realizar revisiones, modificaciones o coordinación, todo esto a partir de las distintas documentaciones y modelos iniciales generados por las distintas especialidades que intervienen en el proyecto. Es importante remarcar que cada especialidad tiene asignada una cantidad específicas de licencias para el uso de sus softwares específicos los que traen consigo un valor económico considerable y no todos los profesiones del proyecto pueden acceder a esto, es ahí donde el entorno común de datos toma también gran importancia permitiendo que todos los actores del proyecto puedan acceder a la visualización de los modelos BIM y trabajar sobre ellos, sin necesidad de acceder necesariamente al software especializado y limitando la entrega de licencias a los profesionales específicos. Finalmente, dentro del entorno común de datos, todos quienes puedan visualizar el modelo tienen un nivel distinto de interacción con él, donde a cada persona se le asigna un nivel particular que limita sus acciones dentro del modelo según se ha definido en el PEB. Es importante destacar que el entorno común de datos no solo es una visualización conjunta del modelo, sino que también es una herramienta de gestión de documentación, coordinación y planificación.

Los principales beneficios del uso de un entorno común de datos se ven reflejados en el ámbito económico y organizativo, donde el acceso a la tecnología BIM se hace mucho más accesible, puesto que las licencias y softwares específicos solo son entregados a una cantidad limitada de profesionales, y es el entorno común de datos el que permite la gestión del modelo, más aún si lo pensamos como una herramienta aplicable a fases de operación. Claramente, el entorno común de datos también ofrece grandes beneficios desde la coordinación y control de los modelos BIM, nos permite tener todo en un solo lugar, evitar elementos y archivos duplicados, y llevar un control importante sobre la documentación generada durante todo el proceso, ya sea en 2D o 3D, siendo así una importante herramienta para el área de calidad de un proyecto. Por lo tanto, todos los usos BIM planteados como importantes en capítulos anteriores de este trabajo, confluyen sobre este entorno común de datos, lo que nos entrega un dimensionamiento de su importancia.

### **11.1. Caracterización de necesidades técnicas del entorno común de datos**

En virtud de lo indicado en el capítulo anterior, es posible identificar algunas necesidades esenciales que debe cubrir un entorno común de datos para los proyectos mencionados de EFE, todo esto siguiendo la lógica de los usos propuestos y la aplicación de los parámetros definidos previamente a incluir en el modelo.

El entorno común de datos que sea seleccionado debe cumplir con la capacidad para trabajar con un gran volumen de datos, donde inicialmente el levantamiento de las características del terreno se hará a partir de una nube de puntos capturada con una tecnología que proporciona una cantidad de datos superior a cualquier otra, en donde como se indica en el apartado correspondiente, se puede llegar a obtener 1.2 millones de puntos por segundo mediante el levantamiento de condiciones con sensores LIDAR, además, se debe considerar que la idea del modelo es tener dentro de él tanto las estructuras de edificación y puentes, como también el trazado lineal, es por esto que el la cantidad de datos generados debe ser considerada a la hora de escoger un buen entorno común de datos.

Otra necesidad que debe cubrir esta elección es poseer una interoperabilidad adecuada con las herramientas propuestas en el capítulo anterior, en donde los datos IFC sean leídos correctamente para obtener datos utilizables a partir de los trabajos realizados en las herramientas de OpenRail, tanto para planificación como para coordinación, esto vuelve a remarcar la importancia de lo indicado en el párrafo anterior, donde se vuelve imprescindible un entorno común de datos que permita una buena visualización de todo el proyecto, incluyendo el trazado lineal, con todo la complejidad que eso representa, donde se puedan trabajar las distintas capas obtenidas de las condiciones existentes, aprovechando al máximo las características de estas que han sido mencionadas en capítulos anteriores.

Finalmente, la elección del entorno común de datos debe necesariamente considerar el trabajo con sensores para el monitoreo de la vía férrea, esto es lograr trabajar con datos en tiempo real, los cuales son tratados y filtrados previamente con las herramientas mencionadas en capítulos anteriores, pero que pueda reflejar los resultados que son entregados. Esto quiere decir, que el entorno común de datos debe proporcionar una capacidad tecnológica importante para poder recibir estos datos y mantenerlos actualizados en todo momento, generando a partir de ellos procesos de mantención y reparación oportunos según los protocolos establecidos por la empresa EFE. Además, para cumplir con la interoperabilidad de los modelos es importante contemplar que los archivos importados y exportados del CDE deben necesariamente cumplir con el criterio de manejo de datos en formato IFC.

### **11.2. Caracterización de las necesidades generales del entorno común de datos**

En este apartado se exponen necesidades generales sobre el entorno común de datos, esto pensando principalmente en el tipo de proyectos gestionados por EFE, así como también el perfil de la empresa y su nivel de madurez actual de BIM, además de su actual PEB. En particular el entorno común de datos dese considerar lo siguiente.

- La herramienta elegida debe trabajar en la nube.
- La herramienta elegida debe ser abierta para los profesionales necesarios en el proyecto, no debe ser dependiente de un número limitado de licencias
- La herramienta elegida debe permitir la gestión de accesos, donde no todos puedan acceder a toda la información
- La herramienta elegida debe permitir el compartir información mediante enlace
- La herramienta elegida debe tener control de versiones
- La herramienta elegida debe permitir búsqueda fácil de información que trabaje desde el sistema de clasificación propuesto en apartados anteriores.
- La herramienta elegida debe permitir los flujos de trabajos integrados (aprobaciones, comentarios, etc).
- La herramienta elegida debe permitir la visualización y anotación de archivos y modelos en todos los tramos del proyecto (incluido el trazado lineal)
- La herramienta elegida debe permitir la gestión de modelos a partir del formato IFC
- La herramienta elegida debe permitir exportar la información en formato IFC
- La herramienta elegida debe permitir gestionar la planificación del proyecto (Considerando información entrante desde requerimientos hasta la gestión de datos generados durante todas las etapas del proyecto)

En virtud de lo anterior, es que se acota la búsqueda de un entorno común de datos únicamente a aquellos que cumplan con las características nombradas previamente, donde luego también deben cumplir las condiciones técnicas mencionadas en el apartado anterior.

### **11.3. Determinación del entorno común de datos de mayor eficiencia para EFE**

En consecuencia, según las necesidades presentadas previamente, es que se lleva a cabo un análisis de distintos entornos comunes de datos, para los cuales se verifica el cumplimiento de lo expuesto. Es así, que el primer filtro tiene que ver con las condiciones impuestas sobre la accesibilidad a usuario simultáneos sin necesidad de una licencia, con la posibilidad de visualización del trazado lineal a lo largo de todo el proyecto y con la posibilidad de añadir información en tiempo real sobre mediciones realizadas mediante el uso de sensores en las vías.

Consistente con ese primer filtro, y basado en la lógica de una elección que presente certezas sobre la calidad y confianza del entorno común de datos seleccionado, es que las opciones para su análisis se limitan a dos herramientas principales de alto prestigio en la industria, por un lado vamos a considerar a Aconex, uno de los CDE más conocidos

en la industria a nivel mundial, y por otro lado Eplass, un CDE con enfoque especializado en proyectos de infraestructura, donde ambas cumplen con la premisa de ser importantes herramientas de gran accesibilidad a profesionales del proyecto que gestionan los modelos, que permite llevar a cabo proyectos de infraestructura vial, en particular trazados lineales, y que permite una buena interconexión con datos obtenidos por sensores mediante la metodología presentada en el capítulo de datos aplicables al modelo en el apartado de mantención.

De estas herramientas seleccionadas se aplica un segundo gran filtro con todo el resto de las necesidades planteadas previamente, donde además, se toma como un parámetro importante su aplicación en otros proyectos similares, esto para dar seguridad sobre su correcto funcionamiento en el campo de interés.

Si bien ambas plataformas presentan características bastantes similares, la elección y punto de inflexión en la elección de una tiene directa relación con su uso en proyectos anteriores, donde se propone trabajar con Aconex debido al estudio presentado sobre su aplicación en el proyecto Qatar Rail, el cual propone características incluso más sofisticadas que los proyectos actuales gestionados por EFE y sistemas de administración de la infraestructura más complejos que los planteados en el presente trabajo, pero que tienen características similares en cuanto a la interconexión de distintos trazados de los trenes urbanos, trenes ligeros, trenes de pasajeros y trenes de carga de larga distancia, lo que puede emular muy bien la situación actual y futura de los trenes en nuestro país.

En relación al entorno común de datos Aconex, se puede destacar que es una de las plataformas para la administración de datos BIM más usadas a nivel mundial en la industria de la construcción. Aconex se perfila como una empresa sólida y de alta experiencia en el rubro, donde a nivel mundial ha realizado proyectos evaluados en más de 700.000 millones de dólares americanos, lo que entrega un nivel de confiabilidad muy gran a la hora de elegirla. Esta herramienta propone 4 principales ejes de trabajos, estos son el control de modelos y documento, la conexión BIM, la gestión de procesos y la gestión de correspondencia.

Dentro de los beneficios específicos que ofrece el trabajo con este entorno común de datos se puede destacar el ahorro de hasta un 50% en los tiempos de procesamiento de documentos, permite la gestión de millones de documentos y modelos sin límites de datos y participantes, evita errores en el control de versiones trabajando siempre con el último documento aprobado, permite el seguimiento del flujo de trabajo y los informes proporcionan un análisis en tiempo real para identificar y resolver dificultades antes de que causen demoras, evita la correspondencia manual, permite rastrear fácilmente las comunicaciones en proceso, registra toda la correspondencia de forma automática, permite la coordinación de modelos y equipos en un solo lugar, permite compartir sin problemas modelos con programas especializados, se basa en el uso del formato IFC para asegurar una interoperabilidad con las demás plataformas, permite la visualización de presupuestos y pronósticos, permite realizar seguimientos del rendimiento económico del proyecto en tiempo real, permite una gestión en la misma plataforma de procesos de seguridad y calidad, permite la gestión de datos de salud y seguridad en tiempo real, y tiene un servicio de asistencia las 24 horas del día los 7 días de la semana.

Por lo tanto, este entorno común de datos, cumple con todas las características necesarias para cubrir las necesidades planteadas tanto por el actual PEB elaborado por EFE, como para cubrir las necesidades propias de los usos y tecnologías propuestas en el presente trabajo. Aun así, es posible la exploración de un nuevo entorno común de datos que se adapte a las necesidades de EFE, pero su existencia es imprescindible para una buena implementación de la tecnología BIM.

## Capítulo IV

### 12. Descripción y análisis de los resultados

Para realizar un análisis de resultados, primero es necesario recordar que los objetivos específicos planteados para este estudio son determinar alcances y uso eficiente de la metodología BIM que respondan a las necesidades de EFE para proyectos de mejoras y ampliación; determinar datos y parámetros necesarios en los modelos para poder administrar y gestionar la operación de nuevos proyectos; determinar herramientas de la plataforma para la planificación, coordinación y programación de tareas en los proyectos; evaluar de forma correcta el uso de un entorno común de datos para la administración de información de los distintos proyectos de EFE.

Es bajo ese contexto que el estudio realizado se centra en dar respuestas a esas premisas, donde inicialmente se detectaron necesidades de la empresa EFE con respecto a sus proyectos, las cuales corresponden principalmente a generar un flujo de coordinación tal que permita desarrollar métodos constructivos que permitan desarrollar proyectos de ampliación y mantenimiento sobre infraestructura de uso constante, esto es, llevar a cabo trabajos sin interrumpir el flujo actual de trenes que utilizan la infraestructura disponible. Esto implica la necesidad de conocer con alta exactitud las condiciones de terreno existente en la actual infraestructura de EFE, así como también de las áreas donde se pretenden realizar nuevos proyectos. Además, el rol administrativo de EFE sobre la infraestructura, sumado a los proyectos de ampliación, generan un particular interés sobre los modelos en proyectos terminados, así como también generan especial preocupación sobre el mantenimiento en etapas de operación y explotación de las vías.

De lo anterior, junto con el análisis del plan de ejecución BIM actual de EFE, el cual especifica que los actuales alcances de la implementación son el desarrollo de modelos BIM, métodos constructivos y secuencia de trabajos para edificaciones/ estaciones de pasajeros, subestaciones eléctricas, cruces vehiculares, pasos peatonales y túneles, es que se propone una ampliación de usos BIM a considerar de modo que se de respuesta clara a las problemáticas y necesidades planteadas por EFE.

Conforme a lo anterior se proponen 4 usos necesarios de considerar en la ejecución BIM llevada a cabo por EFE, donde además existe una ampliación de los alcances del modelo, puesto que se agrega el trazado lineal, lo cual hace mucho sentido entendiendo que debido a su longitud y el área que abarca, es el mayor activo de la empresa y su gestión y mantenimiento es lo que capta el mayor presupuesto en etapa de operación. Es así como se propone necesario considerar los usos definidos en el PlanBIM, que rige la normativa chilena sobre la implementación BIM, de levantamiento de condiciones existentes, modelación as-buit, mantenimiento preventivo y coordinación 3D.

El primer uso satisface las necesidades de EFE de entender a cabalidad el estado actual de la infraestructura existente, para de esta manera proponer proyectos que se adapten a estas condiciones y que permitan ser realizados asegurando la continuidad del servicio actual de trenes.

El segundo uso amplía la data generada por el primero, puesto que permite obtener el estado final de los proyectos actuales y futuros realizados por EFE, permitiendo así tener una visión total del panorama actual de la infraestructura, lo que permite el desarrollo de nuevos proyectos y la generación de métodos constructivos con un nivel de detalle mayor que el planteado en el actual PEB de EFE.

El tercer uso se preocupa de utilizar toda esta data generada mediante el levantamiento de condiciones y la modelación as built y la utiliza para generar procesos de mantención preventiva, dentro de lo cual se propone un monitoreo activo mediante sensores en la infraestructura crítica que asegura la condición de operación continua del ferrocarril, es así como se pretende coordinar a todas las especialidades que contribuyen en el mantenimiento y gestión de la infraestructura de EFE, siendo esta también la principal herramienta de coordinación en la etapa de operación (Admiración de infraestructura para el caso de EFE).

El cuarto y último uso hace referencia a una necesidad intrínseca de un proyecto BIM, que es el asegurar que todo el proyecto sea desarrollado en una modelación 3D con coordinación constante sobre ese modelo, siendo así un uso que tiene como intención asegurar que los modelos finales entregados corresponden a un trabajo llevado a cabo durante todo el proceso y no es un proyecto ejecutado en 2D y traspasado a modelos BIM al final de este.

Retomando los objetivos específicos del trabajo, para dar respuesta a los parámetros necesario de considerar en el modelo, es que se propone concentrar la atención en tres ejes principales.

Primero, el levantamiento de una nube de puntos para levantar las condiciones existentes y llevarlas al modelo 3D, esto implica la utilización de ciertas tecnologías que levantamiento de condiciones, dentro de las cuales para este tipo de proyectos se recomienda el uso complementario de la fotogrametría y la tecnología laser mediante el uso de sensores LIDAR.

Segundo, la determinación de un sistema de clasificación para la metodología, de modo que responda a la necesidad de tener una buena administración de la información capturada en el modelamiento as built y que converse de buena manera con los demás modelos, bajo este contexto se recomienda el uso del sistema de clasificación propuesta por el RIH el año 2020, lo cual permite un trabajo en conjunto dentro del área de los ferrocarriles y se adapta a las necesidades de los proyectos de EFE.

Tercero, definir los parámetros aplicables a la mantención preventiva, para determinar específicamente como se ejecutará el uso propuesto que lleva el mismo nombre, para esto se propone incluir en el modelo los procesos actuales de EFE para mantención preventiva, así como también los protocolos detallados en caso de que sea necesaria una mantención correctiva, y complementar esto con el uso de sensores en las vías que logren monitorear el tiempo real las vibraciones en la vía, donde mediante estudios realizados previamente en diferentes lugares del mundo, se puede predecir con antelación distintas patologías sobre la infraestructura crítica para el tren de manera que se puedan aplicar mantenciones preventivas que aseguren un óptimo uso de los recursos

de la empresa.

Sobre la planificación, coordinación y mantención de los proyectos de EFE mediante la metodología BIM, se propone trabajar con diferentes herramientas para cada uno de estos procesos, donde es necesario comprender que la coordinación se propone para las etapas de diseño, construcción y operación, esto hace referencia también al uso llamado coordinación 3D que apunta a su utilización a lo largo de toda la vida útil los modelos BIM como medio de coordinación. En particular para planificación y coordinación se propone trabajar con herramientas de OpenRail, en particular ConceptStation para la planificación del proyecto, lo cual permite crear diseño conceptuales de opciones de proyectos a bajo costo de manera que se puedan evaluar distintas posibilidades de proyecto sin incurrir en grandes gastos, donde además se pueden cargar nube de puntos y datos de proyectos ya existentes y trabajar sobre ellos, también el software permite cargar información adicional relevante para el proyecto, de modo que toda la data que influye en el proceso de toma de decisiones durante la planificación estén visibles y en un solo lugar, es importante entender que esa etapa de planificación conversa directamente con la etapa de coordinación, es por eso que para la coordinación se propone el uso de OpenRail Designer, que al ser productos del mismo propietario trabajan de manera secuencial y con una inmejorable interconexión, esta herramienta permite pasar de lo conceptual y centrarse en la realización del diseño y en la coordinación sobre las vías férreas mediante el uso de funciones específicas y de fácil utilización que vienen incluidas en el programa y que responden directamente a las necesidades de un proyecto ferroviario, permite el cálculo de movimiento de tierra, así como también el diseño del trazado con su respectiva señalización, cabe destacar que la coordinación se propone desde un inicio del proyecto mediante esta herramienta y que luego, mediante la capacidad del software de exportar el trabajo realizado a formato IFC, permite trasladar el trabajo a cualquier otro software BIM especializado y también a un entorno común de datos donde sigue el proceso de coordinación en etapas avanzadas. Con respecto a la mantención, inicialmente se propone entender BIM como una solución organizativa para los procesos de mantención, donde esté toda la información de mantenimiento en un solo modelo, de esta manera los procesos se pueden cumplir de forma ordenada y coordinada, así también el modelo se va nutriendo con mayor información a lo largo del ciclo de vida, en donde toda inspección y modificación queda registrada incluyendo quien la realiza, además, es importante recordar que se propone el trabajo con el uso de sensores, específicamente acelerómetros, para monitorear en tiempo real el estado del trazado lineal, esto es un proceso que genera mucha información y queda debe ser procesado de forma muy particular para tener datos en tiempo real y generar procesos de mantenimiento acordes a lo observado, es por esto que se propone el uso de herramientas específicas para estas tareas, en este caso se sugiere utilizar el sistema propuesto en un trabajo de título anterior (Contreras, 2020), donde la herramienta computacional acorde para el uso de los datos entregados por los sensores de monitoreo sobre modelos BIM es COBie, lo cual es a grandes rasgos un formato de datos que nos permite ordenar la información obtenida y luego utilizarla como un input para otras aplicaciones de Softwares como los Facility Managment. Es importante notar que los nuevos megaproyectos de extensión de vía es una muy buena oportunidad para llevar a cabo una implementación de BIM completa, que abarque todo el ciclo de vida del proyecto nutriéndose de buena información desde un principio.

Sobre la determinación de un entorno común de datos que se adapte a los proyectos de EFE, es que se realiza un análisis sobre las necesidades que éste debe tener conforme a los requerimientos de un proyecto ferroviario, entendiendo que su correcta elección trae grandes beneficios, donde destacan principalmente el acceso al modelo de los distintos agentes del proyecto, donde cada uno tiene asignado un rol BIM que permite generar una serie de acciones limitadas, además, permite tener un único modelo donde la información esté centralizada y actualizada, sin posibilidad de duplicaciones, donde quedan registradas todas las revisiones, modificaciones y las distintas acciones de coordinación realizadas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (esto tiene directa relación con el área de calidad), por lo tanto, todos los usos BIM planteados en este trabajo confluyen a este mismo lugar, es ahí donde logramos magnificar su importancia. Luego, con el set de necesidades característicos de este tipo de proyectos se evalúan distintas posibilidades que se adaptan a los requerimientos, donde se propone el uso de Aconex, uno de los CDE más conocidos en la industria a nivel mundial, pues es la plataforma que mejor se adapta a las necesidades y que además presenta experiencias comprobadas en el rubro con proyectos de mayor envergadura y dificultad técnica que los de EFE.

### **13. Conclusiones y recomendaciones**

En relación a los objetivos planteados en las secciones iniciales, y en virtud de los resultados expuestos en el apartado anterior, se logra concluir que estos fueron completados en su totalidad, dando respuestas a cada uno de los objetivos específicos del trabajo y de paso completando el objetivo general que contempla este estudio.

Con respecto al contenido del presente informe, es importante destacar que en los distintos capítulos se plantean propuestas de una dimensión diferente de BIM no contemplada en el actual PEB de EFE, que responden a problemáticas planteadas por la empresa y que son características de los proyectos ferroviarios nacionales, pero que lejos de ser una exigencia, es una propuesta de implementación, por lo tanto debe ser tomada como tal, lo importante de esta reflexión es entender que si bien existe un trabajo relacionado entre ellas, su implementación no necesariamente implica llevar a cabo todo de una sola vez, es necesario entender que la tecnología BIM constituye una metodología de construcción, por lo tanto su aplicación no se centra únicamente en la adquisición de tecnología, si no que se centra en capacitar a todo el equipo que está detrás de un proyecto para lograr una buena implementación. Este paradigma se presenta actualmente en otras empresas de rubros similares, como por ejemplo en Metro, que sin entrar en mayores detalles, dentro de entrevistas realizadas para esta memoria hicieron notar que el mayor desafío de la implementación de la metodología BIM es lograr que todos los trabajadores de un equipo entiendan que su trabajo tiene que conversar con el de las demás especialidades y que los problemas que están solucionando para el futuro, con la detección de interferencias por ejemplo, son hechos que van a ocurrir y no son solo especulaciones que cargan de mayor trabajo las etapas previas a la construcción.

Haciendo hincapié en lo mencionado anteriormente, es necesario aplicar la metodología, las recomendaciones y las propuestas aquí mencionadas a medida que el nivel de madurez de la metodología y el nivel de las plataformas escogidas por EFE van

avanzando, una buena implementación y maduración BIM puede llevar una cantidad considerable de años, sin ir más lejos el PlanBIM es un plan pensado a 10 años donde actualmente las metas propuestas llevan un nivel de retraso considerable. Por lo tanto, la implementación del PEB actual, más propuestas que puedan ser acogidas de este trabajo deben ser realizado bajo un análisis riguroso de las capacidades administrativas de la empresa luego de la etapa de construcción.

En concordancia con lo planteado anteriormente, existen dos áreas de importancia en los procesos de licitación actuales y futuros de EFE, primero debe ser clara la finalidad del uso de BIM en procesos de planificación, diseño y construcción en conjunto con las empresas constructoras, donde se defina claramente los objetivos de la implementación BIM, los alcances necesarios durante la planificación, el diseño y la construcción, especificando los usos y requerimientos según lo disponible en el estándar BIM, que es la normativa nacional vigente, y segundo, deben definir con un alto grado de precisión cuáles son los parámetros que deban ser incluidos por parte de los proveedores de los modelos para los proyectos de EFE, definidos en función de la madurez de la plataforma, entendiendo que esto puede variar en el tiempo, esto define también cuáles serán los productos BIM de salida luego de terminada la construcción, cuánta data será entregada y de qué va a estar configurada esa data, esto último es de suma importancia puesto que actualmente existen muchas empresas públicas, que con el único afán de apearse a la normativa del PlanBIM exigen mucho más de lo que realmente pueden administrar, generando costos mayores asociados a la implementación BIM por parte de quien construye, y generando una sensación de poca utilidad post constructiva para quién licita, lo cual únicamente aleja a las empresas del uso de BIM en etapas de operación, que es un práctica que entrega muchos beneficios económicos al mirar todo el ciclo de vida de un proyecto.

En relación a lo anterior, y en virtud de la actual madurez de BIM en EFE según su PEB, sumado a las propuestas presentadas en este trabajo existen una serie de requerimientos que sería bueno considerar por EFE para futuros procesos de licitación, donde el producto final esperado, luego de la aplicación de la metodología BIM en etapas de planificación diseño y construcción según los usos específicamente determinados, es un modelo 3D trabajado en un entorno común de datos acordado con EFE, donde quede registro de toda la documentación del proyecto, con sus respectivos envíos, revisiones y aprobaciones, el modelo entregado debe considerar las etapas constructivas y la modelación as built, además, debe considerar tanto el trazado lineal como las singularidades de este. Con respecto a los parámetros que deben ser incluidos en el modelo, estos se definen en virtud de los usos especificados para el proyecto, en este caso, considerando los usos propuestos en el presente informe, los NDI determinados y según la Matriz de información de Entidades, publicada por PlanBIM en 2019, se deben contemplar los siguientes parámetros.

- **Meta Data del proyecto:** Identificador Externo de la Instalación, Nombre de Instalación, Tipología de Uso de Instalación, Función de la Instalación, Forma de la Instalación, Dirección de Instalación, Número de Proyecto, Nombre de Proyecto,

Descripción del Proyecto, Número de Título del Sitio, Dirección del Sitio, Requerimientos Espaciales, Proximidad de Espacio, Categoría de Espacio, Función del Espacio, Forma del Espacio.

- **Propiedades físicas de objetos y elementos:** Largo, Ancho, Alto, Área, Volumen, Perímetro, Espesor, Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc), Área de Sección Transversal. Área de superficie externa, Inclinación, Espacio Mínimo Requerido, Masa, Densidad de Masa, Conexiones (estructuras metálicas y equipos), Capacidad de carga, Angulo, Inclinación del Plano, Corte transversal.
- **Propiedades geográficas:** De Uso en Exterior, Posición en Latitud, Posición en Longitud, Altitud, Posición GPS, Tipo de Posición, Restricciones de Ubicación, Código de Restricción, Número de Piso, Nombre del Espacio, Número del Espacio, Identificación de Piso, Nombre del Piso, Elevación de Piso (sobre terreno), Altura Total del Piso, Número de Pisos, Número de Ala (Zona), Descripción de Ala. Nombre de Zona, Función de la Zona, Elevación, Elevación al Datum (Dato Geográfico relacionado a geodesia), Ángulo de Rotación, Elevación al Piso, Eje X Coordenadas, Eje Y Coordenadas, Eje Z Coordenadas.
- **Requerimientos específicos de información para el fabricante:** Tipo (en diseño por entidades), Tipo por Función Material, Disponibilidad (en el mercado), Identificación de Componente, Nombre de Componente, Descripción del Componente.
- **Especificaciones de detalle:** Identificación del Atributo, Nombre del Atributo, Descripción de Atributo (de la especificación particular del elemento), Valor de Atributo (ej. Transmitancia de calor), Unidad del Atributo.
- **Costo Conceptual:** Unidad Costo Conceptual, Costos Futuros supuestos, Valor en que se basa el Costeo (ej:valor m2)
- **Condiciones medioambientales y del sitio:** Condiciones sísmicas, Uso de Terreno, Códigos Medioambientales, Identificación del Lote.
- **Validación de cumplimiento de programa:** Área bruta planificada, área planificada interior, Volumen espacial, Espacio bruto o neto, Acústica, Altura de cielo, Espacio útil adecuado
- **Cumplimiento Normativo y requerimientos de seguridad de ocupantes:** Requerimientos de Egreso (normativa), Superficie Edificable/Útil, Límite de altura del edificio, Área Total, Requerimientos de Clasificación de Resistencia al Fuego, Selección de Tipo de Edificación, Requerimiento de altura libre, Requerimiento de inclinación, Requerimientos de ventilación, Altura de Acceso, Ancho de Acceso, Accesible al Público, Resistencia al Fuego, Acceso a Discapacitados, Es Combustible, Compartimentación, Ocupación/Capacidad, Área de piso por ocupante (carga de ocupación), Salida de Emergencia, Tiene Recubrimiento Antideslizante.

- **Requisitos de fases y secuencias de tiempo y calendarización:** Fases contempladas, Secuencia de tiempo, Orden de hitos del proyecto.
- **Entrega de la construcción:** Compañías (stakeholders), Contactos asociados, Plan de Ejecución y Construcción, Nombre de Disciplina, Identificación del sistema, Identificador Externo de la Instalación, Categoría del Sistema, Nombre del Sistema, Descripción del Sistema.
- **Gestión de activos e información interna:** Tipo de Activo, Costo de Reemplazo, Esperanza de Vida, Unidad de Esperanza de Vida, Identificación de Documentación, Nombre de Documentos, Nombre del Directorio de Documentos, Nombre de Archivo documental, Tipo de Documento, Descripción de la Garantía, Comienzo de Garantía, Identificación de Repuesto, Tipo de Repuesto, Lista de Identificador del proveedor de repuestos, Identificador de Lote de Repuestos, Nombre de Repuesto, Numero de Repuesto, Descripción de Repuesto.

Con lo anterior se completan las recomendaciones propuestas para EFE en sus proyectos futuros realizados en BIM, recordando que la responsabilidad de una buena ejecución está en entender el proceso como una metodología que necesita compromiso, capacitación y tecnología, prácticamente en partes iguales, donde no se debe descuidar ninguno de estos aspectos para obtener el mayor beneficio posible de esta tremenda tecnología.

## 14. Bibliografía

1. MT Højgaard (2016) BIM Manual Civil Works and Infrastructure, Dinamarca.
2. MIDEPLAN (2003) Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria, Chile.
3. Planbim (2019) Estándar BIM para proyectos públicos, Chile.
4. Planbim (2019) Matriz de información de entidades, Chile
5. Antonio Manuel Reyes Rodríguez, Pablo Cordero, Alonso Candelario Garrido (2016) BIM. Diseño y gestión de la construcción. España.
6. Alarcon, C. (2021, 5 marzo). EFE presentó Encuesta de Satisfacción de Usuarios: Pasajeros valoran protocolos de limpieza de las estaciones y trenes. EFE Trenes de Chile. <https://www.efe.cl/efe-presento-encuesta-de-satisfaccion-de-usuarios-pasajeros-valoran-protocolos-de-limpieza-de-las-estaciones-y-trenes/>
7. Antecedentes del sector ferroviario. (2021). Recuperado 11 de marzo de 2021, de Ministerio de transporte y telecomunicaciones website: <https://www.mtt.gob.cl/pdl/ferroviario/antecedentes-del-sector>
8. EFE. (2020, agosto 13). **Historia. EFE Trenes de Chile.** <https://www.efe.cl/corporativo/historia/>
9. Alameda - Melipilla. (2020). Recuperado 11 de marzo de 2021, de EFE website: <https://www.efe.cl/proyectos/alameda-melipilla/>
10. Santiago - Batuco. (2020). Recuperado 11 de marzo de 2021, de EFE website: <https://www.efe.cl/proyectos/santiago-batuco/>
11. Puente Bio bio. (2020). Recuperado 11 de marzo de 2021, de EFE website: <https://www.efe.cl/proyectos/puente-bio-bio/>
12. Plan Bim. (2021, 25 marzo). **BIM. Planbim.** <https://planbim.cl/bim/>
13. Biblus. (2020, 19 marzo). **BIM en el mundo: el Building Information Modeling está revolucionando el sector AEC.** <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-el-building-information-modeling-sector-aec/>
14. Editeca. (2020, 30 noviembre). **El BIM en Latinoamérica [Actualizado].** <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
15. BIM Forum. (2016, 17 octubre). **BIM en el mundo – BIM Forum Chile.** <https://www.bimforum.cl/2016/10/17/bim-en-el-mundo/>
16. Edifica. (2020, 9 junio). **Chile avanza en la implementación de BIM.** <https://www.edifica.cl/chile-avanza-en-la-implementacion-de-bim/>

17. Blogs.autodesk. (2018, 25 abril). **Cazando Mitos: BIM para Infraestructura | Autodesk LATAM.** <https://blogs.autodesk.com/latam/2018/04/25/cazando-mitos-bim-para-infraestructura/>
18. Econova Institute. (2020, 30 marzo). **Ventajas y actualidad de BIM para Infraestructuras.** <https://econova-institute.com/blog/que-es-bim-para-infraestructuras/>
19. Autodesk. (2012). **BIM para infraestructura: Un medio para transformar los negocios.** <https://www.sonda-mco.com/productos/pdf/fy15-bim-for-infrastructure-white-paper-high-resolution-es-la.pdf>
20. SEP. (2019). **Memoria Anual 2019 SEP- EFE.** [http://www.sepchile.cl/MemoriaSep2019/sep2019/public/pdf/empresas/EEFF\\_EFE.pdf](http://www.sepchile.cl/MemoriaSep2019/sep2019/public/pdf/empresas/EEFF_EFE.pdf)
21. EFE. (2021, 10 marzo). **Transporte de Carga. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/transporte-de-carga/>
22. EFE. (2020, junio 26). **Alameda-Melipilla. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/alameda-melipilla/>
23. EFE. (2020, julio 3). **Extensión Metro Valparaíso a Quillota y La Calera. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/proyecto-extension-metro-valparaiso-a-quillota-y-la-calera/>
24. EFE. (2020, julio 3). **Mejoramiento ramal Talca-Constitución. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/mejoramiento-ramal-talca-constitucion/>
25. EFE. (2020, julio 3). **Nuevo Servicio Chillán - Alameda. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/nuevo-servicio-de-pasajeros-chillan-alameda/>
26. EFE. (2020, julio 3). **Puente Bío-Bío. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/puente-bio-bio/>
27. EFE. (2020, julio 3). **Santiago-Batuco. Grupo EFE.** <https://www.efe.cl/proyectos/santiago-batuco/>
28. Contreras, F. A. (2020). **Guía para la implementación de smart building en hospitales y análisis del caso del nuevo Hospital del Salvador e Instituto Nacional de Geriátría en Santiago de Chile.** Universidad de Chile <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176389>
29. Vidal Muro, A. (2009). **Vibraciones en las vías de ferrocarril.** Universidad Politécnica de Cataluña. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8478/00.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

30. Ministerio de transporte y telecomunicaciones. (s. f.). **Departamento de transporte terrestre. Desarrollo Logístico Subsecretaría de transporte.** Recuperado 15 de abril de 2021, de <http://www.logistica.mtt.cl/areas/4/departamento-de-transporte-terrestre-ex-ferroviario>
31. PlanBim. (2019). **Estándar BIM Para Proyectos Públicos.** <https://planbim.cl/download/estandar-bim-para-proyectos-publicos-alta/?wpdmdl=3143&refresh=608f2db011a821619996080>
32. Biblus. (2019, 14 noviembre). **BIM 5D: estimación de los costes, un viaje en la quinta dimensión del BIM.** <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-5d-estimacion-de-los-costes-un-viaje-en-la-quinta-dimension-del-bim/>
33. Biblus. (2019a, noviembre 14). **BIM 4D: qué es y cómo se asocia la propiedad “tiempo” a un objeto de un modelo BIM.** <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-4d-que-es-y-como-se-asocia-la-propiedad-tiempo-a-un-objeto-de-un-modelo-bim/>
34. Morales, A. (2019, 14 octubre). **Ventajas e inconvenientes de utilizar aplicaciones GIS en la nube.** MappingGIS. <https://mappinggis.com/2016/11/ventajas-inconvenientes-utilizar-aplicaciones-gis-en-la-nube/>
35. Videocursos. (2020, 11 abril). **Revit y su papel en el análisis estructural.** <https://videocursos.co/revit-y-su-papel-en-el-analisis-estructural/>
36. Galván, G. (2019, 13 junio). **Análisis energético BIM, un flujo de trabajo mejorado, interactivo y compartido.** EADIC - Cursos y Master para Ingenieros y Arquitectos. <https://www.eadic.com/analisis-energetico-bim-un-flujo-de-trabajo-mejorado-interactivo-y-compartido/>
37. Hospitecna. (2017, 1 junio). **BIM en instalaciones mecánicas.** <https://hospitecna.com/arquitectura/bim-en-instalaciones-mecanicas/>
38. Biblus. (2017, 18 octubre). **BIM y Model Checking: que es y por qué son necesarios los procesos de validación de datos.** <https://biblus.accasoftware.com/es/bim-y-model-checking-que-es-y-por-que-son-necesarios-los-procesos-de-validacion-de-datos/>
39. Nawari, O. (2012, julio). **BIM-Model Checking in Building Design.** <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784412367.084>
40. Sosa Moreno, D. (2017). **Control de obra bajo metodología BIM mediante el uso de dispositivos móviles en el sitio de trabajo.** [https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2090/SosaDaniel\\_2017\\_ContraObraMetodologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/2090/SosaDaniel_2017_ContraObraMetodologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
41. Drone Spain. (2018, 2 marzo). **Ventajas e inconvenientes de la fotogrametría con drones.** <https://dronespain.pro/fotogrametria-con-drones/>

42. HÉLICEO (2019, 10 mayo) **Tecnología LiDAR integrada en drones aéreos** <http://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/tecnologia-lidar/>
43. RIH. (2020). **Manual Sistema De Clasificación Ferroviaria BIM - RIH**. Railway Innovation Hub.
44. Akponanabofa (2016) **Akponanabofa Henry oti, 2016. The utilization of BMS in BIM for Facility Management.**
45. Bentley Systems. (s. f.). **OpenRail Designer- Rail Design, Modelling & Analysis Software.** Recuperado 14 de junio de 2021, de <https://www.bentley.com/es/products/product-line/civil-design-software/openrail-designer>
46. Aguirre, A. C. (2020, 23 julio). **Beneficios de la integración de BIM con aplicaciones GMAO/EAM - Retain.** Retain Technologies. <https://retaintechologies.com/beneficios-de-la-integracion-de-bim-con-aplicaciones-gmao-eam/>
47. Eserverri, A. E. (2021, 14 junio). **CDE, ¿qué es un CDE o Common Data Environment? Espacio BIM.** <https://www.espaciobim.com/cde>
48. BOUZAS CAVADA, M. (2017, 1 abril). **¿Qué es un CDE? BuildingSMART Spanish Chapter.** <https://www.buildingsmart.es/2017/04/01/qu%C3%A9-es-un-cde/>
49. Inc, A. N. A. (2013, 8 mayo). **Qatar Rail Selects Aconex as EDMS for Major Transportation Program.** GlobeNewswire News Room. <https://www.globenewswire.com/news-release/2013/05/08/948919/0/en/Qatar-Rail-Selects-Aconex-as-EDMS-for-Major-Transportation-Program.html>
50. Grupo de Empresas Comgrap. (2021, 28 mayo). **Oracle Aconex | Entrega y controles de proyectos probados.** <https://www.comgrap.cl/oracle-aconex/>
51. International Organization for Standardization. (2018). **ISO 19650:2018. Bim Building Information Modelling.**
52. Eserverri, A. E. (2021, mayo 26). **ISO 19650 Parte 1 y 2, ¿qué es la ISO 19650? Espacio BIM.** <https://www.espaciobim.com/iso-19650>

## **Anexo A**

### **Definición de los 25 usos BIM según PlanBIM.**

A continuación, se presentan la definición proporcionada por PlanBIM para los 25 usos identificables según la normativa nacional.

1. Levantamiento de condiciones existentes: Proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las condiciones actuales de un sitio y/o sus instalaciones y/o un área específica dentro de una edificación o infraestructura. Este modelo se puede desarrollar de múltiples maneras, por ejemplo, a partir de escaneo laser o técnicas de topografía convencionales. Una vez que se construye el modelo, este se puede consultar para obtener información, ya sea para una nueva construcción o un proyecto de remodelación y/o ampliación.
2. Estimación de cantidades y costos: Proceso de utilización de la información de uno o más modelos BIM para extraer cantidades de componentes y materiales del proyecto y, en base a esta información, el costo de un proyecto en sus distintas etapas, siendo más eficiente desarrollarlo desde las etapas tempranas. Esto permite prevenir posibles costos y tiempos adicionales por errores y/o modificaciones al proyecto.
3. Planificación de fases: Proceso de utilización de uno o más modelos 4D (3D + tiempo) para planear la secuencia constructiva de un proyecto y/o las etapas de ocupación en una remodelación o ampliación de una edificación o infraestructura.
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación): Proceso de utilización de uno o más modelos BIM para evaluar si el diseño cumple de manera eficiente y exacta con las áreas incluidas en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecidas.
5. Análisis de ubicación: Proceso de utilización de uno o más modelos BIM y/o GIS para evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto.
6. Coordinación 3D: Proceso de planificación entre las distintas disciplinas previo al diseño para evitar posibles interferencias. Este Uso BIM incluye además la detección de interferencias una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM.
7. Diseño de especialidades: Proceso de creación de uno o más modelos BIM de las distintas disciplinas de un proyecto. El Diseño de especialidades es un paso clave para incorporar la información a una base de datos inteligente de la cual se pueden extraer propiedades, cantidades, costos, programación, etc.
8. Revisión del diseño: Proceso de revisión de las posibles respuestas a los requerimientos del proyecto respecto de áreas, diseño espacial, iluminación, seguridad, confort, acústica, materialidad, colores, etc., mediante la creación de uno o más modelos BIM que pueden contener múltiples alternativas de diseño.

9. Análisis estructural: Proceso de análisis para determinar el comportamiento de un sistema estructural a través de uno o más modelos BIM. En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas estructurales eficientes que cumplan con la normativa vigente. Esta información se utilizará en las fases de diseño y construcción.

10. Análisis lumínico: Proceso para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación a través de uno o más modelos BIM. Esto puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación solar y sombra). En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas de iluminación eficientes. Este análisis permite simulaciones que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación a lo largo de su ciclo de vida.

11. Análisis energético: Proceso de evaluación de un proyecto a través de uno o más modelos BIM, en base a criterios energéticos, que pueden incluir materiales, desempeños y/o procesos. Esta evaluación energética puede ser realizada en todas las etapas del ciclo de vida, sin embargo, es más efectiva cuando se realiza en la fase de diseño para luego ser aplicada en la etapa de construcción y operación del proyecto

12. Análisis mecánico: Proceso de análisis y evaluación de ingeniería de los sistemas mecánicos, basado en las especificaciones de diseño para los sistemas del proyecto, a través de uno o más modelos BIM.

13. Otros análisis de ingeniería: Proceso para determinar el método de ingeniería no tradicional más pertinente basado en las especificaciones de diseño, a través de uno o más modelos BIM. Las herramientas de análisis y simulaciones de rendimiento pueden mejorar significativamente el diseño de las instalaciones y su consumo de energía durante todo el ciclo de vida.

14. Evaluación de sustentabilidad: Proceso en el que un proyecto se evalúa en base a criterios de sustentabilidad a través de uno o más modelos BIM. Este proceso debe ocurrir durante todas las etapas de la vida de un proyecto, incluida la planificación, el diseño, la construcción y la operación. La aplicación de criterios sustentables a un proyecto en las fases de planificación y diseño temprano mejoran la capacidad de impactar en la eficiencia del diseño y la planificación.

15. Validación normativa. Proceso de revisión del cumplimiento de códigos y normas que aplican al proyecto a través de uno o más modelos BIM.

16. Planificación de obra: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para planificar, de manera gráfica, las actividades vinculadas a los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante su construcción. Esto puede incluir el costo de mano de obra y los materiales, entre otros puntos.

17. Diseño de sistemas constructivos: Proceso de diseño y análisis de la ejecución de sistemas de construcción complementarios (por ejemplo, soportes temporales, acristalamientos, etc.) para optimizar su planificación a través de uno o más modelos BIM.

18. Fabricación digital: Proceso que utiliza información de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes. Algunos usos de la fabricación digital se pueden ver, por ejemplo, en la fabricación de chapas metálicas, fabricación de acero estructural, corte de tuberías, creación de prototipos para revisiones de intención de diseño, etc. La información de los modelos ayuda a asegurar la precisión, así como también la reducción de desperdicios en la fase de fabricación.

19. Control de obra: Proceso de monitoreo, análisis, administración y optimización de la construcción, a través de uno o más modelos BIM. El objetivo es asegurar que la construcción se realice según las especificaciones técnicas, de acuerdo con las regulaciones, seguridad y requerimientos del propietario, así como para respaldar los estados de pago de los avances logrados en cada hito de entrega parcial.

20. Modelación as-built: Proceso de modelación en el que se representa de manera exacta las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una edificación o infraestructura. Los elementos de estos modelos contienen toda la información solicitada para los modelos, tal como códigos de barras, números de serie, garantías, historial de mantenimiento, entre otros.

21. Gestión de activos: Proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado bidireccionalmente a un modelo BIM as-built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos BIM contienen información de la construcción física, los sistemas, el entorno circundante y los equipos, que se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable.

22. Análisis de sistemas: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para el análisis del desempeño de un edificio o infraestructura de acuerdo con el planteamiento de las especialidades en el diseño original. Esto incluye como funcionan los diferentes sistemas mecánicos y cuanta energía utilizan. Otros análisis que se pueden hacer incluyen incidencia solar en las fachadas, análisis lumínico y de radiación, cálculo de flujo de aire, entre otros.

23. Mantenimiento preventivo: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para desarrollar la mantención funcional de la estructura de una edificación o infraestructura (muros, columnas, pisos, techo, etc.) y su equipamiento (mecánico, sanitario, eléctrico, etc.) durante su operación. Un programa de mantenimiento exitoso puede mejorar de manera significativa el desempeño del activo, reduciendo reparaciones y costos generales.

24. Gestión y seguimiento de espacios: Proceso de administración de los espacios y recursos relacionados a estos dentro de una edificación o infraestructura, a través de uno o más modelos BIM que permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios. Esto es particularmente útil en la remodelación o ampliación de un proyecto durante la cual los espacios e instalaciones deben permanecer ocupados y en funcionamiento.

25. Planificación y gestión de emergencias: Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo es proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente donde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo.

## Anexo B

### Análisis de aplicaciones de los 25 usos BIM y se relacionan con los proyectos de EFE

En esta sección se realiza un análisis uno a uno de los 25 usos propuestos para la metodología BIM y se evalúa su pertinencia de incorporación en el caso específico de la empresa EFE en virtud de lo que dicta un proyecto ferroviario estándar sumado a las problemáticas particulares de la empresa detalladas en el apartado anterior.

#### 1. Levantamiento de condiciones existentes:

Tal como indica el Anexo A del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, propiedades de localización espacial, y condiciones del sitio y medioambiente.

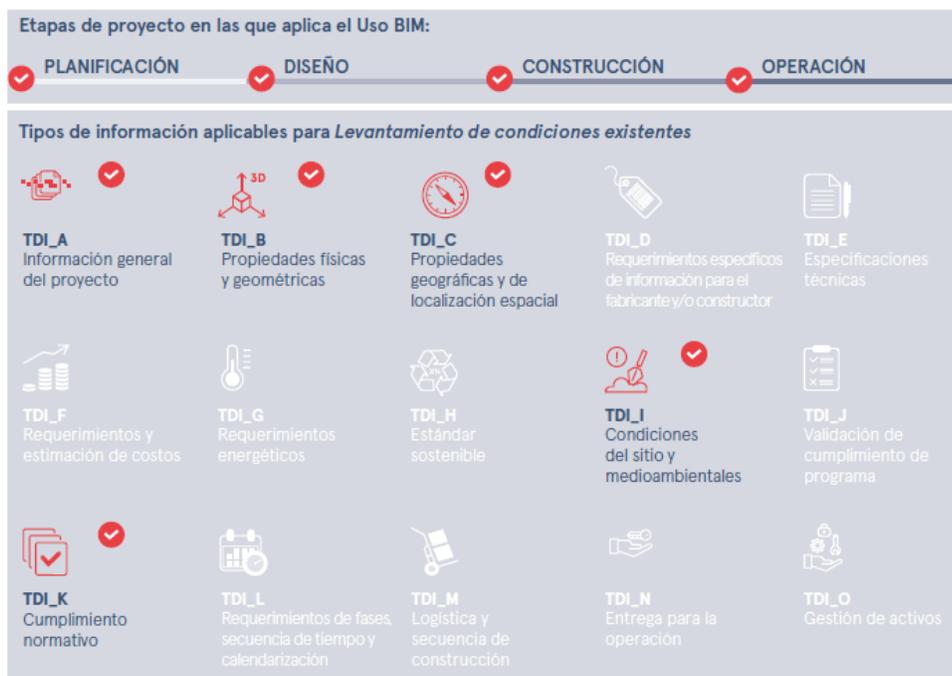


Ilustración 23 Tipos de información para el uso levantamiento de condiciones existentes. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

Este uso, con su información aplicable, son de vital importancia para el correcto desarrollo de un proyecto ferroviario, puesto que nos presenta información que nace desde el cumplimiento normativo y no puede ser obviada. A diferencia del levantamiento topográfico en 2D, la aplicación de este uso en la metodología BIM supone un levantamiento 3D, donde se debe generar una nube de puntos exportables a Software de modelado a partir de levantamientos realizados por medio de una de las muchas técnicas posibles, como por ejemplo fotogrametría, equipos topográficos convencionales o equipos LIDAR, cada uno con distintos beneficios que se analizan en capítulos

posteriores. Además, el modelo BIM desde el levantamiento de condiciones existentes, puede proporcionar información necesaria para la evaluación de alternativas para la elección de rutas ferroviarias, como, por ejemplo, y además de la topografía y geodesia, estudios geológicos, estudios hidrológicos, interferencias, expropiaciones, demanda, trazado e infraestructura existente, evaluación social y evaluación privada. Todo lo anteriormente expuesto indica este como un uso necesario aplicable a la metodología BIM en EFE

En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Software de manipulación de nubes de puntos, de exploración laser, o fotogramétrico
- Equipo LIDAR o fotogramétrico
- Equipo de topografía convencional
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 2. Estimación de cantidades y costos:

Tal como indica el Anexo A del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general, requerimiento y estimaciones de costos, propiedades físicas y geométricas, requerimientos de fases, secuencias de tiempo y calendarización, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, especificaciones técnicas, y gestión de activos.



Ilustración 24 Tipos de información para el uso estimación de cantidades y costos.  
Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

Este uso introduce la variable económica con el objetivo de controlar y estimar costos del proyecto, generando modelos con un valor paramétrico para los diferentes objetos o elementos, lo que bien desarrollado puede permitir, por ejemplo, evaluar rápidamente los costos relacionados con diferentes soluciones de diseño y constructivas (Biblus, 2019).

La información en este caso es coherente con el diseño, por lo tanto, presenta la dimensión costo para toma de decisiones por ejemplo en la elección de un determinado trazado, o en la disposición de elementos a lo largo de la vía, o el diseño general de una estación, donde al generar un nuevo dimensionamiento, puedo obtener una nueva estimación de costos a partir de las parametrizaciones realizadas.

Si bien la correcta aplicación de esta dimensión en los modelos BIM supone una tarea compleja con poco margen de error, debido a los muchos procesos que son necesarios esquematizar (descripción precisa del trabajo, estimar valores individuales, registrar secuencias constructivas lógicas y cronológicas, especificar correctamente materiales, en normas y unidades de medidas, dentro de otros), presenta como grandes ventajas un máximo control en el análisis de costos, gran velocidad de cálculo en la estimación de costos por cambio de diseños, ahorro de personal, ahorro de pérdidas por exceso o falta de materiales, y reducción de los costos evitando riesgos por incertidumbre.

Esta implementación, según indica del PlanBIM, requiere de personas con conocimientos y experiencias en cuantificación y estimación de proyectos, estándares normativos aplicables, diseño y construcción, y sistemas y métodos constructivos, por lo que además del requerimiento tecnológico, supone una inversión en capital humano importante.

En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de estimación de costos basado en modelos BIM
- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Datos de costos (incluidos los datos de algún sistema de clasificación)
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

### **3. Planificación de fases:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general, propiedades físicas y geométricas, requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización, propiedades geométricas y de localización espacial, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, y especificaciones técnicas.



*Ilustración 25 Tipos de información para el uso planificación de fases. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso incluye, además de propiedades geométricas en el espacio, la dimensión del tiempo dentro de un modelo BIM. Permite planear una secuencia constructiva e integrar la información de las distintas especialidades, desde el punto de vista temporal, en un solo modelo. Con esta información es posible detectar interferencias futuras en el espacio temporal tanto sobre una misma especialidad como en el conjunto de ellas.

Los beneficios que supone este uso es reducir la improductividad generada por interferencias o duplicaciones de trabajos, así como disminuir la desviación temporal en los proyectos generando situaciones óptimas, además de entregar una planificación completa e interrelacionada que disminuye al mínimo las incertidumbres con respecto al factor tiempo. Como beneficio adicional, al agregar el tiempo como un parámetro dentro de cada fase, esto nos permite evaluar distintos escenarios y situaciones antes de que ocurran, e impactar los programas dependiendo de casos que queramos simular.

En particular para los proyectos ferroviarios las interferencias y desviaciones temporales ocurren en su mayoría no en el trazado lineal del proyecto, sino que ocurren en las singularidades tales como puentes, pasos a desnivel, estaciones, etc. Este uso viene a ser una herramienta en esos puntos.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM no precisa un conocimiento previo necesario, pero si un equipo que reúna capacidades de modelación para planificación y programación para la construcción. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Software de planificación

- Software BIM que incorpore tiempo (4D)
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

#### 4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación):

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, Requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, condiciones del sitio y medioambientales y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 26 Tipos de información para el uso análisis del cumplimiento del programa espacial. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM.*

Este uso tiene un carácter de regulatorio sobre las normas establecidas y sobre la utilización del espacio, sobre ese aspecto existe un trabajo entrelazado con el alcance definido en el uso número 1, el cual mientras más preciso y detallado sea llevado a cabo hará más fácil la implementación del uso aquí presentado.

Del punto de vista de la eficiencia se pueden encontrar grandes beneficios sobre una buena utilización espacial, pero esto aplica siempre y cuando existan regulaciones específicas sobre las áreas donde se lleva a cabo un determinado proyecto, tanto por parte del mandante, como por parte de un ente regulatorio mayor.

En el caso específico de los proyectos de infraestructura vial esto es de gran importancia, puesto que existen normativas vigentes sobre el uso de espacios especialmente en el

trazado lineal, donde existe normativas tanto internas como a nivel nacional de construcción que limitan zonas que proporcionan seguridad al proyecto. Estos son parámetros muy importantes de tener en consideración a la hora de generar los modelos de trazados, así como también de supervisar durante la construcción y también en la operación del proyecto, además de estar actualizado siempre a la normativa vigente

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM no precisa un conocimiento previo necesario, pero si un conocimiento acabado sobre la normativa y programa espacial con lo cual contrastar el modelo. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Datos del programa espacial del proyecto
- Normativa vigente según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 5. Análisis de ubicación:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, Requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, condiciones del sitio y medioambientales y validación de cumplimiento de programa.



Ilustración 27 Tipos de información para el uso análisis de ubicación. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

Este uso tiene un perfil similar al presentado en el número 4, pero contempla un regulación del uso del espacio desde un punto de vista externo al proyecto, es decir, como el proyecto interactúa con la áreas colindantes, tanto desde el punto de vista energético, ambiental, social y normativo, y permite una mejor visualización del emplazamiento en una determinada zona mediante el uso interconectado de BIM con GIS (Geographic Information System), esto genera grandes beneficios a la hora de evaluar la disposición espacial de un proyecto pensando en otros trabajos futuros que compartan un mismo entorno.

Los beneficios que entrega este uso, pensando en obras ferroviarias, son de gran ayuda para el trazado lineal y singularidades como puentes y estaciones, ya que mejora la interacción con el entorno y permite un buen uso de los tramos del proyecto para la evaluación de otros nuevos, por ejemplo, para el caso de tener trazados ferroviarios que convergen en algún punto o alguna estación, propone una mejor visualización para la toma de decisiones sobre el uso de recursos en común, o en casos donde se intersecan entre sí dos vías o con otro trazado vial existente, es más fácil encontrar soluciones que no afecten de manera abrupta y negativa el ecosistema previo que propone la obra. Si bien los beneficios al momento de realizar análisis de ubicación son considerables, depende del nivel de detalle logrado con software GIS utilizado, así como la interacción con otros modelos de proyectos que comparten el ambiente.

Además, hay que entender que la aplicación de este uso se basa en la premisa que GIS permite tomar decisiones en base a datos geográficos y que además posee otras capas de datos monitoreadas como tráfico, condiciones sociales, monitoreo en tiempo real de condiciones geográficas, dentro de muchos otros parámetros que pueden ser medibles, pero que se nutren de una gran base de dato. Para el caso particular del ferrocarril, donde el tráfico externo no suele ser un factor relevante, las condiciones de terreno son estables para los trazados actuales, y es un medio de transporte que no se ve perjudicado por situaciones naturales externas monitoreables como el clima, entonces su aplicación supone un esfuerzo tecnológico y económico importante en comparación de los beneficios reales que pueden ser aplicables.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM no precisa un conocimiento previo necesario, pero si un conocimiento acabado sobre la normativa y programa espacial con lo cual contrastar el modelo. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software GIS
- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Datos de ubicación de sitio
- Normativa vigente según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 6. **Coordinación 3D:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información

aplicables para este uso son información general del proyecto, propiedades físicas y geométricas, Requerimientos de fases, secuencias de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial, logística y secuencia de construcción, condiciones del sitio y medioambientales y especificaciones técnicas.



*Ilustración 28 Tipos de información para el uso coordinación 3D. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso tiene directa relación con la aplicación 3D de modelo BIM, permite la correcta coordinación entre las distintas especialidades que trabajan en un proyecto desde la etapa de planificación, esto quiere decir, que permite adelantar situaciones problemáticas de baja eficiencia que ocurrirán en el futuro y da la posibilidad de solucionarlas antes de que ocurran. Es una de las herramientas principales en el proceso de detección de interferencias a lo largo de proyecto desde el proceso de planificación.

Los beneficios tanto económicos como temporales son de gran magnitud, si es realizado de manera correcta, una planificación 3D sumada a los usos 4D (como el número 3 nombrado en este capítulo) pueden detectar un gran porcentaje de interferencia y problemas en etapa de planificación, pudiendo solucionarlos con extrema antelación, procesos que normalmente generaban improductividad en obra y un costo elevado donde muchas veces la solución era rehacer en situ parte del proyecto ahora se soluciona desde un inicio.

Para el caso de proyectos ferroviarios, la mayor fuente de interferencias ocurre en las singularidades del trazado línea, este uso viene a ser una solución aplicable para esos casos.

Este es sin duda uno de los principales beneficios que posee el uso de BIM, supone un gran ahorro de tiempo y costo, permite solucionar problemas en etapas previas a bajo

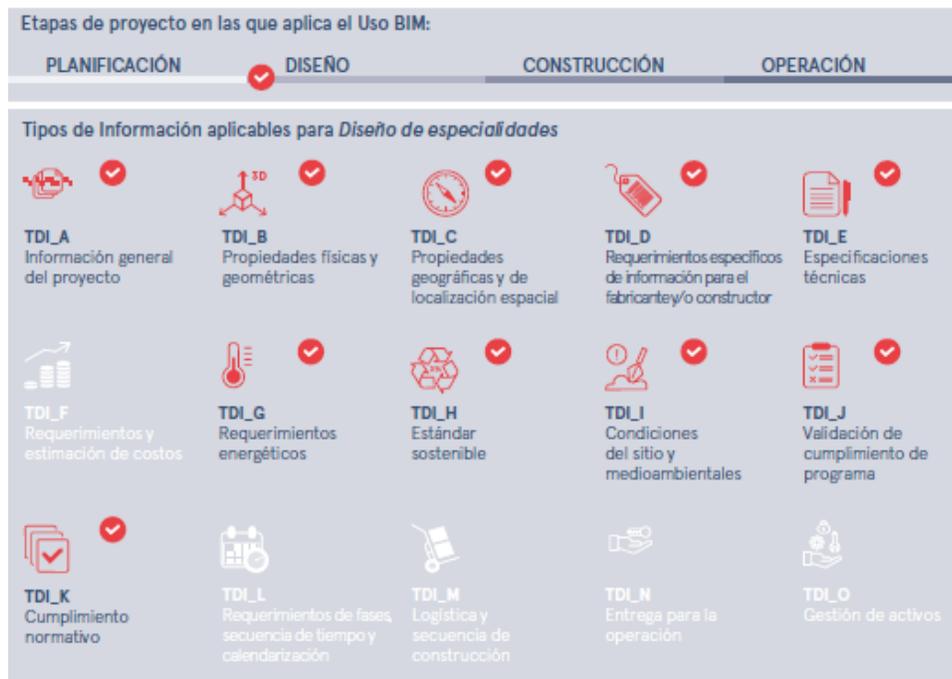
costo y tiene gran impacto en el cumplimiento de plazos y presupuestos. Una de las grandes dificultades en la aplicación de este uso, según información entregada por Javier Aparicio Sáez, subgerente de ingeniería de extensiones de la empresa Metro quienes actualmente trabajan en proyectos con la metodología BIM, es hacer entender a quienes trabajan en la planificación de obra que hay que solucionar un problema que aún no ha sucedido, esto provoca que muchas veces la cantidad de reuniones previas a la construcción para solucionar futuras interferencias sean muchas más de las previstas.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en liderazgo de equipos de trabajo, coordinación de proyecto, diseño y construcción, estándares y normativa aplicables, y sistema y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Software de revisión de modelos BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Normativa vigente según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

#### **7. Diseño de especialidades:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geográficas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 29 Tipos de información para el uso diseño de especialidades. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso es de vital importancia, es la generación del proyecto como tal desde las distintas especialidades que intervienen en él. En este caso hablamos de la generación de data para aplicar la metodología BIM, donde las especialidades crean modelos ricos en información para las diferentes etapas del proyecto, generando así una base de datos inteligente que permite extraer propiedades, cantidades, costos, programación, etc.

Los beneficios de este uso no se presentan por sí solos, sino que más bien nutren de información a los otros usos mencionados para generar beneficios, pero es un factor fundamental para que el modelo y la metodología funcionen de manera correcta y conforme a los estándares y normativa vigentes, así como también cumplan las especificaciones técnicas del proyecto. Uno de los grandes desafíos que se plantea en esta situación es el manejo adecuado de la información por las distintas especialidades en los modelos BIM, donde la información debe estar necesariamente actualizada y ser de buena calidad para poder proveer data importante que permita tomar decisiones y llevar a cabo de buena manera los usos complementarios a este.

En el caso de los proyectos ferroviarios, estos tienen las mismas necesidades sobre este uso, puesto que tienen la misma tarea de generar información utilizable para el correcto uso de la metodología BIM, por lo tanto, se puede entender como estrictamente necesario.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en diseño y construcción, estándares y normativas aplicables, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 8. Revisión de diseño:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades física y geométricas, requerimientos energéticos, requerimientos de fases, secuencias de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 30 Tipos de información para el uso revisión del diseño. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso tiene como finalidad una revisión de los requerimientos del proyecto en un diseño tridimensional, donde es posible apreciar todo lo que afecta al proyecto fuera de la parte estructural, como terminaciones, iluminación, colores y todo aquello que interactúa con el ambiente del proyecto mismo y colindante. Tiene un rol fiscalizador sobre satisfacciones del proyecto y cumplimiento de los ítems que sean deseables u obligatorios, por lo tanto, su análisis va acompañado de una revisión normativa.

Los beneficios de este uso tienen directo impacto en el correcto cumplimiento de normativa vigente, así como también en prever y optimizar la experiencia del usuario a

futuro, para esto se pueden generar múltiples alternativas de diseño que respondan a las diferentes necesidades que plantea un proyecto.

En el caso específico de los proyectos de infraestructura ferroviaria, sumado a la misión de la empresa EFE, este uso toma una importancia considerable, puesto que la experiencia del usuario y cliente futuro en este caso es un eje de gran importancia. Por lo tanto, satisfacer a las necesidades del usuario y generar revisiones de diseño que optimicen desde el punto de vista del confort la experiencia, es un uso que sin duda debe ser contemplado más allá de los beneficios cuantitativos.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en diseño y construcción, estándares y normativas aplicables, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de revisión de modelos BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Espacio de revisión y validación colaborativa interdisciplinaria (virtual o físico)
- Normativa vigente según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 9. **Análisis estructural:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, propiedades geográficas y de localización espacial, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, y especificaciones técnicas.



*Ilustración 31 Tipos de información para el uso análisis estructural. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Para clarificar la importancia de este uso se debe entender que la ingeniería estructural tiene un rol preponderante en la planificación de un proyecto, un análisis estructural deficiente, fuera del problema en sí mismo, puede generar retrasos en otras tareas que necesitan de diseños finales para poder programarse. Bajo este análisis, este uso propone a BIM como una herramienta de análisis estructural, donde en un software adecuado se pueden realizar modelos físicos y analíticos. Específicamente la importancia para este caso radica en el modelo analítico asociado, que se utiliza para el análisis estructural y el diseño de verificación de código.

El análisis estructural propuesto por la metodología BIM es desarrollado en un trabajo conjunto de muchas plataformas, donde la integración entre los modelos 3D y Softwares de análisis estructural nos permitirán una visión acabada del panorama general. El modelo BIM contiene atributos estructurales y propiedades necesarias en el proceso, como propiedades de los materiales, condiciones del entorno, cargas estructurales y todo aquello que sea parametrizable. La importancia de generar análisis estructurales bajo la metodología BIM es mantener la inteligencia de los datos del proyecto en las recurrentes actualizaciones que este sufre, donde se asegure una pérdida de datos mínima, no haya lugar para errores de interpretación y los procesos adicionales involucrados con el análisis estructural se ejecuten sin interrupción en todas las etapas del proyecto. La correcta aplicación de este uso supone una mayor eficiencia en tiempos y costos del proyecto, además, genera una mayor cantidad de información y permite visualizar el proyecto de una mejor manera, permitiendo que los procesos de toma de decisión de ingeniería sean más rápidos y certeros.

En el caso particular de los proyectos ferroviarios, esto tiene una aplicación importante en las singularidades de la vía, tales como puentes o estaciones, donde el análisis

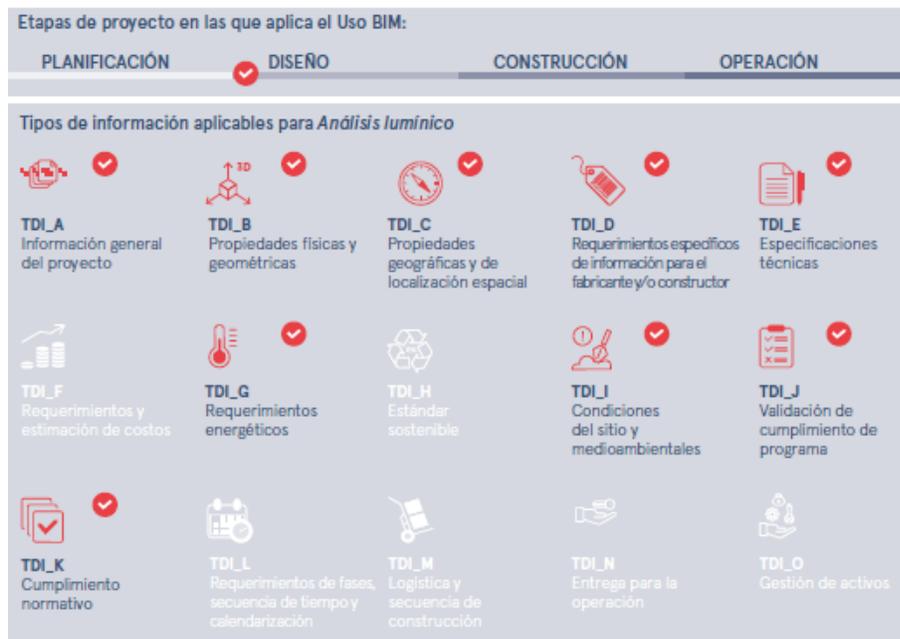
estructural depende de condiciones locales de la estructura, a diferencia del trazado lineal que tiene un análisis abordable desde otra perspectiva, más uniforme a lo largo de todo el proyecto y sujeto a condiciones muy particulares por su uso. La aplicación particular de este uso propone un desafío importante en cuanto a la relación entre los modelos 3D realizados y los softwares de análisis estructural necesarios, donde se debe encontrar un balance entre ambos que permita trabajar de la mejor manera este uso.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en técnicas de modelado analítico, diseño estructural, estándares y normativas aplicables, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de revisión de modelos BIM
- Herramientas y software de análisis de Ingeniería Estructural
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 10. Análisis lumínico:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 32 Tipos de información para el uso análisis lumínico. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso hace relación a los criterios de sostenibilidad y eficiencia energética. El análisis lumínico que propone la metodología BIM es evaluar todos los aspectos que pueden influir en tener una mejor o peor iluminación en un determinado proyecto. Con la aplicación correcta de este uso se puede evaluar, según propiedades físicas, geométricas y de localización espacial y geográfica de una estructura, la calidad de iluminación natural esperable según un determinado diseño, lo que permite tomar decisiones sobre estructuras interiores de manera que en lo posible no se bloquee la luz que entra, además de dar indicios de uso de colores interiores que aumenten en reflejo en lugares que estarán expuestos a iluminación natural, todo esto con la intención de maximizar en lo posible el confort para los usuarios y disminuir el consumo energético en el proyecto realizado. Además, este uso cumple con la labor de verificar el cumplimiento de especificaciones del proyecto, puesto que dentro de sus funciones está el simular el sistema de iluminación de tal manera que se pueda visualizar que los resultados obtenidos sean los solicitados.

Los beneficios generales que entrega este uso tienen que ver con una disminución en el consumo energético, apunta directamente a cumplir con los requerimientos energéticos actuales, donde además se obtienen menores costos en la etapa de operación y genera diseños que maximizan en confort para los usuarios.

Si bien la aplicación de este uso no constituye en sí misma una obligación en proyectos ferroviarios nacionales, es necesario evaluar su pertinencia en los proyectos de EFE, más aun considerando que la industria del ferrocarril se caracteriza por ser uno de los medios de transporte que generan menos emisiones y utilizan de manera muy eficiente la energía. Este uso en particular tiene beneficios más sobre la cultura de la empresa que sobre los costos mismo, aun cuando ya se mencionaron beneficios propios del análisis lumínico.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en análisis lumínico. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Herramientas y software de análisis de iluminación
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicados
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## **11. Análisis energético:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, condiciones del sitio y medioambientales, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 33 Tipos de información para el uso análisis energético. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso hace relación a los criterios de sostenibilidad y eficiencia energética. El análisis energético se puede realizar de manera autónoma con herramientas BIM, donde también es posible exportar información contenida en un modelo a otros softwares específicos para esta tarea. El análisis energético tiene como finalidad evaluar las distintas respuestas que tiene un proyecto ante diferencias de diseños pensados desde el punto de vista energético, persigue la finalidad de generar diseños que se adapten a las condiciones específicas dictadas por el proyecto, donde a la vez se busca reducir el consumo energético al mínimo, mejorando el rendimiento global de un proyecto durante su vida útil. Principalmente, como lo indica la profesora del Máster BIM Management en infraestructuras e ingeniería civil Gloria Galván en el artículo “Análisis energético BIM, un flujo de trabajo mejorado, interactivo y compartido”, el análisis energético contempla estudiar la incidencia de la luz natural, evaluar el consumo energético, analizar el rendimiento térmico y definir los sistemas de sombreado. Para llevar a cabo de manera correcta este análisis es necesario un acabado conocimiento del ambiente en que se emplaza el proyecto, así como también una correcta parametrización de los elementos que los componen, donde por ejemplo sean especificadas de manera correcta las propiedades de transmitancia térmica de los materiales utilizados.

Los beneficios que presenta este uso tienen directa relación con el ahorro de energía a lo largo de toda la vida útil de una determinada estructura. El análisis energético ayuda a tomar decisiones de diseño que se traducen en un mejor aprovechamiento de la energía disponible. El uso en cuestión también tiene una componente de cumplimiento normativo, debido a que algunos proyectos tienen dentro de sus objetivos planteados la eficiencia energética ya sea como una exigencia normativa particular de su área, como pueden ser también estándares propios del proyecto.

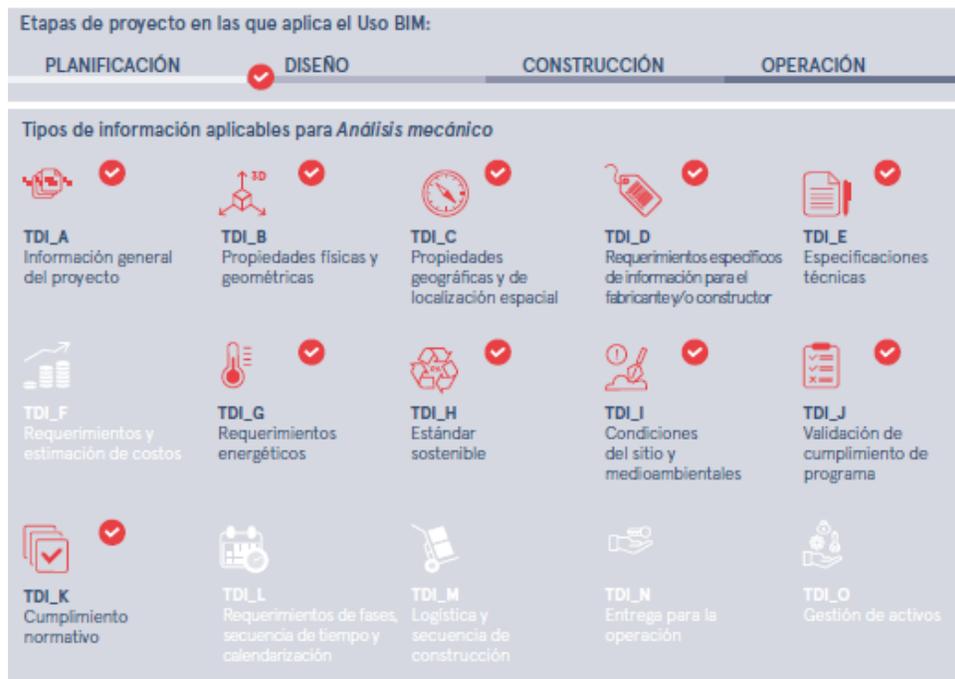
El análisis energético para el caso particular de proyectos ferroviarios tiene una mayor aplicación en estructuras singulares dentro del proyecto, como lo son las estaciones, mas no tienen una aplicación directa en el trazado lineal, al menos de la manera en que se plantea este uso. Su pertinencia dentro de un proyecto responde únicamente a la importancia de ahorro energético declarada por la empresa dueña de la infraestructura, EFE en este caso.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en estándares y normativas aplicables, diseño y construcción, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de simulación y análisis energético
- Modelo de diseño con los NDI según el EAIM indicado
- Datos meteorológicos locales detallados
- Estándares y normas según especialidad
- Estándares energéticos nacionales y/o locales (por ejemplo: Estándar ASHRAE 90.1)
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 12. **Análisis mecánico:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 34 Tipos de información para el uso análisis mecánico. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Así como el análisis estructural, BIM propone un uso de análisis mecánico, donde los elementos que conforman el sistema mecánico del proyecto son parametrizados con propiedades de interés para los distintos análisis que se quieran realizar sobre ellos, así, se logra determinar con antelación de los equipos mecánicos y sus sistemas que conforman parte del proyecto están correctamente dimensionados. La conformación de los sistemas mecánicos influye directamente en el uso de espacios y propiedades físicas y geométricas del proyecto, es por eso que este uso plantea su inicio en la etapa de planificación del proyecto y tiene directa relación con los modelos 3D generados, así como también con el cumplimiento normativo de cada equipo en su labor a cumplir.

El principal beneficio que plantea este uso el correcto dimensionamiento de los equipos desde un comienzo, donde los fabricantes de equipos deben ser suficientemente certeros al entregar la información, de manera que los datos que son cargados al modelo sean apegados a la realidad. De esta manera es posible evitar futuras interferencias, situaciones de baja eficiencia y rediseño del proyecto en etapas de construcción, lo cual supone un gran ahorro de tiempo y dinero.

En el caso de la infraestructura ferroviaria, este es un uso muy importante, gran parte de los proyectos ferroviarios son sistemas mecánicos que trabajan de manera continua, los cuales deben ser dimensionados correctamente desde un comienzo. Si bien la mayoría de los equipos mecánicos manejados en proyectos ferroviarios tienen especificaciones técnicas bastante estandarizadas, es muy importante tener una buena gestión de esa información, para corroborar cumplimiento normativo y de especificaciones técnica del proyecto. Las interferencias producidas por un cambio de equipos mecánicos en obras ferroviarias tienen una gran repercusión en tiempo y costos para quien realiza el proyecto, puesto que los equipos mecánicos son, en su mayoría, traídos desde el extranjero y un

cambio supone retrasos de semanas.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en diseño y construcción, estándares y normativas aplicables, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de revisión de modelos BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Espacio de revisión y validación colaborativa interdisciplinaria (virtual o físico)
- Normativa vigente según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

### 13. Otros análisis de ingeniería:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geométricas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 35 Tipos de información para el uso análisis de ingeniería. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso busca cubrir las necesidades de otras ingenierías que particularmente aplican a un proyecto en específico. Es decir, realiza un trabajo similar a los mencionado en

puntos de análisis anteriores, donde a partir de datos y especificaciones del proyecto se determina el mejor diseño que satisface estas necesidades. Es una herramienta de toma de decisiones.

Los beneficios generales que propone este uso es responder a las necesidades totales del proyecto, tanto de las ingenierías tradicionales, como las de ingenierías en particular, con requerimientos específicos de cada proyecto.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en ingeniería específica, diseño y construcción, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Herramientas y software de análisis de ingeniería
- Modelo de diseño con los NDI según el EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

#### **14. Evaluación de sustentabilidad:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, requerimientos de fases y secuencia de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 36 Tipos de información para el uso evaluación de sustentabilidad. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso se sostiene de la existencia de una estándar de sustentabilidad definido para un proyecto, su uso requiere de una normativa, ya sea interna o externa, entregada por algún mandato público o estándar local o propio de una empresa en particular. El concepto de sustentabilidad tiene directa relación con el buen uso de recursos, por lo cual se hace necesario en primer lugar definir los recursos disponibles. Tiene una relación bastante estrecha con el análisis energético, pero a su vez incluye otros aspectos que los delimita la definición de recursos. Así, por ejemplo, se puede pensar en el espacio como recurso a proteger.

Este uso genera valor por sí mismo, la sustentabilidad apunta a un mejor manejo de los recursos a lo largo del tiempo, desde la etapa de planificación hasta la de operación, por lo tanto, es necesario evaluar todo como un conjunto, donde la suma del proyecto busca administrar los recursos de tal manera que se dé cumplimiento a los estándares fijados y los recursos disponibles sean administrados de manera eficiente.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en estándares y normativa aplicables, diseño y construcción, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Software de análisis de criterios de sustentabilidad
- Modelo de diseño con los NDI según el EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 15. Validación normativa:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, condiciones del sitio y medioambientales, y validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 37 Tipos de información para el uso validación normativa. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

La validación normativa es un uso de gran importancia en la implementación de BIM, pues permite chequear dentro del mismo modelo que se esté cumpliendo lo dictaminado tanto en criterios de diseño, especificaciones técnicas y normativa interna o externa. Esta validación normativa se realiza mediante una actividad conocida como Model Checking, donde se necesita un modelo parametrizado correctamente, donde tenga toda la información de interés cargada, y la normativa vigente, aquí se hace un entrelazamiento de la información de manera tengamos situaciones donde se aprueba la normativa, otras donde no se aprueba y otras donde se generan alertas de posibles incumplimientos. Existen metodologías variadas para generar este proceso de manera en que se pondera de distinta forma lo automático de lo manual, dependiendo del nivel de información disponible y de la calidad de normativa aplicable.

Los beneficios de este uso radican en un cumplimiento normativo, es no solo un beneficio, sino que también una exigencia, por lo que la necesidad de esta validación normativa es aplicable a todos los proyectos.

El caso de los proyectos ferroviarios de EFE no está exento de la necesidad de este uso, pues también tiene una normativa vigente que cumplir, así como especificaciones

técnicas en los distintos proyectos que realizar. Esto sin duda propone como una tarea importante tener la normativa lo más actualizada y clara posible para cada proyecto en particular, así como también cumplir con rigurosidad la parametrización de los elementos en el modelo.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en normativas aplicables. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de revisión de modelos BIM a través de reglas
- Modelo de diseño con los NDI según el EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 16. Planificación de obra:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial, estándar sostenible, logística y secuencia de construcción, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa.



Ilustración 38 Tipos de información para el uso planificación de obra. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

Este uso se puede entender como la extensión de la planificación de fases detallada en el uso número 3, en este caso se plantea una planificación de manera gráfica de las

actividades y se centra directamente en el proceso de construcción. Esto tiene directa relación con el 4D de BIM, donde se incluye la dimensión del tiempo en cada tarea a realizar, este proceso se ejecuta posterior a la etapa de diseño, donde los parámetros ya se encuentran definidos y se puede asignar tiempos de ejecución a las tareas con un grado de precisión mayor, tiene como finalidad detectar interferencias constructivas.

Los beneficios que supone este uso tienen directa relación con la detección temprana de interferencias constructivas, esto permite ahorrar tanto tiempo como dinero en un proyecto al generar el mínimo de situaciones de baja productividad. Otro gran beneficio radica en la estimación certera de costos de construcción, donde se puede asignar el valor final de materiales y mano de obra, para así obtener costos del proyecto actualizado y parametrizado.

En el caso específico de EFE, donde las desviaciones presupuestarias son sin duda un punto a considerar, es muy importante la aplicación de este uso, con esto se representa una visión más completa de la cuarta dimensión de BIM y es posible a su vez evaluar el beneficio económico de distintas decisiones que se van tomando.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en coordinación de recursos de construcción, diseño y construcción, y sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de integración BIM que incorpore tiempo (4D)
- Software de planificación
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 17. **Diseño de sistemas constructivos:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 39 Tipos de información para el uso diseño de sistemas constructivos.  
Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso apunta al modelado 3D de sistemas de construcción complementarios, como soportes temporales, acristalamientos, etc. Es una extensión de usos anteriores, donde se añaden tareas que hace uso del espacio de construcción con elementos que pueden interferir tareas ya programadas. Su aplicación busca evitar interferencias en terrenos provocadas por mal dimensionamiento de estos sistemas constructivos complementarios o por una planificación deficiente.

Los beneficios generales de este uso es evitar interferencias entre los sistemas constructivos y la construcción de la estructura en sí, es muy importante su utilización en proyectos que contemplan sistemas constructivos complejos, como la edificación en altura. Este uso plantea la dificultad de estimar con precisión las prácticas constructivas necesarias, con cantidades de equipos y mano de obra adecuada.

En el caso de los proyectos ferroviarios de EFE, estos cuentan con la característica de poseer sistemas constructivos complejos y muy específico, ya que todo trabajo que se realiza sobre algún trazado existente debe asegurar ser realizado de tal manera que no se interrumpa el sistema continuo de transporte de los trenes. Es por esto, que este uso se adapta a las necesidades de la empresa.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en sistemas y métodos constructivos, y prácticas de construcción apropiadas para cada sistema constructivo. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad

- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 18. Fabricación digital:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general del proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos de fase, secuencias de tiempos y calendarización, propiedades geográficas y de localización espacial y de localización espacial, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, entrega para la operación, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa.



*Ilustración 40 Tipos de información para el uso fabricación digital. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso propone la fabricación digital de elementos del modelo que serán necesarios en etapas constructivas. A grandes rasgos permite contemplar la necesidad de elementos con características especiales, que podrían generar problemas constructivos, demoras por falta de piezas específicas o situaciones de baja productividad al tener que solucionar problemas en terreno. Otra aplicación asociada a este uso es la creación de prototipos digitales para la revisión de intención de diseño, es decir, propone generar modelos para evaluar distintas opciones de diseño que solucionan determinados problemas.

Sin duda este uso genera beneficios con respecto a la disminución de tiempo y dinero, así como también propone un uso certero de materiales abordando los casos específicos de piezas que podrían provocar problemas, evitando el uso sobreestimado de materiales y que luego son desechados. Además, expresa al máximo el aspecto digital de la metodología BIM siendo capaz de recrear situaciones complejas en modelos digitales

para solucionarlos sin incurrir en grandes gastos.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en extraer información digital para fabricación, fabricar componentes de construcción utilizando información digital, sistemas y métodos constructivos. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de modelado BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Datos para máquina de fabricación
- Equipos de fabricación
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 19. Control de obra:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimiento y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa.



Ilustración 41 Tipos de información para el uso control de obra. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM

Este uso apunta a la administración de la construcción en general, plantea la necesidad

de monitoria de avance, cumplimiento de especificaciones en terreno y control de documentación. Este uso tiene una directa relación con el área de calidad en la construcción y propone una administración organizada de documentos en obra, lo que viene a solucionar un problema muy común en la construcción nacional. Además, a partir de este uso, se pueden ir obteniendo en tiempo real porcentajes de avances con respecto a los hitos fijados para el proyecto en base tiempos o costos. La aplicación de este uso también tiene una dimensión regulatoria de la situación en obra, donde incluso se puede aplicar tecnología adicional para monitorear el tiempo en obra de los trabajadores, calcular productividad y hacer más eficiente en proceso de construcción, por lo tanto, es un uso que abarca una gran gama de necesidades.

Los beneficios generales de este uso responden a la necesidad de un control de documentos completo y ordenado, en donde la información queda respaldada y el control de avance de la obra queda patente dentro del modelo con base en documentación autorizada. Los beneficios de la aplicación de este uso tienen una repercusión importante sobre el trabajo llevado a cabo por el área de calidad de una empresa, siendo una herramienta muy importante para realizar tareas de forma digital y con mayor eficiencia, lo que se traduce en menores costos y minimización de problemas. Además, este uso propone un control en tiempo real de los avances y procesos de la obra.

Sin duda los proyectos ferroviarios de EFE encuentran un gran beneficio en la aplicación de este uso, esto viene en un principio a ser una herramienta para el manejo y control de documentación de la obra, que además permite seguir los avances con respecto a tiempo y presupuesto, solucionando problemas latentes del área de calidad. Además, permite hacer estimaciones en caso de retraso en virtud de las curvas de avances y los datos incluidos en el modelo.

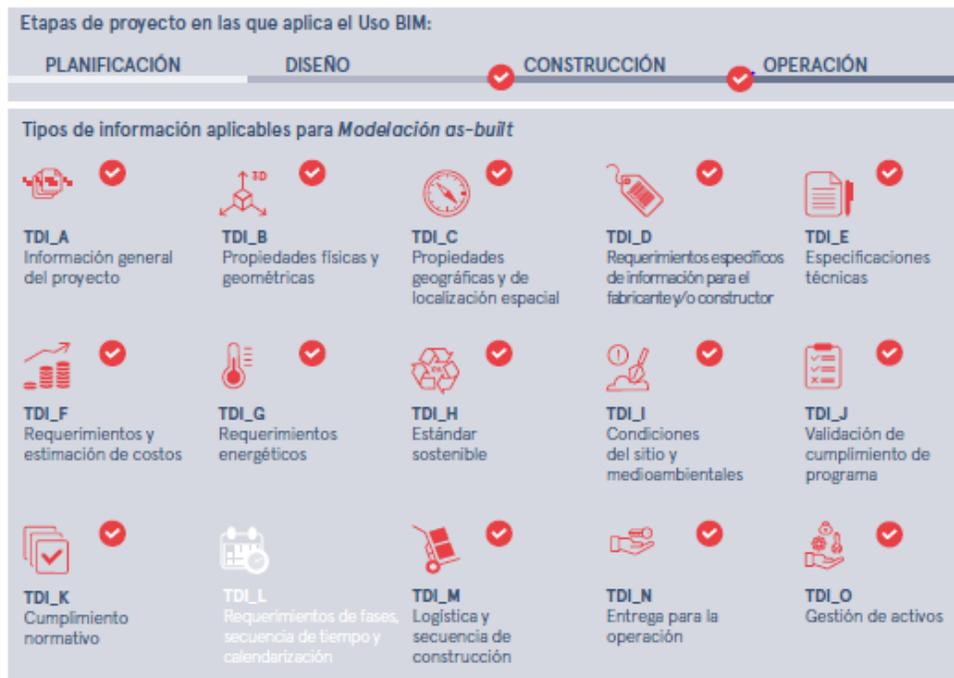
En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en diseño y construcción, coordinación de recursos de construcción, sistemas y métodos constructivos, matriz de riesgos, análisis de impactos (Tiempo/Costo). En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Instrumentos de medición digital en obra
- Software BIM de Control de obra
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 20. **Modelación as-built:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, logística y secuencia de construcción, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, entrega para la operación, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de

programa, gestión de activos.



*Ilustración 42 Tipos de información para el uso modelación as built. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

La modelación as built hace referencia al modelo del proyecto que responde a la construcción real realizada en terreno, tiene como finalidad generar una representación exacta de todas las condiciones una vez construido, esto incluye propiedades de los elementos como códigos de barra, número de series, historial de mantenimientos, garantías, fabricante, etc. De manera que toda esa información pueda ser gestionada en la plataforma y aplicada para el proceso de operación. Este uso es muy importante, puesto que proporciona los datos que se utilizarán para la gestión de activos, y además, responde a cumplimiento normativo, ya que desde esta información se general los planos as built necesarios para generar entregables del proyecto.

Los beneficios de una buena modelación as built tienen relación con el correcto cumplimiento de las normativas vigentes, permite generación de planos automatizada y nutre de información al modelo para la gestión de activos.

En el caso particular de EFE, este es un uso de mucha importancia para la correcta implementación de la metodología BIM, ya que permite una correcta gestión de la infraestructura en su etapa de operación. Es muy importante considerar el mantenimiento preventivo que supone un medio de transporte continuo a lo largo del tiempo, que no puede verse afectado por accidentes o imprevistos, ya que generarían desconfianza y grandes perjuicios económicos.

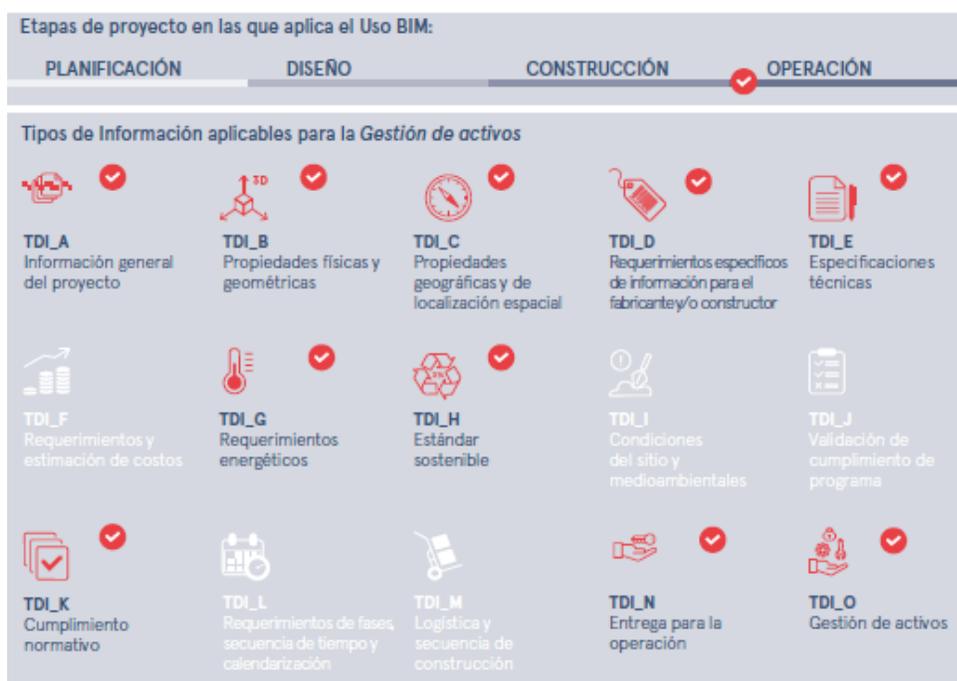
En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en coordinación de los diferentes actores de diseño, construcción y administración del activo. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos

estos son:

- Software de modelado BIM
- Software o herramientas de manipulación de modelos BIM
- Software que permita el acceso a la información de lo construido
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Base de datos del activo y/o equipos (según las capacidades del propietario)
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 21. Gestión de activos:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, entrega para la operación, especificaciones técnicas, gestión de activos.



*Ilustración 43 Tipos de información para el uso gestión de activos. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso tiene directa relación con la modelación as built, su objetivo es ayudar de manera eficiente en la mantención y operación de los activos, es decir, generar una data con información relevante para la gestión de los distintos elementos que forman parte del modelo, donde se indiquen necesidades de mantención, parámetros a medir, indicar propiedades de los equipos y necesidades requeridas, especificar necesidades de los ambientes circundantes a un determinado equipo o elemento, dentro de una posible

aplicación de otros parámetros que controles el estado del proyecto en etapa de operación.

Los beneficios generales son un ahorro de costos en periodo de operación de una estructura, esto se logra mediante el correcto mantenimiento de del proyecto, generando una mantención preventiva, ordenada y organizada, evitando así reparaciones correctivas con altos costos.

En el caso particular de EFE, generar mantenimiento preventivo constante de manera de evitar el mantenimiento correctivo ante eventualidades es un tema de gran importancia, esto considerando que el tren es un sistemas de transporte que se caracterizan por tener una gran puntualidad, un flujo constante y programado, y ser uno de los medios de transportes con menor tasa de accidente, con un índice de 3,43 accidente cada 100.000 km en el año 2018, y 3,08 accidentes cada 100.000 km en el año 2019, según datos entregados por EFE a emol en abril de 2019. Además,

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en gestión financiera de activos, construcción y operación de una edificación o estructura (reemplazos, mejoras, etc.), gestión de edificación o infraestructura, y experiencia en eficiencia energética. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de gestión de activos
- Sistema de registro de edificación e instalaciones de enlace bidireccional, entre el modelo BIM y el software de gestión
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 22. **Análisis de sistemas:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa, gestión de activos.



*Ilustración 44 Tipos de información para el uso análisis de sistema. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

El análisis de sistemas evalúa el desempeño en común de los distintos sistemas que conforman el proyecto una vez terminado, y como estos se relacionan entre sí. Hace una comparación con respecto al diseño original y verifica el cumplimiento real de las especificaciones técnicas y el detalle normativo. Genera un análisis en conjunto de todo el proyecto incluyendo además factores externos como incidencia solar, análisis lumínico, flujo del aire, dentro de otros parámetros que se pueden agregar al modelo.

El principal beneficio que tiene este uso es proyectar el funcionamiento de la estructura realizada, prever posibles situaciones previo a la operación, tener un conocimiento acabado de que esperar en a la etapa de operación.

En el caso de EFE, que es quien gestiona el proyecto en etapa de operación, este uso tiene una especial oportunidad, ya que permite una mejor visualización de detalles a solucionar o a tener en cuenta una vez inicie la operación del proyecto, así como también permite gestionar y prospectar mantenimientos futuros que no tienen que ver directamente con equipamiento de desgaste interno. La aplicación de este uso propone un alto grado de detalle en los modelos, por lo cual supone un esfuerzo mayor.

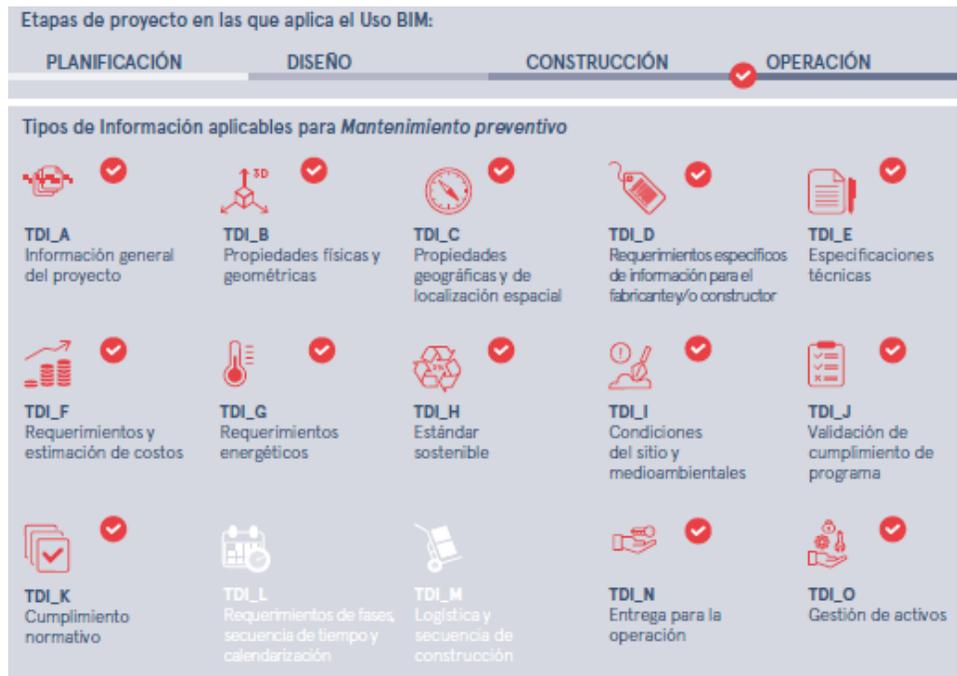
En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en operación y mantenimiento de edificación o infraestructura, y sistemas de administración de mantenimiento computarizado. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de análisis de sistemas
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según especialidad

- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

### 23. Mantenimiento preventivo:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, estándar sostenible, requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor, condiciones del sitio y medioambientales, entrega para la operación, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa, gestión de activos.



*Ilustración 45 Tipos de información para el uso mantenimiento preventivo. Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

El mantenimiento preventivo viene a concretar lo propuesto en la gestión de activos. Este uso busca programar un mantenimiento en base a la necesidad presentada para los diferentes activos, es decir, concreta la mantención generando una base de datos tal que incluso se pueda agregar al encargado de realizar una determinada mantención a un equipo o elemento en una fecha específica. Este uso requiere de un gran detalle de precisión, que a su vez debe ser tomado en consideración y actualizado periódicamente.

El beneficio general de este uso es la reducción del número de reparaciones en el tiempo, lo que resulta en una reducción de costos generales del proyecto en su etapa de operación. Esto apunta principalmente a generar solo reparaciones preventivas y dejar de lado las reparaciones correctivas.

Como se menciona en párrafos anteriores, el ferrocarril se caracteriza por ser un medio

de transporte confiable y con baja tasa de accidente, por lo que las reparaciones correctivas atentan directamente a la cultura de un proyecto ferroviario y de la empresa EFE, por lo tanto, un mantenimiento preventivo, desde ese punto de vista, es de gran importancia en este tipo de proyectos. También existe una componente económica importante a considerar en la aplicación de este uso, ya que ante una falla no prevista o una eventualidad, considerando tanto el costo de reparación, como el costo de tener servicios suspendidos como transporte de pasajeros y mercancías, las reparaciones correctivas generan un costo muy alto a la empresa sobre sus activos en comparación con sistemas preventivos, por lo que no solo es importantes quedarse con el mínimo aplicable de este uso, sino que se plantea como un interesante desafío generar condiciones extras para gestiones de infraestructura crítica por ejemplo.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM precisa un conocimiento previo necesario en operación y mantenimiento de edificación o infraestructura, y sistemas de administración de mantenimiento computarizado. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software o herramientas de manipulación de modelos BIM
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Sistema de automatización de edificios vinculado al modelo as-built
- Sistema de administración de mantenimiento computarizado (CMMS por sus siglas en inglés) vinculado al modelo as-built
- Interfaz de panel de usuario vinculada al modelo as-built para proporcionar información de rendimiento del edificio o infraestructura
- Estándares y normas según especialidad
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

#### **24. Gestión y seguimiento de espacios:**

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, requerimientos energéticos, propiedades geográficas y de localización especial, entrega para la operación, validación de cumplimiento de programa, gestión de activos.



*Ilustración 46 Tipos de información para el uso gestión y seguimiento de espacios.  
Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

La gestión de espacios tiene como finalidad dar una perspectiva general de la utilización de espacios en el proyecto, donde se puedan apreciar espacios utilizados y espacios libres, con la finalidad de que el equipo de administración pueda disponer de ellos en caso de que sea necesario, como por ejemplo en un proceso de remodelación o ampliación. Esta información supone una gran ayuda únicamente si se encuentra actualizada, por lo que se necesita gran organización y compromiso con el modelo para mantenerla.

Los beneficios generales de este uso tienen que ver con la administración de los espacios, especialmente los sin utilizar, en acciones futuras como una ampliación, reparación o remodelación, donde se puede saber con precisión de los recursos y espacios que tengo a disposición para su ejecución, permitiendo así un mayor poder organizativo dentro de un proyecto.

En el caso particular de los proyectos ferroviarios de EFE, este uso es aplicable por sobre todo a las estaciones, pero donde según lo indicado EFE, la gestión de espacios no es una tarea que genere mucha preocupación dentro de sus proyectos.

- En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM no precisa conocimientos previos necesarios. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Sistema de registro del activo e instalaciones de enlace bidireccional, entre el modelo BIM y el software de gestión
- Catastro de los recintos o zonas del activo
- Software de gestión de activos empresariales (Enterprise Asset Management)
- Modelos BIM con los NDI correspondientes al EAIM indicado
- Estándares y normas según corresponda
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## 25. Planificación y gestión de emergencias:

Tal como indica el Anexo I del Estándar BIM de PlanBIM, los tipos de información aplicables para este uso son información general de proyecto, requerimientos y estimación de costos, cumplimiento normativo, propiedades físicas y geométricas, propiedades geográficas y de localización especial, logística y secuencia de construcción, condiciones del sitio y medioambientales, especificaciones técnicas, validación de cumplimiento de programa, gestión de activos.



*Ilustración 47 Tipos de información para el uso planificación y gestión de emergencias.  
Fuente: Estándar BIM, PlanBIM*

Este uso permite una gestión estructurada durante una emergencia en la estructura, esto requiere definir inicialmente información crítica a aplicar en un proyecto, donde se limiten solo algunos casos como emergencias, y que a su vez esos casos sean medibles mediante algún sistema interconectado al modelo, permitiendo identificar en tiempo real, de que problema se trata, a que áreas afecta y las posibles rutas al área para solucionarlo.

Genera grandes beneficios organizativos el tener cubiertas posibles emergencias sobre

elementos críticos, esto permite que, en caso de ocurrir alguna emergencia, se activen protocolos estandarizados para su rápida reparación y vuelta a la operación del proyecto en su máxima capacidad.

En el caso de EFE, la gestión de emergencias está actualmente monitoreada en carriles ante posibles cortes que puedan generar volcamientos como situación crítica, el manejo de información es directo y sus rutas de acceso son lo suficientemente expeditas como para necesitar una especificación a fondo. Sobre emergencias en las estructuras como estaciones, estas no se contemplan dentro de los objetivos de gran importancia, ya que no tienen áreas de difícil acceso para reconocimiento ante alguna emergencia.

En cuanto a los requerimientos para la aplicación de este uso, PlanBIM no precisa conocimientos previos necesario. En cuanto a los recursos tecnológicos sugeridos estos son:

- Software de revisión de modelos BIM as-built y sus entidades
- Sistema de automatización de edificios (BAS por sus siglas en inglés) vinculado al modelo BIM as-built
- Sistema de administración de mantenimiento computarizado (CMMS por sus siglas en inglés vinculado al modelo as-built
- Estándares y normas según corresponda
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

## Anexo C:

### Tablas de clasificación Sistema de Clasificación Ferroviaria BIM – RIH

Tabla 1 Clasificación por Usos, Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>USO</b>		<b>USO</b>		<b>Tipo de uso</b>				<b>No aplica</b>	
USO	REG	USO.REG		Usos de tipo registro				No aplica	
USO	REG	010	USO.REG.010	Registro de estado inicial				IfcProject	
USO	REG	020	USO.REG.020	Registro de alternativas de diseño				IfcProject	
USO	REG	030	USO.REG.030	Registro de diseño				IfcProject	
USO	REG	040	USO.REG.040	Registro de obra mensual				IfcProject	
USO	REG	050	USO.REG.050	Registro de obra terminada				IfcProject	
USO	REG	060	USO.REG.060	Registro para operación y mantenimiento				IfcProject	
USO	ANL	USO.ANL		Usos de tipo análisis				No aplica	
USO	ANL	010	USO.ANL.010	Análisis impacto ambiental				IfcProject	
USO	ANL	020	USO.ANL.020	Análisis movimiento de tierras				IfcProject	
USO	ANL	030	USO.ANL.030	Análisis estructural				IfcProject	
USO	ANL	040	USO.ANL.040	Análisis instalaciones				IfcProject	
USO	ANL	050	USO.ANL.050	Análisis energético				IfcProject	
USO	ANL	060	USO.ANL.060	Análisis de riesgos				IfcProject	
USO	ANL	070	USO.ANL.070	Análisis seguridad y salud				IfcProject	
USO	ANL	080	USO.ANL.080	Análisis logístico				IfcProject	
USO	ANL	090	USO.ANL.090	Análisis contaminación acústica				IfcProject	
USO	ANL	100	USO.ANL.100	Análisis de vibraciones				IfcProject	
USO	ANL	110	USO.ANL.110	Análisis secuencia constructiva				IfcProject	
USO	ANL	120	USO.ANL.120	Análisis tráfico de personas y vehículos				IfcProject	
USO	ANL	130	USO.ANL.130	Análisis, verificación y validación de diseño				IfcProject	

USO	PRO	USO.PRO	Usos de tipo producción	No aplica
USO	PRO	010 USO.PRO.010	Producción de planos	IfcProject
USO	PRO	020 USO.PRO.020	Producción de tablas de información	IfcProject
USO	PRO	030 USO.PRO.030	Producción de infografías o vídeos	IfcProject
USO	PRO	040 USO.PRO.040	Producción realidad virtual o aumentada	IfcProject
USO	PRO	050 USO.PRO.050	Producción de cuantificaciones	IfcProject
USO	PRO	060 USO.PRO.060	Producción de presupuesto	IfcProject
USO	SEG	USO.SEG	Usos de tipo seguimiento	No aplica
USO	SEG	010 USO.SEG.010	Seguimiento y control de cambios	IfcProject
USO	SEG	020 USO.SEG.020	Seguimiento y control de incidencias	IfcProject
USO	SEG	030 USO.SEG.030	Seguimiento de la planificación de obra	IfcProject
USO	SEG	040 USO.SEG.040	Seguimiento de certificaciones	IfcProject
USO	SEG	050 USO.SEG.050	Seguimiento y control de ejecución de obra	IfcProject
USO	SEG	060 USO.SEG.060	Seguimiento y control de puesta en servicio	IfcProject
USO	SEG	070 USO.SEG.070	Seguimiento y control de mantenimiento	IfcProject

Tabla 2 Clasificación por Fases Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por FASES					
Versión:		V01					
Descripción:		Tabla para clasificar elementos BIM según la fase o la etapa en la que fueron generados o en la última fase en la que fueron modificados.					
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>					
Fecha de edición:		31-12-2020					
Tipo de relación:		1-1 (una clase por elemento)					
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>FAS</b>				<b>FAS</b>	<b>Tipo de Fase</b>	<b>No aplica</b>	
FAS	DFE			FAS.DFE	Definición estratégica	Cualquier IfcElement	
FAS	DFE	010		FAS.DFE.010	Preparación contratación definición estratégica	Cualquier IfcElement	
FAS	DFE	020		FAS.DFE.020	Oferta contratación definición estratégica	Cualquier IfcElement	
FAS	DFE	030		FAS.DFE.030	Ejecución contrato definición estratégica	Cualquier IfcElement	
FAS	DFE	040		FAS.DFE.040	Modificaciones finales promotor definición estratégica	Cualquier IfcElement	
FAS	EIN			FAS.EIN	Estudio informativo	Cualquier IfcElement	
FAS	EIN	010		FAS.EIN.010	Preparación contratación estudio informativo	Cualquier IfcElement	
FAS	EIN	020		FAS.EIN.020	Oferta contratación estudio informativo	Cualquier IfcElement	
FAS	EIN	030		FAS.EIN.030	Ejecución contrato estudio informativo	Cualquier IfcElement	
FAS	EIN	040		FAS.EIN.040	Modificaciones finales promotor estudio informativo	Cualquier IfcElement	
FAS	ANT			FAS.ANT	Anteproyecto	Cualquier IfcElement	
FAS	ANT	010		FAS.ANT.010	Preparación contratación anteproyecto	Cualquier IfcElement	
FAS	ANT	020		FAS.ANT.020	Oferta contratación anteproyecto	Cualquier IfcElement	
FAS	ANT	030		FAS.ANT.030	Ejecución contrato anteproyecto	Cualquier IfcElement	
FAS	ANT	040		FAS.ANT.040	Modificaciones finales promotor anteproyecto	Cualquier IfcElement	
FAS	PBA			FAS.PBA	Proyecto básico	Cualquier IfcElement	
FAS	PBA	010		FAS.PBA.010	Preparación contratación proyecto básico	Cualquier IfcElement	
FAS	PBA	020		FAS.PBA.020	Oferta contratación proyecto básico	Cualquier IfcElement	
FAS	PBA	030		FAS.PBA.030	Ejecución contrato proyecto básico	Cualquier IfcElement	
FAS	PBA	040		FAS.PBA.040	Modificaciones finales promotor proyecto básico	Cualquier IfcElement	
FAS	PBC			FAS.PBC	Proyecto básico y constructivo	Cualquier IfcElement	
FAS	PBC	010		FAS.PBC.010	Preparación contratación proyecto básico y constructivo	Cualquier IfcElement	
FAS	PBC	020		FAS.PBC.020	Oferta contratación proyecto básico y constructivo	Cualquier IfcElement	

FAS	PBC	030	FAS.PBC.030	Ejecución contrato proyecto básico y constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PBC	040	FAS.PBC.040	Modificaciones finales promotor proyecto básico y constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PCO		FAS.PCO	Proyecto constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PCO	010	FAS.PCO.010	Preparación contratación proyecto constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PCO	020	FAS.PCO.020	Oferta contratación proyecto constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PCO	030	FAS.PCO.030	Ejecución contrato proyecto constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	PCO	040	FAS.PCO.040	Modificaciones finales promotor proyecto constructivo	Cualquier IfcElement
FAS	CON		FAS.CON	Construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	010	FAS.CON.010	Preparación contratación construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	020	FAS.CON.020	Oferta contratación construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	030	FAS.CON.030	Ejecución contrato construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	030 010	FAS.CON.030.010	Planificación construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	030 020	FAS.CON.030.020	Ejecución construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	030 030	FAS.CON.030.030	Cierre construcción	Cualquier IfcElement
FAS	CON	040	FAS.CON.040	Modificaciones finales promotor construcción	Cualquier IfcElement
FAS	PMA		FAS.PMA	Puesta en servicio	Cualquier IfcElement
FAS	PMA	010	FAS.PMA.010	Preparación contratación puesta en servicio	Cualquier IfcElement
FAS	PMA	020	FAS.PMA.020	Oferta contratación puesta en servicio	Cualquier IfcElement
FAS	PMA	030	FAS.PMA.030	Ejecución contrato puesta en servicio	Cualquier IfcElement
FAS	PMA	040	FAS.PMA.040	Modificaciones finales promotor puesta en servicio	Cualquier IfcElement
FAS	OPE		FAS.OPE	Operación	Cualquier IfcElement
FAS	OPE	010	FAS.OPE.010	Preparación contratación operación	Cualquier IfcElement
FAS	OPE	020	FAS.OPE.020	Oferta contratación operación	Cualquier IfcElement
FAS	OPE	030	FAS.OPE.030	Ejecución contrato operación	Cualquier IfcElement
FAS	OPE	040	FAS.OPE.040	Modificaciones finales promotor operación	Cualquier IfcElement
FAS	MAN		FAS.MAN	Mantenimiento	Cualquier IfcElement
FAS	MAN	010	FAS.MAN.010	Preparación contratación mantenimiento	Cualquier IfcElement
FAS	MAN	020	FAS.MAN.020	Oferta contratación mantenimiento	Cualquier IfcElement
FAS	MAN	030	FAS.MAN.030	Ejecución contrato mantenimiento	Cualquier IfcElement

FAS	MAN	040	FAS.MAN.040	Modificaciones finales promotor mantenimiento	Cualquier IfcElement
FAS	DES		FAS.DES	Desmantelamiento	Cualquier IfcElement
FAS	DES	010	FAS.DES.010	Preparación contratación desmantelamiento	Cualquier IfcElement
FAS	DES	020	FAS.DES.020	Oferta contratación desmantelamiento	Cualquier IfcElement
FAS	DES	030	FAS.DES.030	Ejecución contrato desmantelamiento	Cualquier IfcElement
FAS	DES	040	FAS.DES.040	Modificaciones finales promotor desmantelamiento	Cualquier IfcElement

Tabla 3: Clasificación por empresas Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por EMPRESAS				
Versión:		V01				
Descripción:		Tabla plantilla para clasificar elementos BIM según el tipo de empresa o empresa que los generó o es responsable de los elementos de ese modelo.				
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>				
Fecha de edición:		31-12-2020				
Tipo de relación:		1-1 (una clase por elemento)				
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>EMP</b>			<b>EMP</b>	<b>Tipo de Empresa</b>	<b>No aplica</b>	
EMP	PRO		EMP.PRO	Entidad promotora	Cualquier IfcElement	
EMP	PRO	AAA	EMP.PRO.AAA	Equipo o empresa A	Cualquier IfcElement	
EMP	PRO	BBB	EMP.PRO.BBB	Equipo o empresa B	Cualquier IfcElement	
EMP	PRO	CCC	EMP.PRO.CCC	Equipo o empresa C	Cualquier IfcElement	
EMP	PMP		EMP.PMP	Empresa de gestión de proyectos	Cualquier IfcElement	
EMP	PMP	DDD	EMP.PMP.DDD	Equipo o empresa D	Cualquier IfcElement	
EMP	PMP	EEE	EMP.PMP.EEE	Equipo o empresa E	Cualquier IfcElement	
EMP	PMP	FFF	EMP.PMP.FFF	Equipo o empresa F	Cualquier IfcElement	
EMP	PRY		EMP.PRY	Proyectista	Cualquier IfcElement	
EMP	PRY	GGG	EMP.PRY.GGG	Equipo o empresa G	Cualquier IfcElement	
EMP	PRY	HHH	EMP.PRY.HHH	Equipo o empresa H	Cualquier IfcElement	
EMP	PRY	III	EMP.PRY.III	Equipo o empresa I	Cualquier IfcElement	
EMP	DOB		EMP.DOB	Dirección de obra	Cualquier IfcElement	
EMP	DOB	JJJ	EMP.DOB.JJJ	Equipo o empresa J	Cualquier IfcElement	
EMP	DOB	KKK	EMP.DOB.KKK	Equipo o empresa K	Cualquier IfcElement	
EMP	DOB	LLL	EMP.DOB.LLL	Equipo o empresa L	Cualquier IfcElement	
EMP	CON		EMP.CON	Constructora	Cualquier IfcElement	
EMP	CON	MMM	EMP.CON.MMM	Equipo o empresa M	Cualquier IfcElement	
EMP	CON	NNN	EMP.CON.NNN	Equipo o empresa N	Cualquier IfcElement	
EMP	CON	OOO	EMP.CON.OOO	Equipo o empresa O	Cualquier IfcElement	
EMP	PMA		EMP.PMA	Empresa de puesta en marcha	Cualquier IfcElement	
EMP	PMA	PPP	EMP.PMA.PPP	Equipo o empresa P	Cualquier IfcElement	
EMP	PMA	QQQ	EMP.PMA.QQQ	Equipo o empresa Q	Cualquier IfcElement	
EMP	PMA	RRR	EMP.PMA.RRR	Equipo o empresa R	Cualquier IfcElement	

EMP	OPE		EMP.OPE	Empresa de operación	Cualquier IfcElement
EMP	OPE	SSS	EMP.OPE.SSS	Equipo o empresa S	Cualquier IfcElement
EMP	OPE	TTT	EMP.OPE.TTT	Equipo o empresa T	Cualquier IfcElement
EMP	OPE	UUU	EMP.OPE.UUU	Equipo o empresa U	Cualquier IfcElement
EMP	MAN		EMP.MAN	Empresa de mantenimiento	Cualquier IfcElement
EMP	MAN	VVV	EMP.MAN.VVV	Equipo o empresa V	Cualquier IfcElement
EMP	MAN	WWW	EMP.MAN.WWW	Equipo o empresa W	Cualquier IfcElement
EMP	MAN	YYY	EMP.MAN.YYY	Equipo o empresa Y	Cualquier IfcElement

Tabla 4: Clasificación por activos Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por ACTIVOS					
Versión:		V01					
Descripción:		Tabla para clasificar elementos BIM según el tipo de activo al que pertenecen.					
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>					
Fecha de edición:		31-12-2020					
Tipo de relación:		1-M (una o varias clases por elemento)					
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC
<b>ACT</b>					<b>ACT</b>	<b>Tipo de Activo</b>	<b>No aplica</b>
ACT	EDI				ACT.EDI	Edificación	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	010			ACT.EDI.010	Estación	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	010	010		ACT.EDI.010.010	Estación en superficie	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	010	020		ACT.EDI.010.020	Estación subterránea	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	020			ACT.EDI.020	Apeadero	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	030			ACT.EDI.030	Subestación	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	040			ACT.EDI.040	Taller o nave de mantenimiento	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	050			ACT.EDI.050	Puesto de mando	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	050	010		ACT.EDI.050.010	Control de tráfico centralizado (CTC)	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	050	020		ACT.EDI.050.020	Centro regional de control (CRC)	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	050	030		ACT.EDI.050.030	Puesto local de operación (PLO)	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	060			ACT.EDI.060	Edificio técnico	Cualquier IfcElement
ACT	EDI	070			ACT.EDI.070	Cochera	Cualquier IfcElement
ACT	LIF				ACT.LIF	Línea Ferroviaria	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010			ACT.LIF.010	Plataforma	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	010		ACT.LIF.010.010	Geotecnia	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	020		ACT.LIF.010.020	Movimiento de tierras	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	030		ACT.LIF.010.030	Drenaje	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	040		ACT.LIF.010.040	Puente	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	050		ACT.LIF.010.050	Viaducto	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	060		ACT.LIF.010.060	Túnel	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	010	070		ACT.LIF.010.070	Estructura	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	020			ACT.LIF.020	Vía	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	020	010		ACT.LIF.020.010	Vía ancho métrico	Cualquier IfcElement

ACT	LIF	020	010	010	ACT.LIF.020.010.01 0	Vía ancho métrico con tráfico de viajeros	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	010	020	ACT.LIF.020.010.02 0	Vía ancho métrico con tráfico de mercancías	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	010	030	ACT.LIF.020.010.03 0	Vía ancho métrico con tráfico mixto	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	010	040	ACT.LIF.020.010.04 0	Vía ancho métrico con tráfico de viajeros con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	010	050	ACT.LIF.020.010.05 0	Vía ancho métrico con tráfico de mercancías con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	010	060	ACT.LIF.020.010.06 0	Vía ancho métrico con tráfico mixto con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020		ACT.LIF.020.020	Vía ancho ibérico	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	010	ACT.LIF.020.020.01 0	Vía ancho ibérico con tráfico de viajeros	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	020	ACT.LIF.020.020.02 0	Vía ancho ibérico con tráfico de mercancías	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	030	ACT.LIF.020.020.03 0	Vía ancho ibérico con tráfico mixto	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	040	ACT.LIF.020.020.04 0	Vía ancho ibérico con tráfico de viajeros con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	050	ACT.LIF.020.020.05 0	Vía ancho ibérico con tráfico de mercancías con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	020	060	ACT.LIF.020.020.06 0	Vía ancho ibérico con tráfico mixto con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030		ACT.LIF.020.030	Vía ancho internacional	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	010	ACT.LIF.020.030.01 0	Vía ancho internacional con tráfico de viajeros	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	020	ACT.LIF.020.030.02 0	Vía ancho internacional con tráfico de mercancías	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	030	ACT.LIF.020.030.03 0	Vía ancho internacional con tráfico mixto	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	040	ACT.LIF.020.030.04 0	Vía ancho internacional con tráfico de viajeros con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	050	ACT.LIF.020.030.05 0	Vía ancho internacional con tráfico de mercancías con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	030	060	ACT.LIF.020.030.06 0	Vía ancho internacional con tráfico mixto con tercer carril	Cualquier lfcElement
ACT	LIF	020	040		ACT.LIF.020.040	Vía ancho especial	Cualquier lfcElement

ACT	LIF	030		ACT.LIF.030	Sistema de suministro de energía	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	030	010	ACT.LIF.030.010	Línea aérea de contacto (LAC)	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	030	020	ACT.LIF.030.020	Línea de alta tensión (LAT)	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	030	030	ACT.LIF.030.030	Telemando	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	030	040	ACT.LIF.030.040	Subestaciones	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040		ACT.LIF.040	Sistema de telecomunicaciones	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	010	ACT.LIF.040.010	Parque de enlaces	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	020	ACT.LIF.040.020	Parque de equipos para redes de datos	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	030	ACT.LIF.040.030	Parque de equipos para acceso/transporte	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	040	ACT.LIF.040.040	Centrales de conmutación	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	050	ACT.LIF.040.050	Telefonía	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	060	ACT.LIF.040.060	Grabadores	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	070	ACT.LIF.040.070	Caldeo	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	080	ACT.LIF.040.080	Tren tierra	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	090	ACT.LIF.040.090	GSM-R	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	100	ACT.LIF.040.100	Red radio PMR	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	110	ACT.LIF.040.110	Puesto estación	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	040	120	ACT.LIF.040.120	Elementos para tendido cables	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050		ACT.LIF.050	Sistema de señalización	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	010	ACT.LIF.050.010	Local de comunicaciones	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	020	ACT.LIF.050.020	Local de enclavamiento	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	030	ACT.LIF.050.030	Parque de fibra óptica	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	040	ACT.LIF.050.040	Armario de vía	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	050	ACT.LIF.050.050	Sistema de canalización	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	050	060	ACT.LIF.050.060	Sistema de señalización embarcado	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	060		ACT.LIF.060	Paso a nivel	Cualquier IfcElement
ACT	LIF	070		ACT.LIF.070	Viario	Cualquier IfcElement
ACT	MRO			ACT.MRO	Material rodante	Cualquier IfcElement
ACT	MRO	010		ACT.MRO.010	Servicios de viajeros	Cualquier IfcElement
ACT	MRO	020		ACT.MRO.020	Servicios de mercancías	Cualquier IfcElement

ACT	MRO	030	ACT.MRO.030	Servicios mixtos	Cualquier IfcElement
ACT	MRO	040	ACT.MRO.040	Servicios construcción mantenimiento	Cualquier IfcElement
ACT	NOR		ACT.NOR	Activo no relevante	Cualquier IfcElement

Tabla 5: Clasificación por Funciones Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre: Clasificación por FUNCIONES Versión: V01 Descripción: Tabla para clasificar elementos BIM según la función que desempeñan. Fuente: <a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a> Fecha de edición: 44196 Tipo de relación: 1-1 (una clase por elemento)							NIVEL 1	NIVEL 2	NIVE L3	NIVE L4	NIVEL 5	NIVE L6	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDICIÓN	ENTIDAD IFC	TIPO PREDEFINIDO IFC	COMENTA RIOS
FUN N		FUN		Tipo de Función				Unida d	No aplica									
FU N	EN T						FUN.ENT	Entorno										
FU N	EN T	01					FUN.ENT .010	Origen de coordenadas	ud	<a href="#">IfcProxy</a>	<a href="#">PRODUCT</a>							
FU N	EN T	02					FUN.ENT .020	Red auxiliar	ud	<a href="#">IfcGrid</a>	<a href="#">USERDEFINED</a>							
FU N	EN T	03					FUN.ENT .030	Arbolado	ud	<a href="#">IfcPlant</a>	NO TIENE SUBTIPOS							
FU N	EN T	04					FUN.ENT .040	Parcela		<a href="#">IfcProxy</a>	<a href="#">PRODUCT</a>							
FU N	EN T	05					FUN.ENT .050	Volumen edificatorio	m2	<a href="#">IfcProxy</a>	<a href="#">PRODUCT</a>							
FU N	EN T	06					FUN.ENT .060	Terreno	m2	<a href="#">IfcGeographicElement</a>	<a href="#">TERRAIN</a>							
FU N	EX P						FUN.EXP	Expropiación										
FU N	EX P	01					FUN.EXP .010	Superficie de expropiación	m2	<a href="#">IfcAnnotation</a>	<a href="#">ASSUMEDAREA</a>							
FU N	EX P	02					FUN.EXP .020	Superficie de servidumbre	m2	<a href="#">IfcAnnotation</a>	<a href="#">ASSUMEDAREA</a>							
FU N	EX P	03					FUN.EXP .030	Superficie de ocupación temporal	m2	<a href="#">IfcAnnotation</a>	<a href="#">ASSUMEDAREA</a>							
FU N	GE O						FUN.GEO	Geotecnia										
FU N	GE O	01					FUN.GEO .010	Estratigrafía										
FU N	GE O	02					FUN.GEO .020	Prospección										
FU N	GE O	03					FUN.GEO .030	Auscutación geotécnica										

FU	MV		FUN.MVT	Movimiento de tierras					
N	T								
FU	MV	01	FUN.MVT						
N	T	0	.010	Despeje y desbroce					
FU	MV	02	FUN.MVT						
N	T	0	.020	Excavación en desmonte					
FU	MV	03	FUN.MVT						
N	T	0	.030	Relleno					
FU	MV	04	FUN.MVT						
N	T	0	.040	Terraplén					
FU	MV	05	FUN.MVT						
N	T	0	.050	Capa de forma					
FU	MV	06	FUN.MVT						
N	T	0	.060	Capa de subbalasto					
FU	MV	07	FUN.MVT						
N	T	0	.070	Tratamiento de los suelos					
FU	MV	08	FUN.MVT						
N	T	0	.080	Mejora del terreno					
FU	MV	09	FUN.MVT						
N	T	0	.090	Entibación y apuntalamiento					
FU	MV	10	FUN.MVT						
N	T	0	.100	Apoyo y protección de la excavación					
FU	TR		FUN.TRZ	Trazado					
N	Z								
FU	TR	01	FUN.TRZ.						
N	Z	0	010	Eje					
FU	TR	02	FUN.TRZ.						
N	Z	0	020	Trazado en planta					
FU	TR	03	FUN.TRZ.						
N	Z	0	030	Trazado en alzado					
FU	TR	04	FUN.TRZ.						
N	Z	0	040	Puntos singulares					
FU	DR		FUN.DRE	Drenaje					
N	E								
FU	DR	01	FUN.DRE						
N	E	0	.010	ODT					
FU	DR	02	FUN.DRE						
N	E	0	.020	Encauzamiento		m	<a href="#">lfcDistributionChamberElement</a>	<a href="#">TRENCH</a>	
FU	DR	03	FUN.DRE						
N	E	0	.030	Sumidero		m	<a href="#">lfcDistributionChamberElement</a>	<a href="#">INSPECTIONCHAMBER</a>	

FU	DR	04	FUN.DRE	Colector	m	<a href="#">IfcPipeSegment</a>	<a href="#">CULVERT</a>
N	E	0	.040				
FU	DR	05	FUN.DRE	Arqueta de drenaje	ud	<a href="#">IfcDistributionChamberElement</a>	<a href="#">MANHOLE</a>
N	E	0	.050				
FU	DR	06	FUN.DRE	Cuneta de drenaje			
N	E	0	.060				
FU	DR	07	FUN.DRE	Bajante			
N	E	0	.070				
FU	DR	11	FUN.DRE	Arenero	ud	<a href="#">IfcProxy</a>	<a href="#">PRODUCT</a>
N	E	0	.110				
FU	TU		FUN.TUN	Túnel			
N	N						
FU	TU	01	FUN.TUN	Excavación de túnel			
N	N	0	.010				
FU	TU	02	FUN.TUN	Sostenimiento y emboquille		-	
N	N	0	.020				
FU	TU	03	FUN.TUN	Tratamiento especial			
N	N	0	.030				
FU	TU	04	FUN.TUN	Revestimiento			
N	N	0	.040				
FU	TU	05	FUN.TUN	Impermeabilización y drenaje			
N	N	0	.050				
FU	TU	06	FUN.TUN	Construcción de pozos			
N	N	0	.060				
FU	TU	07	FUN.TUN	Tubo sumergido	m	<a href="#">IfcVoidingFeature</a>	<a href="#">USERDEFINED</a>
N	N	0	.070				
FU	TU	08	FUN.TUN	Instrumentación y control			
N	N	0	.080				
FU	ES		FUN.EST	Estructura			
N	T						
FU	ES	01	FUN.EST.	Cimiento y contención de tierras			
N	T	0	010				
FU	ES	02	FUN.EST.	Sistema estructural			
N	T	0	020				
FU	ES	03	FUN.EST.	Puente			
N	T	0	030				
FU	ES	04	FUN.EST.	Armadura			
N	T	0	040				
FU	VIA		FUN.VIA	Vía			
N							

FU	VIA	01	FUN.VIA.	
N		0	010	Carril
FU	VIA	02	FUN.VIA.	
N		0	020	Soldadura
FU	VIA	03	FUN.VIA.	
N		0	030	Traviesa
FU	VIA	04	FUN.VIA.	
N		0	040	Sujeción y pequeño material
FU	VIA	05	FUN.VIA.	
N		0	050	Paquete de Balasto
FU	VIA	06	FUN.VIA.	
N		0	060	Vía en placa
FU	VIA	07	FUN.VIA.	
N		0	070	Aparato de vía
FU	VIA	08	FUN.VIA.	
N		0	080	Elemento de seguridad
FU	VIA	09	FUN.VIA.	
N		0	090	Elemento singular
FU	INT		FUN.INT	Interoperabilidad
N				
FU	INT	01	FUN.INT.	
N		0	010	Gálibo
FU	EN		FUN.ENE	Energía
N	E			
FU	EN	01	FUN.ENE	
N	E	0	.010	Línea aérea de contacto (LAC)
FU	EN	02	FUN.ENE	
N	E	0	.020	Línea de alta tensión (LAT)
FU	EN	03	FUN.ENE	
N	E	0	.030	Telemando
FU	EN	04	FUN.ENE	
N	E	0	.040	Subestaciones
FU	CO		FUN.CO	Comunicación ferroviaria
N	M		M	
FU	CO	01	FUN.CO	
N	M	0	M.010	Parque de enlaces
FU	CO	02	FUN.CO	
N	M	0	M.020	Parque de equipos para redes de datos
FU	CO	03	FUN.CO	
N	M	0	M.030	Parque de equipos para acceso/transporte



FU	SE	11	FUN.SEN	Sistema de gestión de tráfico	
N	N	0	.110		
FU	SE	12	FUN.SEN	Sistema de suministro eléctrico para señalización ferroviaria	
N	N	0	.120		
FU	SE	13	FUN.SEN	Sistema de distribución de cableado de campo de señalización ferroviaria	
N	N	0	.130		
FU	MR		FUN.MR	Material rodante	
N	O		O		
FU	MR	01	FUN.MR	Locomotora	
N	O	0	O.010		
FU	MR	02	FUN.MR	Coche cabina	
N	O	0	O.020		
FU	MR	03	FUN.MR	Coche remolque	
N	O	0	O.030		
FU	AR		FUN.ARQ	Arquitectura	
N	Q				
FU	AR	01	FUN.ARQ	Sistema envolvente y acabado exterior	-
N	Q	0	.010		
FU	AR	02	FUN.ARQ	Sistema de compartimentación y de acabado interior	-
N	Q	0	.020		
FU	AR	03	FUN.ARC	Equipamiento	-
N	C	0	.030		
FU	AR	04	FUN.ARQ	Mobiliario	-
N	Q	0	.040		
FU	AR	05	FUN.ARC	Acceso mecanizado	-
N	C	0	.050		
FU	ISA		FUN.ISA	Instalación saneamiento	
N					
FU	ISA	01	FUN.ISA.	Equipo principal de evacuación de agua	
N		0	010		
FU	ISA	02	FUN.ISA.	Red de recogida	
N		0	020		
FU	IFO		FUN.IFO	Instalación fontanería	
N					
FU	IFO	01	FUN.IFO.	Equipo principal de fontanería	
N		0	010		
FU	IFO	02	FUN.IFO.	Red de distribución de fontanería	
N		0	020		
FU	IGA		FUN.IGA	Instalación gas y otros combustibles	
N					

FU N	IGA	01 0	FUN.IGA. 010	Gas			
FU N	IGA	02 0	FUN.IGA. 020	Suministro comnustible			
FU N	IEL		FUN.IEL	Instalación electricidad			
FU N	IEL	01 0	FUN.IEL. 010	Equipo eléctrico principal			
FU N	IEL	02 0	FUN.IEL. 020	Equipo eléctrico secundario			
FU N	IEL	03 0	FUN.IEL. 030	Canalización de distribución eléctrica			
FU N	IEL	04 0	FUN.IEL. 040	Sistema de mando y control			
FU N	IEL	05 0	FUN.IEL. 050	Red de tierra	kg	<a href="#">IfcProtectiveDevice</a>	<a href="#">EARTHINGSWITCH</a>
FU N	ILU		FUN.ILU	Instalación iluminación			
FU N	ILU	01 0	FUN.ILU. 010	Iluminación interior	ud	<a href="#">IfcLightFixture</a>	<a href="#">USERDEFINED</a>
FU N	ILU	02 0	FUN.ILU. 020	Iluminación de túnel	ud	<a href="#">IfcLightFixture</a>	<a href="#">USERDEFINED</a>
FU N	ITE		FUN.ITE	Instalación telecomunicaciones			
FU N	ITE	01 0	FUN.ITE. 010	Equipo principal de telecomunicación			
FU N	ITE	02 0	FUN.ITE. 020	Equipo secundario de telecomunicación			
FU N	ITE	03 0	FUN.ITE. 030	Canalización y distribución de señal débil (fibra optica y cuadro)			
FU N	ISI		FUN.ISI	Instalación sistema de gestión centralizada			
FU N	ISI	01 0	FUN.ISI.0 10	Sistema de información al viajero			
FU N	ISI	02 0	FUN.ISI.0 20	Sistema de seguridad, antiintrusión y circuito cerrado de televisión			
FU N	ISI	03 0	FUN.ISI.0 30	Control de instalaciones			
FU N	ICL		FUN.ICL	Instalación climatización			

FU N	ICL	01 0	FUN.ICL. 010	Equipo de producción de instalación climática
FU N	ICL	02 0	FUN.ICL. 020	Equipo secundario de instalación climática
FU N	ICL	03 0	FUN.ICL. 030	Circuito de distribución de fluidos frío / calor
FU N	IVE		FUN.IVE	Instalación ventilación
FU N	IVE	01 0	FUN.IVE. 010	Conducto de distribución de aire
FU N	IVE	02 0	FUN.IVE. 020	Ventilador
FU N	IVE	03 0	FUN.IVE. 030	Terminal y difusor
FU N	IVE	04 0	FUN.IVE. 040	Dispositivo de maniobra y control ventilación
FU N	IPC		FUN.IPC	Instalación protección contra incendios
FU N	IPC	01 0	FUN.IPC. 010	Extinción de incendios
FU N	IPC	02 0	FUN.IPC. 020.	Detección de incendios
FU N	IPC	03 0	FUN.IPC. 030.	Dispositivo de maniobra y control
FU N	UR B		FUN.URB	Urbanización
FU N	UR B	01 0	FUN.URB .010	Elemento de cimentación, contención de tierra y elemento estructural
FU N	UR B	02 0	FUN.URB .020	Elemento de cierre y protección de urbanización
FU N	UR B	03 0	FUN.URB .030	Instalación y servicio
FU N	UR B	04 0	FUN.URB .040	Jardinería
FU N	UR B	05 0	FUN.URB .050	Mobiliario urbano y elemento de señalización
FU N	VIO		FUN.VIO	Viario
FU N	VIO	01 0	FUN.VIO. 010	Firme y pavimento

FU N	VIO 02 0	FUN.VIO. .020.	Señalización y protección
FU N	RE L	FUN.REL	Red electricidad
FU N	RT L	FUN.RTL	Red telecomunicaciones
FU N	RA G	FUN.RAG	Red agua
FU N	RS O	FUN.RSO	Red saneamiento
FU N	RG S	FUN.RGS	Red gas
FU N	AU E	FUN.AUE	Auscultación y ensayos
FU N	AU E 01 0	FUN.AUE .010	Sensor
FU N	AU E 02 0	FUN.AUE .020	Ensayo
FU N	AU E 03 0	FUN.AUE .030	Daño
FU N	MA Q	FUN.MA Q	Maquinaria y medios axiliares
FU N	MA Q 01 0	FUN.MA Q.010	Maquinaria para excavar
FU N	MA Q 02 0	FUN.MA Q.020	Maquinaria para transportar
FU N	MA Q 03 0	FUN.MA Q.030	Maquinaria para cargar
FU N	MA Q 04 0	FUN.MA Q.040	Maquinaria para bombear
FU N	MA Q 05 0	FUN.MA Q.050	Maquinaria para conformar
FU N	MA Q 06 0	FUN.MA Q.060	Maquinaria para humedecer
FU N	MA Q 07 0	FUN.MA Q.070	Maquinaria para compactar
FU N	MA Q 08 0	FUN.MA Q.080	Maquinaria para montaje de vía
FU N	MA Q 09 0	FUN.MA Q.090	Maquinaria para mantenimiento de vía

FU	MA	10	FUN.MA	Pequeña maquinaria de vía				
N	Q	0	Q.100					
FU	MA	11	FUN.MA	Otro tipo de maquinaria				
N	Q	0	Q.110					
FU	MA	12	FUN.MA	Herramienta				
N	Q	0	Q.120					
FU	IAM		FUN.IAM	Medio ambiente				
N								
FU	IAM	01	FUN.IAM.	Integración ambiental				
N		0	010				-	
FU	IAM	02	FUN.IAM.	Tratamiento de aguas				
N		0	020				-	-
FU	GE		FUN.GER	Gestión de residuos				
N	R							
FU	GE	01	FUN.GER	Elemento preventivo				
N	R	0	.010				-	
FU	GE	02	FUN.GER	Elemento contenedor				
N	R	0	.020					
FU	GE	03	FUN.GER	Residuo				
N	R	0	.030					
FU	GR		FUN.GRS	Gestión de riesgos				
N	S							
FU	GR	01	FUN.GRS	Indicador de riesgo		ud	<a href="#">IfcProxy</a>	<a href="#">PRODUCT</a>
N	S	0	.010					
FU	SE		FUN.SES	Seguridad y salud				
N	S							
FU	SE	01	FUN.SES	Implantación de obra				
N	S	0	.010				-	
FU	SE	02	FUN.SES	Construcción temporal				
N	S	0	.020				-	
FU	SE	03	FUN.SES	Protección individual y colectiva				
N	S	0	.030				-	
FU	SE	04	FUN.SES	Equipo de medida preventiva				
N	S	0	.040				-	
FU	SE	05	FUN.SES	Delimitación de zonas de seguridad				
N	S	0	.050				-	

Tabla 6: Clasificación por estados Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS	
Nombre:		Clasificación por ESTADOS									
Versión:		V01									
Descripción:		Tabla para clasificar elementos BIM según su estado y para codificar archivos de modelos BIM.									
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>									
Fecha de edición:		31-12-2020									
Tipo de relación:		1-1 (una clase por elemento y una clase por archivo)									
<b>EST</b>	<b>EST</b>	<b>Tipo de estado</b>					<b>No aplica</b>				
EST		Códigos de los elementos y de los archivos					No aplica				
EST	EXT	EST. EXT	Existente			Los elementos existentes en la realidad física a la firma del contrato	Cualquier IfcElement				
EST	ADE	EST. ADE	A demoler			Aquellos elementos que se van a demoler	Cualquier IfcElement				
EST	ARE	EST. ARE	A reubicar			Aquellos elementos que se van a reutilizar dentro del mismo proyecto	Cualquier IfcElement				
EST	REU	EST. REU	Reubicado en proyecto			Aquellos elementos a reubicar en su posición final de proyecto	Cualquier IfcElement				
EST	PRO	EST. PRO	Proyectado			Aquellos elementos que se proyectan nuevos	Cualquier IfcElement				
EST	TEM	EST. TEM	Temporal			Aquellos elementos relativos a construcciones temporales	Cualquier IfcElement				
EST	RPO	EST. RPO	Replanteado en obra			Aquellos elementos cuya posición ya ha sido definida en obra	Cualquier IfcElement				
EST	ACO	EST. ACO	Acopiado			Aquellos elementos cuyos materiales o productos ya están en el lugar	Cualquier IfcElement				
EST	DPE	EST. DPE	Demolido parcialmente ejecutado		parcialmente	Aquellos elementos a demoler que se han construido parcialmente derruidos	Cualquier IfcElement				
EST	DTE	EST. DTE	Demolido ejecutado		totalmente	Aquellos elementos a demoler completamente derruidos	Cualquier IfcElement				
EST	RPE	EST. RPE	Reubicado ejecutado		parcialmente	Aquellos elementos reubicados en proyecto que se han construido parcialmente	Cualquier IfcElement				
EST	RTE	EST. RTE	Reubicado ejecutado		totalmente	Aquellos elementos reubicados en proyecto completamente ejecutados	Cualquier IfcElement				
EST	PPE	EST. PPE	Proyectado ejecutado		parcialmente	Aquellos elementos proyectados que se han construido parcialmente	Cualquier IfcElement				
EST	PTE	EST. PTE	Proyectado ejecutado		totalmente	Aquellos elementos proyectados completamente ejecutados	Cualquier IfcElement				
EST	TPE	EST.	Temporal		parcialmente	Aquellos elementos temporales que se han construido	Cualquier				

EST	TTE	TPE EST. TTE	ejecutado Temporal ejecutado	parcialmente totalmente	Aquellos elementos temporales completamente ejecutados	lfcElement Cualquier lfcElement
EST	ESE	EST. ESE	En servicio		quellos elementos que están funcionando correctamente	Cualquier lfcElement
EST	FSE	EST. FSE	Fuera de servicio		Aquellos elementos que no están funcionando	Cualquier lfcElement
EST			Sólo códigos para los archivos			No aplica
EST	MEA	EST. MEA	Modelo estado actual		Puede contener EXT	Sólo para codificación de archivo
EST	MDE	EST. MDE	Modelo demoliciones		Puede contener EXT, ADE, ARE	Sólo para codificación de archivo
EST	MPR	EST. MPR	Modelo de proyecto		Puede contener EXT, ADE, ARE, REU, PRO, TEM	Sólo para codificación de archivo
EST	MRF	EST. MRF	Modelo estado reformado		Puede contener EXT, REU, PRO	Sólo para codificación de archivo
EST	MO M	EST. MOM	Modelo obra mensual		Puede contener EXT, ADE, ARE, REU, PRO, TEM, RPO, ACO, DPE, DTE, RPE, RTE, PPE, PTE, TPE, TTE	Sólo para codificación de archivo
EST	MOT	EST. MOT	Modelo obra terminada		Puede contener EXT, PTE, RTE	Sólo para codificación de archivo
EST	MMA	EST. MMA	Modelo mantenimiento	para	Puede contener EXT, ESE	Sólo para codificación de archivo
EST	MMA	EST. MMA	Modelo de mantenimiento mensual		Puede contener EXT, ESE, FSE	Sólo para codificación de archivo

Tabla 7 Clasificación por subdivisiones. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por SUBDIVISIONES				
Versión:		V01				
Descripción:		Tabla plantilla para codificar tanto los elementos BIM como los ficheros BIM según las subdivisiones, zonificaciones o tramificaciones acordadas por disciplina.				
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>				
Fecha de edición:		31-12-2020				
Tipo de relación:		1-1 (una clase por elemento y una clase por archivo)				
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>DSB</b>			<b>DSB</b>	<b>Tipo de disciplina y subdivisión</b>	<b>No aplica</b>	
DSB	000	000	000.000	Sin disciplina ni subdivisión	Sólo para codificación de archivo	
DSB	MUL	MUL	MUL.MU L	Varias disciplinas y varias subdivisiones	Sólo para codificación de archivo	
DSB	MUL	000	MUL.000	Varias disciplinas sin subdivisión	Sólo para codificación de archivo	
DSB	ENT		DSB.ENT	Entorno	No aplica	
DSB	ENT	000	ENT.000	Entorno sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	ENT	010	ENT.010	Entorno subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	ENT	020	ENT.020	Entorno subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	EXP		DSB.EXP	Expropiación	No aplica	
DSB	EXP	000	EXP.000	Expropiación sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	EXP	010	EXP.010	Expropiación subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	EXP	020	EXP.020	Expropiación subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	GEO		DSB.GE O	Geotecnia	No aplica	
DSB	GEO	000	GEO.000	Geotecnia sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	GEO	010	GEO.010	Geotecnia subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	GEO	020	GEO.020	Geotecnia subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	MVT		DSB.MV T	Movimiento de tierras	No aplica	
DSB	MVT	000	MVT.000	Movimiento de tierras sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	MVT	010	MVT.010	Movimiento de tierras subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	MVT	020	MVT.020	Movimiento de tierras subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	TRZ		DSB.TRZ	Trazado	No aplica	
DSB	TRZ	000	TRZ.000	Trazado sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	
DSB	TRZ	010	TRZ.010	Trazado subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo	

DSB	TRZ	020	TRZ.020	Trazado subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	DRE		DSB.DRE	Drenaje	No aplica
DSB	DRE	000	DRE.000	Drenaje sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	DRE	010	DRE.010	Drenaje subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	DRE	020	DRE.020	Drenaje subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	TUN		DSB.TUN	Túnel	No aplica
DSB	TUN	000	TUN.000	Túnel sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	TUN	010	TUN.010	Túnel subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	TUN	020	TUN.020	Túnel subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	EST		DSB.EST	Estructura	No aplica
DSB	EST	000	EST.000	Estructura sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	EST	010	EST.010	Estructura subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	EST	020	EST.020	Estructura subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	VIA		DSB.VIA	Vía	No aplica
DSB	VIA	000	VIA.000	Vía sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	VIA	010	VIA.010	Vía subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	VIA	020	VIA.020	Vía subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	INT		DSB.INT	Interoperabilidad	No aplica
DSB	INT	000	INT.000	Interoperabilidad sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	INT	010	INT.010	Interoperabilidad subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	INT	020	INT.020	Interoperabilidad subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ENE		DSB.ENE	Energía	No aplica
DSB	ENE	000	ENE.000	Energía sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ENE	010	ENE.010	Energía subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ENE	020	ENE.020	Energía subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	COM		DSB.COM	Comunicación ferroviaria	No aplica
DSB	COM	000	COM.000	Comunicación ferroviaria sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	COM	010	COM.010	Comunicación ferroviaria subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo

DSB	COM	020	COM.020	Comunicación ferroviaria subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SEN		DSB.SEN	Señalización ferroviaria	No aplica
DSB	SEN	000	SEN.000	Señalización ferroviaria sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SEN	010	SEN.010	Señalización ferroviaria subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SEN	020	SEN.020	Señalización ferroviaria subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	MRO		DSB.MRO	Material rodante	No aplica
DSB	MRO	000	MRO.000	Material rodante sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	MRO	010	MRO.010	Material rodante subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	MRO	020	MRO.020	Material rodante subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ARQ		DSB.ARQ	Arquitectura	No aplica
DSB	ARQ	000	ARQ.000	Arquitectura sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ARQ	010	ARQ.010	Arquitectura subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ARQ	020	ARQ.020	Arquitectura subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ISA		DSB.ISA	Instalación saneamiento	No aplica
DSB	ISA	000	ISA.000	Instalación saneamiento sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ISA	010	ISA.010	Instalación saneamiento subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ISA	020	ISA.020	Instalación saneamiento subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IFO		DSB.IFO	Instalación fontanería	No aplica
DSB	IFO	000	IFO.000	Instalación fontanería sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IFO	010	IFO.010	Instalación fontanería subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IFO	020	IFO.020	Instalación fontanería subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGA		DSB.IGA	Instalación gas y otros combustibles	No aplica
DSB	IGA	000	IGA.000	Instalaciones gas y otros combustibles sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGA	010	IGA.010	Instalaciones gas y otros combustibles subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGA	020	IGA.020	Instalaciones gas y otros combustibles subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IEL		DSB.IEL	Instalación electricidad	No aplica
DSB	IEL	000	IEL.000	Instalación electricidad sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IEL	010	IEL.010	Instalación electricidad subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IEL	020	IEL.020	Instalación electricidad subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo

DSB	ILU		DSB.ILU	Instalación iluminación	No aplica
DSB	ILU	000	ILU.000	Instalación iluminación sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ILU	010	ILU.010	Instalación iluminación subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ILU	020	ILU.020	Instalación iluminación subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ITE		DSB.ITE	Instalación telecomunicaciones	No aplica
DSB	ITE	000	ITE.000	Instalación telecomunicaciones sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ITE	010	ITE.010	Instalación telecomunicaciones subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ITE	020	ITE.020	Instalación telecomunicaciones subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGC		DSB.IGC	Instalación sistema de gestión centralizada	No aplica
DSB	IGC	000	IGC.000	Instalación sistema de gestión centralizada sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGC	010	IGC.010	Instalación sistema de gestión centralizada subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IGC	020	IGC.020	Instalación sistema de gestión centralizada subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ICL		DSB.ICL	Instalación climatización	No aplica
DSB	ICL	000	ICL.000	Instalación climatización sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ICL	010	ICL.010	Instalación climatización subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	ICL	020	ICL.020	Instalación climatización subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IVE		DSB.IVE	Instalación ventilación	No aplica
DSB	IVE	000	IVE.000	Instalación ventilación sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IVE	010	IVE.010	Instalación ventilación subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IVE	020	IVE.020	Instalación ventilación subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IPC		DSB.IPC	Instalación protección contra incendios	No aplica
DSB	IPC	000	IPC.000	Instalación protección contra incendios sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IPC	010	IPC.010	Instalación protección contra incendios subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IPC	020	IPC.020	Instalación protección contra incendios subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	URB		DSB.URB	Urbanización	No aplica
DSB	URB	000	URB.000	Urbanización sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	URB	010	URB.010	Urbanización subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	URB	020	URB.020	Urbanización subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	VIO		DSB.VIO	Viario	No aplica
DSB	VIO	000	VIO.000	Viario sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo

DSB	VIO	010	VIO.010	Viario subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	VIO	020	VIO.020	Viario subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	REL		DSB.REL	Red electricidad	No aplica
DSB	REL	000	REL.000	Red electricidad sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	REL	010	REL.010	Red electricidad subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	REL	020	REL.020	Red electricidad subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RTL		DSB.RTL	Red telecomunicaciones	No aplica
DSB	RTL	000	RTL.000	Red telecomunicaciones sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RTL	010	RTL.010	Red telecomunicaciones subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RTL	020	RTL.020	Red telecomunicaciones subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RAG		DSB.RAG	Red agua	No aplica
DSB	RAG	000	RAG.000	Red agua sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RAG	010	RAG.010	Red agua subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RAG	020	RAG.020	Red agua subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RSA		DSB.RSA	Red saneamiento	No aplica
DSB	RSA	000	RSA.000	Red saneamiento sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RSA	010	RSA.010	Red saneamiento subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RSA	020	RSA.020	Red saneamiento subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RGS		DSB.RGS	Red gas	No aplica
DSB	RGS	000	RGS.000	Red gas sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RGS	010	RGS.010	Red gas subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	RGS	020	RGS.020	Red gas subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	AUE		DSB.AUE	Auscultación y ensayos	No aplica
DSB	AUE	000	AUE.000	Auscultación y ensayos sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	AUE	010	AUE.010	Auscultación y ensayos subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	AUE	020	AUE.020	Auscultación y ensayos subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	MAQ		DSB.MAQ	Maquinaria y medios auxiliares	No aplica
DSB	MAQ	000	MAQ.000	Maquinaria y medios auxiliares sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo

DSB	MAQ	010	MAQ.010	Maquinaria y medios auxiliares subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	MAQ	020	MAQ.020	Maquinaria y medios auxiliares subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IAM		DSB.IAM	Medio ambiente	No aplica
DSB	IAM	000	IAM.000	Medio ambiente sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IAM	010	IAM.010	Medio ambiente subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	IAM	020	IAM.020	Medio ambiente subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GER		DSB.GER	Gestión de residuos	No aplica
DSB	GER	000	GER.000	Gestión de residuos sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GER	010	GER.010	Gestión de residuos subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GER	020	GER.020	Gestión de residuos subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GRS		DSB.GRS	Gestión de riesgos	No aplica
DSB	GRS	000	GRS.000	Gestión de riesgos sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GRS	010	GRS.010	Gestión de riesgos subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	GRS	020	GRS.020	Gestión de riesgos subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SES		DSB.SES	Seguridad y salud	No aplica
DSB	SES	000	SES.000	Seguridad y salud sin subdivisión	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SES	010	SES.010	Seguridad y salud subdivisión 1	Cualquier IfcElement y codificación de archivo
DSB	SES	020	SES.020	Seguridad y salud subdivisión 2	Cualquier IfcElement y codificación de archivo

Tabla 8: Clasificación por materiales. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>MAT</b>		<b>MAT</b>		<b>MAT</b>		<b>MAT</b>		<b>MAT</b>			<b>Tipo de material</b>	<b>No aplica</b>	
MAT	CMI									MAT.CMI	Compuesto mineral	Cualquier IfcElement	
MAT	CMI	010								MAT.CMI.010	Roca	Cualquier IfcElement	
MAT	CMI	020								MAT.CMI.020	Suelo	Cualquier IfcElement	
MAT	CMI	040								MAT.CMI.040	Yeso	Cualquier IfcElement	
MAT	CMI	050								MAT.CMI.050	Silicato	Cualquier IfcElement	
MAT	CMI	060								MAT.CMI.060	Arcilla	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM									MAT.CMM	Compuesto mineral manufacturado	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	010								MAT.CMM.010	Fibra de carbono	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	020								MAT.CMM.020	Fibra de vidrio	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	030								MAT.CMM.030	Vidrio y esmalte	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	040								MAT.CMM.040	Arena	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	050								MAT.CMM.050	Grava	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	060								MAT.CMM.060	Piedra	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	070								MAT.CMM.070	Cemento	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	080								MAT.CMM.080	Yeso manufacturado	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	090								MAT.CMM.090	Lana mineral	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	100								MAT.CMM.100	Lana vidrio	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	110								MAT.CMM.110	Lana de roca	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	120								MAT.CMM.120	Vidrio celular	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	130								MAT.CMM.130	Fibrocemento	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	140								MAT.CMM.140	Arido ligero	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	150								MAT.CMM.150	Árido para jardinería	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	160								MAT.CMM.160	Árido especial	Cualquier IfcElement	
MAT	CMM	170								MAT.CMM.170	Árido reciclado	Cualquier IfcElement	

MAT	CMM	180	MAT.CMM.180	Mortero preparado	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	190	MAT.CMM.190	Hormigón	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	200	MAT.CMM.200	Terrazo	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	210	MAT.CMM.210	Cerámico	Cualquier IfcElement
MAT	CMI	220	MAT.CMI.220	Cerámica	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	230	MAT.CMM.230	Porcelana	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	240	MAT.CMM.240	Aglomerado de cuarzo	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	250	MAT.CMM.250	Piedra artificial	Cualquier IfcElement
MAT	CMM	260	MAT.CMM.260	Fábrica	Cualquier IfcElement
MAT	ALM		MAT.ALM	Aleación metálica	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	010	MAT.ALM.010	Acero	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	020	MAT.ALM.020	Aluminio	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	030	MAT.ALM.030	Cobre	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	040	MAT.ALM.040	Bronce	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	050	MAT.ALM.050	Latón	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	060	MAT.ALM.060	Zinc	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	070	MAT.ALM.070	Plomo	Cualquier IfcElement
MAT	ALM	080	MAT.ALM.080	Zincitanio	Cualquier IfcElement
MAT	COO		MAT.COO	Compuesto orgánico	Cualquier IfcElement
MAT	COO	010	MAT.COO.010	Caucho natural	Cualquier IfcElement
MAT	COO	020	MAT.COO.020	Fibra	Cualquier IfcElement
MAT	COO	030	MAT.COO.030	Pulpa	Cualquier IfcElement
MAT	COO	040	MAT.COO.040	Corteza, talo o raíz	Cualquier IfcElement
MAT	COO	050	MAT.COO.050	Madera	Cualquier IfcElement
MAT	COO	060	MAT.COO.060	MDF	Cualquier IfcElement
MAT	COS		MAT.COS	Compuesto sintético	Cualquier IfcElement
MAT	COS	010	MAT.COS.010	Plástico	Cualquier IfcElement
MAT	COS	020	MAT.COS.020	Caucho	Cualquier IfcElement
MAT	COM		MAT.COM	Materiales de componente electrónico	Cualquier IfcElement
MAT	NRE		MAT.NRE	Material no relevante	Cualquier IfcElement

MAT	SIN	MAT.SIN	Material indeterminado	Cualquier IfcElement
-----	-----	---------	------------------------	----------------------

Tabla 9: Clasificación por espacios. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre: Clasificación por ESPACIOS							CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDICIÓN	ENTIDAD IFC	SUBTIPO IFC	COMENTARIOS
Versión: V01												
Descripción: Tabla para clasificar elementos BIM de tipo IfcSpace según el espacio que representa.												
Fuente: <a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>												
Fecha de edición: 31-12-2020												
Tipo de relación: 1-1 (una clase por elemento)												
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6							
ES	AC					ESP	Tipo de espacio	Unidad	No aplica	No aplica		
P	P					ESP.ACP	Espacio de servicio administrativo, comercial y de protección	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	01				ESP.ACP.0	Espacio legislativo	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				10			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	02				ESP.ACP.0	Espacio administrativo	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				20			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	03				ESP.ACP.0	Espacio de mantenimiento y repostaje de vehículo de motor	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				30			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	04				ESP.ACP.0	Espacio comercial	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				40			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	05				ESP.ACP.0	Espacio de comunicación postal	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				50			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	06				ESP.ACP.0	Espacio de protección militar	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				60			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	07				ESP.ACP.0	Espacio de desfile	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				70			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	08				ESP.ACP.0	Espacio de aplicación de ley	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				80			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	09				ESP.ACP.0	Espacio judicial	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				90			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	10				ESP.ACP.1	Espacio de detención	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				00			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	11				ESP.ACP.1	Espacio de entrenamiento de arma	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				10			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	12				ESP.ACP.1	Espacio de seguridad	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				20			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	13				ESP.ACP.1	Espacio de apoyo a incendio e incidente	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
P	P	0				30			<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	
										SUBTIPOS		
ES	AC	14				ESP.ACP.1	Zona protegida	m2	<a href="#">IfcSpace</a>	NO	TIENE	

P	P	0	40			e	SUBTIPOS		
ES	CE		ESP.CEC	Espacio cultural, educativo, científico y de información	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C					e	SUBTIPOS		
ES	CE	01	ESP.CEC.0	Espacio conmemorativo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	10			e	SUBTIPOS		
ES	CE	02	ESP.CEC.0	Espacio educativo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	20			e	SUBTIPOS		
ES	CE	03	ESP.CEC.0	Espacio de diseño	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	30			e	SUBTIPOS		
ES	CE	04	ESP.CEC.0	Espacio científico y de laboratorio	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	40			e	SUBTIPOS		
ES	CE	05	ESP.CEC.0	Espacio expositivo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	50			e	SUBTIPOS		
ES	CE	06	ESP.CEC.0	Espacio de información	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	60			e	SUBTIPOS		
ES	CE	07	ESP.CEC.0	Espacio de culto	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	C	0	70			e	SUBTIPOS		
ES	IND		ESP.IND	Espacio industrial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P						e	SUBTIPOS		
ES	IND	01	ESP.IND.0	Espacio de extracción de minerales	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	10			e	SUBTIPOS		
ES	IND	02	ESP.IND.0	Espacio de gestión nuclear y química	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	20			e	SUBTIPOS		
ES	IND	03	ESP.IND.0	Espacio de procesamiento	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	30			e	SUBTIPOS		
ES	IND	04	ESP.IND.0	Espacio de procesamiento de producto animal y vegetal	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	40			e	SUBTIPOS		
ES	IND	05	ESP.IND.0	Espacio de fabricación	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	50			e	SUBTIPOS		
ES	IND	06	ESP.IND.0	Espacio de limpieza y mantenimiento	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	60			e	SUBTIPOS		
ES	IND	07	ESP.IND.0	Espacio de generación de energía cinética	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	70			e	SUBTIPOS		
ES	IND	08	ESP.IND.0	Espacio de mantenimiento marítimo y acuático	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	80			e	SUBTIPOS		
ES	IND	09	ESP.IND.0	Espacio de almacenamiento y distribución	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P		0	90			e	SUBTIPOS		
ES	GA		ESP.GAT	Espacio de gestión del agua y la tierra	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE	
P	T					e	SUBTIPOS		

ES	GA	01	ESP.GAT.0	Espacio agrícola y hortícola	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	02	ESP.GAT.0	Espacio de tierra	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	03	ESP.GAT.0	Espacio gestionado por suelo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	04	ESP.GAT.0	Vía marina y espacio fluvial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	05	ESP.GAT.0	Espacio marino y ribereño	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	06	ESP.GAT.0	Espacio natural	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	07	ESP.GAT.0	Espacio seminatural	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GA	08	ESP.GAT.0	Control de agua y espacio de retención	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	T	0	80			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS		ESP.MSA	Espacio médico, sanitario, asistencial y sanitario	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	01	ESP.MSA.0	Espacio médico	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	02	ESP.MSA.0	Espacio asistencial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	03	ESP.MSA.0	Espacio de gestión alimentaria	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	04	ESP.MSA.0	Espacio funerario	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	05	ESP.MSA.0	Espacio sanitario	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	06	ESP.MSA.0	Espacio para animal	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	MS	07	ESP.MSA.0	Espacio veterinario, sanitario, de bienestar y funerario	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE		ESP.REC	Espacio recreativo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	C					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE	01	ESP.REC.0	Espacio de diversión	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	C	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE	02	ESP.REC.0	Espacio de comedor	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	C	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE	04	ESP.REC.0	Espacio auxiliar de artes escénicas	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	C	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	

ES	DP		ESP.DPA	Espacio deportivo y de actividad	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	01	ESP.DPA.0	Cancha, pista y espacio deportivo	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	02	ESP.DPA.0	Espacio de actividad interior	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	03	ESP.DPA.0	Espacio de actividad al aire libre	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	04	ESP.DPA.0	Espacio auxiliar de deporte y actividad	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	05	ESP.DPA.0	Espacio de natación	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	06	ESP.DPA.0	Espacio de actividad acuática	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	DP	07	ESP.DPA.0	Espacio de deport de invierno	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE		ESP.RES	Espacio residencial	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	S					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	RE	01	ESP.RES.0	Espacio habitable	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	S	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED		ESP.EDE	Espacio y ubicación de eliminación de desecho	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	01	ESP.EDE.0	Espacio de recogida de residuos de gas	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	02	ESP.EDE.0	Espacio de recogida de residuo húmedo	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	03	ESP.EDE.0	Ubicación de recolección de drenaje	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	04	ESP.EDE.0	Espaciosde recolección de drenaje	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	05	ESP.EDE.0	Espacio de recogida de aguas residuales	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	06	ESP.EDE.0	Espacio de recogida de residuo seco	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	07	ESP.EDE.0	Espacio de tratamiento y eliminación de residuo de gas	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	08	ESP.EDE.0	Espacio de tratamiento y eliminación de residuo húmedo	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	80			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	09	ESP.EDE.0	Espacio de tratamiento y eliminación de drenaje	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	90			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	

ES	ED	10	ESP.EDE.1	Espacio de tratamiento y eliminación de agua residual	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	00			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ED	11	ESP.EDE.1	Espacio de tratamiento y eliminación de residuo seco	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	E	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU		ESP.SUM	Espacio de suministro canalizado	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	01	ESP.SUM.	Espacio de extracción y tratamiento de gas	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	010			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	02	ESP.SUM.	Espacio de extracción y tratamiento de combustible líquido	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	020			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	03	ESP.SUM.	Espacio de extracción y tratamiento de agua	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	030			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	04	ESP.SUM.	Espacio de suministro de gas	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	040			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	05	ESP.SUM.	Espacio de suministro de extinción de incendio	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	050			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	06	ESP.SUM.	Espacio de suministro de vapor	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	060			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	07	ESP.SUM.	Espacio de suministro de combustible líquido	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	070			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	08	ESP.SUM.	Procesar espacio de suministro de líquido	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	080			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	09	ESP.SUM.	Espacio de ventilación y climatización	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	090			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	10	ESP.SUM.	Espacio de suministro de agua	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	100			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	SU	11	ESP.SUM.	Espacio de suministro de sólido canalizado	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	M	0	110			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CE		ESP.CER	Espacio de calefacción, enfriamiento y refrigeración	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	R					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CE	01	ESP.CER.0	Riel y pavimentación de espacio de calefacción	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	R	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CE	02	ESP.CER.0	Espacio de calefacción y refrigeración de espacio	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	R	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CE	03	ESP.CER.0	Espacio frigorífico	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	R	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CE	04	ESP.CER.0	Espacio de secado	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P	R	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ELI		ESP.ELI	Generación de energía eléctrica e iluminación de espacio	m2	<a href="#">IfcSpac</a>	NO	TIENE
P						<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	

ES	ELI	01	ESP.ELI.01	Espacio de generación de energía eléctrica	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P		0	0			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	ELI	02	ESP.ELI.02	Espacio de distribución y transmisión de electricidad	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P		0	0			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS		ESP.CSP	Espacios de comunicación, seguridad y protección	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	01	ESP.CSP.0	Espacio de comunicación	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	02	ESP.CSP.0	Espacio de señalización	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	03	ESP.CSP.0	Espacio de seguridad electrónica	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	04	ESP.CSP.0	Espacio de seguridad y protección	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	05	ESP.CSP.0	La seguridad ambiental	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	06	ESP.CSP.0	Espacio de control y gestión	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	CS	07	ESP.CSP.0	Espacio de protección	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	P	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR		ESP.TRA	Espacio de transporte	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	01	ESP.TRA.0	Espacio terrestre aeroespacial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	02	ESP.TRA.0	Espacio de carga y embarque	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	03	ESP.TRA.0	Espacio de mantenimiento aeroespacial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	04	ESP.TRA.0	Teleférico	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	05	ESP.TRA.0	Espacio de almacenamiento y mantenimiento de	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	50	transporte de cable		<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	06	ESP.TRA.0	Espacio vial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	07	ESP.TRA.0	Espacio de almacenamiento de vehículo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	08	ESP.TRA.0	Espacio ferroviario	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	80			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	09	ESP.TRA.0	Espacio de transporte marítimo y fluvial	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	90			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	

ES	TR	10	ESP.TRA.1	Centro de transporte	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	00			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	11	ESP.TRA.1	Sistema de rejilla	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	12	ESP.TRA.1	Espacio de puente y estructura	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	13	ESP.TRA.1	Espacio de túnel y pozo	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	TR	14	ESP.TRA.1	Envolvente cinemática de transporte	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	A	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE		ESP.GEN	Espacio general	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N					<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	01	ESP.GEN.0	Espacio de circulación	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	10			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	02	ESP.GEN.0	Espacio común	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	20			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	03	ESP.GEN.0	Hueco de construcción	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	30			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	04	ESP.GEN.0	Nivel general	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	40			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	05	ESP.GEN.0	Espacio de almacenamiento	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	50			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	06	ESP.GEN.0	Espacio desocupado	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	60			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	
ES	GE	07	ESP.GEN.0	Espacio de planta y control	m2	<a href="#">lfcSpac</a>	NO	TIENE
P	N	0	70			<a href="#">e</a>	SUBTIPOS	

Tabla 10 Clasificación por Softwares. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por SOFTWARES							
Versión:		V01							
Descripción:		Tabla plantilla para codificar el tipo de software empleado en el contrato.							
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>							
Fecha de edición:		31-12-2020							
Tipo de relación:		1-1 (una clase por archivo)							
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	NOMBRE SOFTWARE	IDIOMA	VERSIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS	
<b>FCH</b>			<b>FCH</b>	<b>Tipo de fichero</b>			<b>No aplica</b>		
FCH	NAT			Modelos nativos			No aplica		
FCH	NAT	AAA	NAT.AAA	Nombre software de modelado A versiónxx			Sólo para codificación de archivo		
FCH	NAT	BBB	NAT.BBB	Nombre software de modelado B versiónxx			Sólo para codificación de archivo		
FCH	NAT	CCC	NAT.CCC	Nombre software de modelado C versiónxx			Sólo para codificación de archivo		
FCH	OPN			Modelos openBIM			No aplica		
FCH	OPN	IFC	OPN.IFC	Modelo en formato abierto ifc versiónxx			Sólo para codificación de archivo		
FCH	FED			Modelos federados			No aplica		
FCH	FED	XXX	FED.XXX	Nombre software de federación X versiónxx			Sólo para codificación de archivo		
FCH	FED	ZZZ	FED.ZZZ	Nombre software de federación Z versiónxx			Sólo para codificación de archivo		

Tabla 11 Clasificación por disciplinas. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre:		Clasificación por DISCIPLINAS					
Versión:		V01					
Descripción:		Tabla para indicar qué disciplinas se van a modelar y para codificación de documentos.					
Fuente:		<a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a>					
Fecha de edición:		31-12-2020					
Tipo de relación:		No aplica					
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	¿SE MODELA?	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
DIS	ENT		DIS.ENT	Entorno	2	No aplica	
DIS	MVT		DIS.MVT	Movimiento de tierras	2	No aplica	
DIS	VIA		DIS.VIA	Vía	2	No aplica	
DIS	ENE		DIS.ENE	Energía	2	No aplica	
DIS	COM		DIS.COM	Comunicación ferroviaria	2	No aplica	
DIS	SEN		DIS.SEN	Señalización ferroviaria	2	No aplica	
DIS	MRO		DIS.MRO	Material rodante	2	No aplica	
DIS	REL		DIS.REL	Red electricidad	2	No aplica	
DIS	MAQ		DIS.MAQ	Maquinaria y medios auxiliares	2	No aplica	
DIS	GER		DIS.GER	Gestión de residuos	2	No aplica	
DIS	SES		DIS.SES	Seguridad y salud	2	No aplica	

Tabla 12: Clasificación plantilla. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

Nombre: Clasificación PLANTILLA									
Versión: V01									
Descripción: Tabla para clasificar elementos BIM según "por definir".									
Fuente: <a href="https://www.railwainnovationhub.com/">https://www.railwainnovationhub.com/</a>									
Fecha de edición: 31-12-2020									
Tipo de relación: 1-1 (a definir)									
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CORRESPONDENCIA IFC	COMENTARIOS
<b>PLA</b>						<b>PLA</b>	<b>Tipo de "por definir"</b>	<b>No aplica</b>	
PLA	AAA					PLA.AAA	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010				PLA.AAA.010	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	010			PLA.AAA.010.010	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	010	010		PLA.AAA.010.010.010	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	010	010	010	PLA.AAA.010.010.010.010	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	010	010	020	PLA.AAA.010.010.010.020	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	010	020		PLA.AAA.010.010.020	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	010	020			PLA.AAA.010.020	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	AAA	020				PLA.AAA.020	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	
PLA	BBB					PLA.BBB	Escrito en singular con mayúscula la primera letra	A definir según aplique	

Tabla 13: Clasificación de modelos. Fuente: Manual sistema de clasificación ferroviario BIM, RIH.

CÓDIGO CONTRATO	SOFTWARE	DISCIPLINA Y SUBD.	MODELO	TEXTO CORTO	FORMATO	NOMBRE ARCHIVO	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
		Nombre: Clasificación de MODELOS Versión: V01 Descripción: Tabla plantilla para organizar, codificar y describir los archivos de modelos BIM. Fuente: <a href="https://www.railwayinnovationhub.com/">https://www.railwayinnovationhub.com/</a> Fecha de edición: 31-12-2020 Tipo de relación: 1-1 (una clase por archivo)						
				Modelos del contrato				
				Modelos nativos				
RIH2020	NAT.AAA	ENT.000	MPR	TextoCorto	.aaa	RIH2020-NAT.AAA-ENT.000-MPR_TextoCorto.aaa	Modelo de entorno completo	
RIH2020	NAT.AAA	GEO.000	MPR	TextoCorto	.aaa	RIH2020-NAT.AAA-GEO.000-MPR_TextoCorto.aaa	Modelo de geotecnia completo	
RIH2020	NAT.AAA	MVT.000	MPR	TextoCorto	.aaa	RIH2020-NAT.AAA-MVT.000-MPR_TextoCorto.aaa	Modelo de movimiento de tierras completo	
RIH2020	NAT.BBB	VIA.010	MPR	TextoCorto	.bbb	RIH2020-NAT.BBB-VIA.010-MPR_TextoCorto.bbb	Modelo de vía tramo 1	
RIH2020	NAT.BBB	VIA.020	MPR	TextoCorto	.bbb	RIH2020-NAT.BBB-VIA.020-MPR_TextoCorto.bbb	Modelo de vía tramo 1	
RIH2020	NAT.BBB	ENE.000	MPR	TextoCorto	.bbb	RIH2020-NAT.BBB-ENE.000-MPR_TextoCorto.bbb	Modelo de energía completo	
RIH2020	NAT.CCC	COM.000	MPR	TextoCorto	.ccc	RIH2020-NAT.CCC-COM.000-MPR_TextoCorto.ccc	Modelo de telecomunicaciones completo	
RIH2020	NAT.CCC	SEN.000	MPR	TextoCorto	.ccc	RIH2020-NAT.CCC-SEN.000-MPR_TextoCorto.ccc	Modelo de señalización completo	
				Modelos openbim				
<b>RIH2020</b>	OPN.IFC	MUL.000	MO M	ModeloObra Mensual_31 22020	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-MUL.000-MOM_ModeloObraMensual_31122020.ifc	Modelo de ejemplo sobre obra mensual con todas las disciplinas y ninguna subdivisión a fecha 31 de diciembre de 2020.	
RIH2020	OPN.IFC	GEO.000	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-GEO.000-MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de geotecnia completo	
RIH2020	OPN.IFC	MVT.000	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-MVT.000-MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de movimiento de tierras completo	
RIH2020	OPN.IFC	VIA.010	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-VIA.010-MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de vía tramo 1	
RIH2020	OPN.IFC	VIA.020	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-VIA.020-	Modelo de vía tramo 1	

RIH2020	OPN.IFC	ENE.000	MPR	TextoCorto	.ifc	MPR_TextoCorto.ifc RIH2020-OPN.IFC-ENE.000- MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de energía completo
RIH2020	OPN.IFC	COM.000	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-COM.000- MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de telecomunicaciones completo
RIH2020	OPN.IFC	SEN.000	MPR	TextoCorto	.ifc	RIH2020-OPN.IFC-SEN.000- MPR_TextoCorto.ifc	Modelo de señalización completo
Modelos federados							
RIH2020	FED.ZZZ	MUL.MUL	MPR	TextoCorto	.zzz	RIH2020-FED.ZZZ-MUL.MUL- MPR_TextoCorto.zzz	Modelo global de proyecto

## **Anexo D:**

### **Definición de acrónimos utilizados**

BIM: Building Information Modeling

EFE: Empresa De Los Ferrocarriles Del Estado

RIH: Railway Innovation Hub

BMS: Building Management Systems

COBie: Construction Operation Information Exchange

GIS: Geographic Information System

IFC: Industry Foundation Classes

MOP: Ministerio de Obras Públicas

SEP: Sistema de Empresas

TI: Tecnología de la Información

PEB: Plan de Ejecución BIM

NDI: Nivel de Información

TDI: Tipo de Información

ISO: Internacional Organization for Standardization

LIDAR: Light detection and ranging

EVM: Earn Value Management

EVA: Earn Value Analysis

FM: Facility Manager

CDE: Common Data Environment