

Propuesta de un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM para la detección temprana de interferencias en instalaciones electromecánicas

Santiago Elias Bungeroth Suarez

Monografía diplomado en gestión ágil para optar el título de maestría en dirección y gestión de proyectos

Director

Camilo José Castro Quijano

Magister en Gestión de proyectos

Codirectora

Dolly Smith Flórez Moreno

Magíster en Redes y Sistemas de Comunicaciones

Magíster en Telemática

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de Ingeniería en telecomunicaciones

Maestría en dirección y gestión de proyectos

2026

Dedicatoria

A Dios por todas sus bendiciones presentes en cada momento de mi vida, por la salud que nos regala y por cada día que nos concede. Por las cosas buenas y también por los retos que me permite vivir, los cuales me ayudan a superarme y aprender cada día.

A Slendy por apoyarme en cada momento de mi vida, por los días felices que hemos compartido y por todos los que aún nos quedan por vivir. Por su amor, paciencia, alegría e inteligencia, y por ser una persona tan diligente, servicial y comprometida.

A mi madre por su amor y cariño, por estar siempre pendiente de los problemas y situaciones que se presentan en mi vida y por el apoyo que constantemente nos brinda a mí, a mi hermano y a mi papá.

A mi papá por brindarme siempre su apoyo y confianza, y por ser también ese amigo con quien sé que siempre puedo contar. Por la fortaleza que aporta a nuestra familia y por el gran ejemplo que nos da con su disciplina, constancia y dedicación.

A mi hermano Diego por estar siempre dispuesto a darme una mano, alegrar mis días, enseñarme muchas cosas y ser para mí un ejemplo de orden, organización, esfuerzo y disciplina.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de continuar estudiando, aprender cosas nuevas y seguir avanzando en mi formaci3n personal y profesional.

A mi familia por brindarme siempre su apoyo y confianza en todos los momentos de mi vida, por estar pendiente de m3 y demostrarme que puedo contar con ellos en todo momento.

A los docentes y a la directora de la Universidad Santo Tom3s por las ense'anzas recibidas, la orientaci3n y el apoyo brindado durante el proceso de la maestr3a.

Contenido

Introducción	12
1. Propuesta de un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM para la detección temprana de interferencias en instalaciones electromecánicas	13
1.1 Contextualización del Proyecto viabilizado	13
1.2 Análisis del caso de negocio	15
1.2.1 Impacto de las interferencias detectadas de forma tardía	16
1.2.2 Propuesta de valor del proceso de coordinación	17
1.3 Análisis de Product Backlog de alto nivel	20
1.3.1 Visión del producto	20
1.3.2 Product Backlog de alto nivel	21
1.3.3 Configuración preliminar de los sprints	23
1.3.4 Definition of Done (DoD)	24
1.4 Análisis de User Stories	26
1.4.1 Actores y responsabilidades	27
1.4.2 Identificación y clasificación de User Stories	28
1.4.3 Priorización técnica de las interferencias	31
1.4.4 Gestión BIM de la información y de las incidencias	32
1.4.5 User Story Mapping	34
1.5 Planeación del Sprint Cero	38
1.5.1 Objetivo y duración del Sprint Cero	39
1.5.2 Configuración de los eventos Scrum	40
1.5.3 Sprint Backlog y estimación mediante Story Points	42

1.5.4 Preparación y control inicial de la información BIM	44
1.5.5 Organización del Sprint Cero	46
1.5.6 Criterios de cierre del Sprint Cero	46
1.6 Gestión y control de los Sprints de desarrollo	48
1.6.1 Configuración general de los Sprints de desarrollo	48
1.6.2 Sprint 1. Preparación de la revisión BIM	49
1.6.3 Sprint 2. Detección y priorización de interferencias	52
1.6.4 Sprint 3. Tratamiento, seguimiento y validación de soluciones	54
1.6.5 Sprint 4. Seguimiento y consolidación de la guía	56
1.6.6 Indicadores de gestión y seguimiento	58
1.6.7 Velocity	59
1.6.8 Gráficas Burndown	60
1.7 Prototipo de entregable	63
1.7.1 Estructura general de la guía de coordinación	64
1.7.2 Checklist de recepción y revisión inicial BIM	65
1.7.3 Matriz de información e insumos	68
1.7.4 Matriz de coordinación entre disciplinas	69
1.7.5 Registro y seguimiento de incidencias	70
1.7.6 Formato de mesa técnica y compromisos	72
1.7.7 Flujo de gestión, validación y cierre de incidencias	73
1.7.8 Tablero de seguimiento	75
2. Discusión	76
3. Conclusiones	77

Referencias.....	79
------------------	----

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Ejemplos de interferencias y posibles impactos en el proyecto</i>	16
Tabla 2. <i>Product Backlog de alto nivel</i>	22
Tabla 3. <i>Configuración de alto nivel de los sprints</i>	24
Tabla 4. <i>Resumen de Definition of Done para los incrementos del proyecto</i>	26
Tabla 5. <i>Actores principales para el desarrollo del producto</i>	28
Tabla 6. <i>User Stories del proceso de coordinación</i>	29
Tabla 7. <i>Clasificación propuesta para la prioridad de interferencias</i>	31
Tabla 8. <i>User Story Mapping del proceso de coordinación técnica</i>	36
Tabla 9. <i>Configuración general del Sprint Cero</i>	39
Tabla 10. <i>Eventos Scrum propuestos para el Sprint Cero</i>	40
Tabla 11. <i>Estimación de los elementos del Product Backlog para el Sprint Cero</i>	42
Tabla 12. <i>Sprint Backlog propuesto para el Sprint Cero</i>	44
Tabla 13. <i>Checklist inicial para la revisión de información BIM</i>	45
Tabla 14. <i>Organización propuesta del Sprint Cero</i>	46
Tabla 15. <i>Criterios de cierre del Sprint Cero</i>	47
Tabla 16. <i>Configuración general de los Sprints de desarrollo</i>	48
Tabla 17. <i>Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 1</i>	50
Tabla 18. <i>Sprint Backlog propuesto para el Sprint 1</i>	51
Tabla 19. <i>Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 2</i>	52
Tabla 20. <i>Sprint Backlog propuesto para el Sprint 2</i>	53
Tabla 21. <i>Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 3</i>	55
Tabla 22. <i>Sprint Backlog propuesto para el Sprint 3</i>	55

Tabla 23. <i>Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 4</i>	56
Tabla 24. <i>Sprint Backlog propuesto para el Sprint 4</i>	57
Tabla 25. <i>Indicadores propuestos para el seguimiento del proceso</i>	58
Tabla 26. <i>Ejemplo de cálculo de Velocity</i>	59
Tabla 27. <i>Estructura general propuesta para la guía de coordinación</i>	64
Tabla 28. <i>Checklist de recepción y revisión inicial BIM</i>	66
Tabla 29. <i>Matriz propuesta de información e insumos</i>	68
Tabla 30. <i>Matriz propuesta de coordinación entre disciplinas</i>	69
Tabla 31. <i>Formato propuesto para el registro y seguimiento de incidencias</i>	71
Tabla 32. <i>Formato propuesto para mesa técnica y seguimiento de compromisos</i>	73
Tabla 33. <i>Representación propuesta del tablero de seguimiento</i>	75

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ciclo propuesto para la coordinación técnica</i>	18
Figura 2. <i>Burndown del Sprint 0</i>	61
Figura 3. <i>Burndown del Sprint 1</i>	61
Figura 4. <i>Burndown del Sprint 2</i>	62
Figura 5. <i>Burndown del Sprint 3</i>	62
Figura 6. <i>Burndown del Sprint 4</i>	63
Figura 7. <i>Flujo propuesto para la gestión, validación y cierre de incidencias</i>	74

Glosario

BCF (BIM Collaboration Format): Formato abierto utilizado para comunicar y gestionar incidencias relacionadas con modelos BIM, permitiendo compartir observaciones e información asociada a los hallazgos entre diferentes herramientas. (buildingSMART International, s. f.).

BIM (Building Information Modeling): Uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación y servir como apoyo para la toma de decisiones. (UPIT, 2024).

Definition of Done (DoD): Descripción formal del estado que debe alcanzar un incremento para cumplir con las condiciones de calidad requeridas y poder considerarse terminado. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Federación de modelos: Integración de modelos provenientes de diferentes disciplinas dentro de un entorno común para realizar actividades de revisión y coordinación, manteniendo los modelos de origen como fuentes independientes. (UPIT, 2024).

Product Backlog: Lista ordenada y dinámica de los elementos necesarios para mejorar un producto y alcanzar el Product Goal. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Product Goal: Objetivo de largo plazo del Scrum Team que describe un estado futuro del producto y orienta el trabajo desarrollado mediante el Product Backlog. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Sprint: Evento de duración fija en el que se desarrolla el trabajo necesario para avanzar hacia el Product Goal y generar un incremento de valor. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Sprint Backlog: Conjunto conformado por el Sprint Goal, los elementos del Product Backlog seleccionados para el Sprint y el plan definido para desarrollarlos. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Sprint Goal: Objetivo único definido para el Sprint que proporciona orientación y coherencia al trabajo desarrollado por el equipo. (Schwaber y Sutherland, 2020).

Story Points: Unidad utilizada para realizar estimaciones relativas del tamaño o dificultad de los elementos de trabajo, sin representar directamente una duración en horas o días. (Agile Alliance, s. f.).

User Story: Descripción breve de una necesidad desde la perspectiva de un usuario o interesado, utilizada para mantener el enfoque sobre el valor o resultado esperado. (Patton, 2014).

User Story Mapping: Técnica que permite organizar las User Stories dentro de una visión general del producto y relacionarlas con la secuencia de actividades que desarrolla el usuario para alcanzar un resultado. (Patton, 2014).

Velocity: Indicador opcional utilizado para observar la cantidad de Product Backlog que un equipo logra convertir en incrementos terminados durante un Sprint y que puede servir como referencia para la planificación del propio equipo. (Agile Alliance, s. f.).

Introducción

En los diferentes proyectos de infraestructura y edificaciones es un factor clave la coordinación y sinergia entre las diferentes disciplinas técnicas, especialmente en las instalaciones electromecánicas, donde están en interacción diferentes redes como lo son las eléctricas, mecánicas, sistemas contraincendios, hidrosanitarias y otros sistemas en espacios muy reducidos. Cuando esta coordinación no se realiza de manera correcta, suelen aparecer interferencias, conflictos técnicos, cruces no previstos, sobreposición de tuberías y equipos en planos que terminan afectando el desarrollo del proyecto y generando aumentos en el cronograma y presupuesto.

De manera tradicional estas revisiones se han hecho usando planos en dos dimensiones y con procesos manuales que dependen en gran parte de la experiencia de los diseñadores. Este enfoque es bastante limitado cuando es aplicado a proyectos de complejidad alta, ya que muchas veces las disciplinas trabajan de forma separada y las interferencias se identifican en etapas avanzadas del diseño o incluso durante la ejecución.

En este contexto, BIM (Building Information Modeling) ha tomado gran relevancia como una herramienta que permite desarrollar modelos digitales y facilita la identificación anticipada de incompatibilidades entre las disciplinas que pueden generar grandes impactos en etapas avanzadas del proyecto. Sin embargo, para este trabajo BIM no se plantea como el producto final, sino como un apoyo para estructurar un proceso de coordinación técnica que permita revisar, comunicar y hacer seguimiento a las interferencias de una forma más ordenada.

Según lo anterior, este documento analiza la aplicación de BIM en la coordinación técnica para la detección temprana de interferencias en instalaciones electromecánicas. El problema de estudio parte de que muchas fallas de coordinación son detectadas tarde lo cual genera rediseños, retrasos, reprocesos y sobrecostos. Debido a esto resulta pertinente proponer un proceso que fortalezca la integración entre disciplinas y aporte una mejor calidad al proyecto desde las fases tempranas de diseño.

El proceso propuesto se desarrolla mediante un enfoque ágil, usando elementos como la visión del producto, el Product Backlog, historias de usuario, Sprint Cero, Sprints de desarrollo, incrementos e indicadores de seguimiento. De esta forma, el cliente y los interesados pueden recibir avances parciales durante el desarrollo del proceso y no solamente un resultado final al cierre del proyecto.

1. Propuesta de un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM para la detección temprana de interferencias en instalaciones electromecánicas

1.1 Contextualización del Proyecto viabilizado

El presente proyecto tiene como propósito proponer un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM para detectar tempranamente interferencias en instalaciones electromecánicas. La idea principal no es desarrollar un modelo BIM como archivo de software, sino plantear una ruta de trabajo que pueda ser aplicada por los equipos técnicos durante la revisión de diseños y coordinación entre disciplinas.

Las instalaciones electromecánicas comprenden principalmente redes eléctricas, mecánicas, hidrosanitarias, sistemas contraincendios, ventilación, equipos y demás elementos técnicos que comparten espacios dentro de una misma zona constructiva. En muchos proyectos

estos sistemas son diseÑados por especialidades diferentes, lo que puede generar cruces no previstos, sobreposición de redes, falta de espacio para instalación, ajustes de último momento y modificaciones durante la construcción.

La problemática principal se presenta cuando la coordinación técnica se realiza tarde o de forma separada entre disciplinas. En estos casos, los conflictos entre redes, equipos y recorridos no se identifican en etapas tempranas, sino cuando el proyecto ya está avanzado o cuando las actividades llegan a obra. Esta situación puede generar reprocesos, retrasos, sobrecostos y dificultades para tomar decisiones oportunas.

Frente a esta situación, BIM se considera una herramienta de apoyo que permite mejorar la revisión conjunta de la información del proyecto. Su aporte se relaciona con la posibilidad de visualizar mejor los espacios, revisar la interacción entre disciplinas y anticipar interferencias antes de que lleguen a una fase constructiva. Sin embargo, para este trabajo BIM no se toma como el producto final, sino como un apoyo para estructurar un proceso más ordenado de coordinación técnica.

El proceso propuesto busca definir pasos claros para revisar información, identificar interferencias, registrar hallazgos, comunicar avances, priorizar conflictos y validar ajustes. Con esto se busca que los equipos de diseño no trabajen de manera aislada y que el cliente pueda recibir avances parciales durante el desarrollo del proceso.

Los principales interesados del proyecto son el cliente, el director del proyecto, el coordinador técnico, el coordinador BIM, los diseñadores de cada especialidad y el equipo de construcción. Cada uno de ellos se ve relacionado con la propuesta, ya que una mejor coordinación permite tener información más clara, reducir reprocesos y tomar decisiones con mayor anticipación.

El proyecto se desarrolla mediante un enfoque ágil, debido a que busca entregar valor de manera progresiva y no esperar hasta el final para mostrar resultados. Por esta razón, las problemáticas de coordinación se convierten en historias de usuario, se organizan en el Product Backlog y se distribuyen en Sprints. Cada Sprint debe generar un incremento revisable, como la definición del alcance de coordinación, la matriz de información e insumos, los criterios de revisión BIM, el registro de incidencias, los mecanismos de seguimiento y la versión consolidada de la guía.

1.2 Análisis del caso de negocio

El caso de negocio del proyecto parte de la necesidad de mejorar la coordinación técnica durante el desarrollo de proyectos que integran diferentes especialidades electromecánicas. Aunque cada disciplina desarrolla sus diseños de acuerdo con requerimientos particulares, durante la ejecución todas las instalaciones deben integrarse dentro de espacios compartidos, lo que hace necesario revisar de manera conjunta recorridos, equipos, accesos y condiciones de montaje.

La coordinación realizada únicamente al finalizar los diseños puede hacer que algunas interferencias sean identificadas cuando las instalaciones ya se encuentran construidas o cuando existen actividades avanzadas en obra. En estos casos, una modificación puede representar mucho más que un cambio en planos, debido a que puede involucrar desmontajes, repetición de pruebas, nuevas inspecciones, materiales adicionales o afectaciones sobre sistemas que ya se encuentran en operación.

1.2.1 Impacto de las interferencias detectadas de forma tardía

Las consecuencias de una interferencia dependen del tipo de instalación y del momento en que sea identificada. En proyectos hospitalarios y electromecánicos existen condiciones que pueden aumentar considerablemente la dificultad de realizar una modificación una vez ejecutados los trabajos.

La Tabla 1 presenta algunos ejemplos de situaciones que pueden presentarse durante la ejecución y los posibles impactos asociados.

Tabla 1. *Ejemplos de interferencias y posibles impactos en el proyecto*

Situación identificada	Posible impacto
Modificación de una tubería previamente instalada y sometida a prueba hidrostática	Puede requerir desmontaje, modificación del trazado y repetición de las pruebas realizadas.
Modificación de una instalación eléctrica que ya ha sido inspeccionada	Puede generar nuevas verificaciones, ajustes y reprocesos sobre una instalación previamente terminada.
Interferencia con una red hospitalaria de gases medicinales que se encuentra en operación	La modificación puede requerir interrupciones del servicio y afectar actividades internas de la institución.
Instalación de sensores o equipos sin considerar las condiciones de un área clasificada	Puede ser necesario reemplazar o adecuar equipos para cumplir con los requerimientos técnicos aplicables.
Tuberías o ductos ubicados debajo de cajas eléctricas o elementos que requieren inspección	Puede limitarse el acceso para mantenimiento, inspección o futuras intervenciones.
Modificación de tuberías que ya contienen fluidos o canalizaciones que tienen cableado instalado	Aumenta la complejidad del cambio, las horas de trabajo y los costos asociados al reproceso.

Estos ejemplos permiten evidenciar que la detección temprana de interferencias puede generar valor para el proyecto incluso cuando no sea posible establecer inicialmente un ahorro

económico específico. Evitar una modificación sobre una instalación terminada puede reducir actividades adicionales y facilitar que las decisiones sean tomadas antes de afectar trabajos ya ejecutados.

1.2.2 Propuesta de valor del proceso de coordinación

Como respuesta a esta necesidad, se propone establecer un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM, en el cual el modelo 3D sea utilizado de manera periódica para revisar la integración de las diferentes disciplinas. Su función no sería únicamente representar las instalaciones, sino servir como una herramienta común para analizar recorridos, espacios disponibles, accesibilidad y posibles interferencias antes y durante el desarrollo de los trabajos.

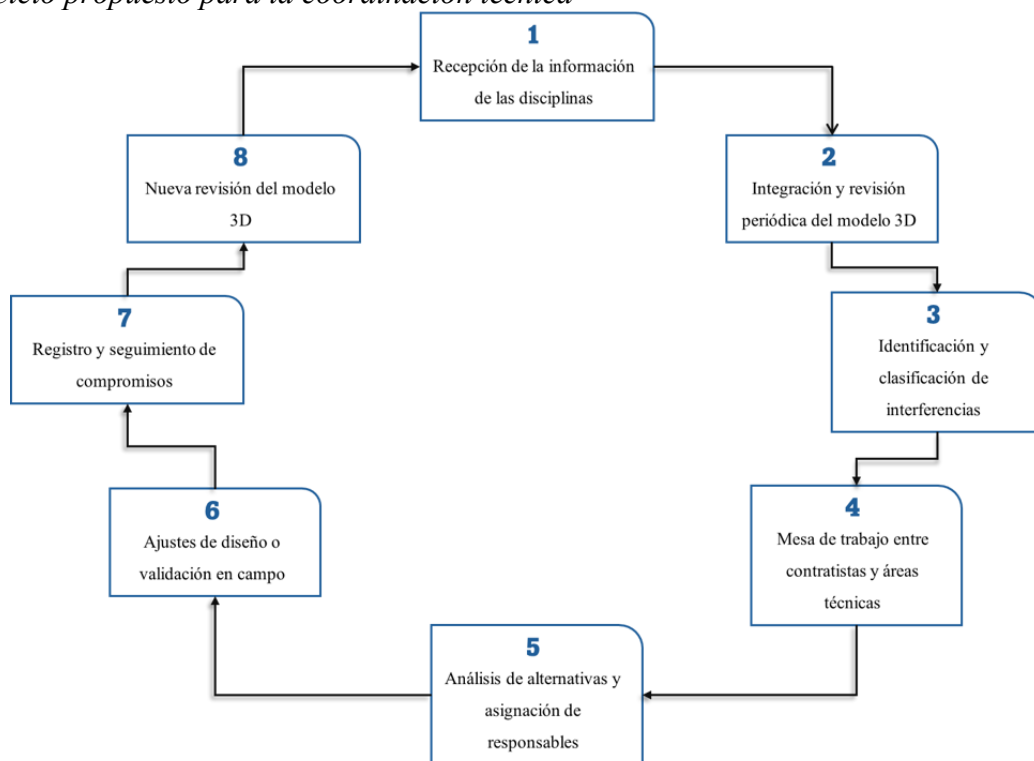
La revisión del modelo debe complementarse con mesas de trabajo programadas entre los diferentes contratistas y responsables técnicos. Estos encuentros permiten analizar los hallazgos identificados, revisar posibles alternativas de solución y establecer compromisos para los siguientes encuentros. Los acuerdos, responsables y actividades pendientes deben quedar registrados con el fin de mantener un seguimiento de las decisiones tomadas.

También se considera conveniente designar una persona encargada de recibir y organizar los comentarios provenientes de las diferentes áreas técnicas. Este responsable puede facilitar la revisión conjunta de las observaciones y apoyar la búsqueda de alternativas que generen el menor impacto posible sobre los diseños preliminares y conceptuales. De esta manera se reduce la posibilidad de que una disciplina solucione una interferencia de forma independiente y genere posteriormente un nuevo conflicto con otra especialidad.

La coordinación mediante el modelo también debe complementarse con recorridos en campo cuando las condiciones del proyecto lo requieran. La comparación entre el diseño y las condiciones reales permite verificar restricciones que pueden no estar completamente representadas en la información disponible y facilita la toma de decisiones antes de ejecutar modificaciones.

De manera complementaria, algunos proyectos pueden incorporar información relacionada con la programación mediante BIM 4D. Esta herramienta permite relacionar elementos del modelo con actividades del cronograma y puede servir como apoyo para analizar el orden de ejecución y la interacción entre diferentes frentes de trabajo. Para esta propuesta su utilización se considera un complemento del proceso de coordinación, sin que sea necesario desarrollar una implementación completa de BIM 4D.

Figura 1. *Ciclo propuesto para la coordinación técnica*



La Figura 1 representa el proceso como un ciclo continuo y no como una revisión realizada una sola vez. Después de efectuar los ajustes acordados, la información debe ser revisada nuevamente para verificar que la solución planteada no genere nuevas interferencias y que los compromisos definidos hayan sido atendidos.

El enfoque ágil puede apoyar esta dinámica mediante reuniones periódicas, revisión continua de los avances y definición de actividades para los siguientes encuentros. Esto permite tratar los problemas progresivamente y facilita que los diferentes participantes conozcan el estado de las observaciones durante el desarrollo del proyecto.

Finalmente la propuesta busca consolidar estos elementos en una guía general que pueda ser utilizada como referencia para la coordinación de instalaciones electromecánicas. La intención no es establecer un procedimiento rígido para un proyecto particular, sino definir una ruta de trabajo que incluya la revisión periódica del modelo, la participación de las diferentes áreas técnicas, el análisis de interferencias, el registro de compromisos y el seguimiento de las soluciones acordadas.

De esta manera el caso de negocio se justifica por la posibilidad de anticipar situaciones que pueden generar reprocesos importantes cuando las instalaciones ya han sido ejecutadas. El uso organizado de BIM, las mesas de coordinación, las revisiones de campo y el seguimiento periódico pueden mejorar la toma de decisiones y servir como apoyo para futuros proyectos con características similares.

1.3 Análisis de Product Backlog de alto nivel

El desarrollo de la propuesta se plantea mediante un enfoque ágil, en el cual el producto no se construye como un único entregable al final del proyecto, sino mediante incrementos que puedan ser revisados y ajustados progresivamente. Para este caso, el producto corresponde a una guía general para la coordinación técnica de instalaciones electromecánicas apoyada en BIM, orientada principalmente a la identificación temprana, análisis, seguimiento y cierre de interferencias entre las diferentes disciplinas.

El Product Backlog permite organizar las necesidades identificadas y convertirlas en elementos de trabajo que puedan ser priorizados y desarrollados durante los diferentes sprints (Schwaber y Sutherland, 2020). En este proyecto, los elementos del backlog se relacionan tanto con la metodología de coordinación como con el uso de BIM como herramienta para visualizar las instalaciones, integrar información técnica y apoyar el análisis de interferencias.

1.3.1 Visión del producto

La visión del producto es desarrollar una guía general, práctica y adaptable que permita organizar la coordinación técnica entre las diferentes disciplinas electromecánicas mediante revisiones periódicas de modelos BIM, mesas de trabajo, registro de interferencias, asignación de responsables y seguimiento de compromisos.

El producto busca que los equipos técnicos puedan contar con una ruta de trabajo que facilite la revisión conjunta de la información desde etapas tempranas, evitando que la

coordinación dependa únicamente de revisiones aisladas o de la identificación de problemas durante la construcción.

BIM se incorpora principalmente como una herramienta de coordinación espacial. El uso del modelo 3D permite revisar conjuntamente las partes técnicas que comparten un mismo espacio. Sobre esta información se pueden identificar interferencias, evaluar accesos, verificar espacios de mantenimiento y analizar alternativas antes de realizar modificaciones en obra.

Adicionalmente, la propuesta puede considerar información relacionada con la programación de actividades mediante BIM 4D cuando las características del proyecto lo permitan. Esta información puede apoyar el análisis de la secuencia constructiva y ayudar a identificar restricciones relacionadas no solamente con la ubicación de las instalaciones, sino también con el momento en que se tiene previsto ejecutarlas.

Desde el enfoque ágil, esta visión se desarrolla progresivamente. Cada sprint debe generar un resultado revisable que permita avanzar en la construcción de la guía, recibir observaciones de los interesados y realizar ajustes antes de continuar con los siguientes componentes.

1.3.2 Product Backlog de alto nivel

A partir de la visión planteada se establece un Product Backlog inicial que reúne los principales componentes necesarios para desarrollar el proceso de coordinación técnica. La priorización considera primero aquellos elementos necesarios para organizar la información y establecer las condiciones de coordinación, posteriormente la identificación y tratamiento de interferencias y, finalmente, la consolidación y validación de la guía.

Tabla 2. *Product Backlog de alto nivel*

PB	Elemento del Product Backlog	Descripción	Aplicación BIM / Ágil	Prioridad	Sprint propuesto
PB-01	Definición del alcance de coordinación	Establecer qué disciplinas, sistemas, zonas y etapas serán consideradas dentro del proceso.	Define el alcance inicial del producto y permite organizar posteriormente el trabajo del equipo.	Alta	Sprint 0
PB-02	Identificación de actores y responsabilidades	Definir los participantes técnicos, responsables de cada disciplina y responsable de centralizar las observaciones.	Facilita la conformación del equipo y la asignación posterior de acciones derivadas de las revisiones BIM.	Alta	Sprint 0
PB-03	Matriz de información e insumos	Identificar planos, modelos, especificaciones, cronogramas y demás información necesaria para realizar la coordinación.	Permite verificar que la información requerida esté disponible antes de iniciar las revisiones.	Alta	Sprint 0
PB-04	Definición de criterios para revisión BIM	Establecer criterios básicos para revisión del modelo, identificación de interferencias, accesibilidad y condiciones de montaje.	Permite mantener criterios comunes durante las revisiones periódicas del modelo 3D.	Alta	Sprint 1
PB-05	Integración y revisión de modelos	Consolidar la información disponible de las diferentes disciplinas para realizar una revisión conjunta.	Constituye la principal aplicación BIM del proceso y permite visualizar las instalaciones de forma integrada.	Alta	Sprint 1
PB-06	Identificación y clasificación de interferencias	Establecer un mecanismo para registrar y clasificar los conflictos encontrados durante la revisión.	Utiliza el modelo BIM para localizar los conflictos y convierte los hallazgos en elementos gestionables dentro del proceso.	Alta	Sprint 2
PB-07	Priorización de interferencias	Definir cuáles conflictos requieren atención inmediata considerando su impacto técnico, constructivo, operativo o normativo.	Permite ordenar el trabajo y concentrar los esfuerzos en los hallazgos de mayor importancia.	Alta	Sprint 2
PB-08	Mesa de coordinación técnica	Establecer la forma de desarrollar reuniones entre contratistas y disciplinas para revisar los hallazgos.	Aplica la revisión iterativa propia del enfoque ágil mediante encuentros periódicos y retroalimentación del equipo.	Alta	Sprint 2

PB	Elemento del Product Backlog	Descripción	Aplicación BIM / Ágil	Prioridad	Sprint propuesto
PB-09	Registro de compromisos y responsables	Definir un formato para registrar soluciones propuestas, responsables, fechas y actividades pendientes.	Permite mantener la trazabilidad de las decisiones y revisar compromisos en los siguientes encuentros.	Alta	Sprint 3
PB-10	Validación de soluciones	Revisar nuevamente el modelo y, cuando sea necesario, realizar recorridos de campo para comprobar las soluciones propuestas.	Representa un nuevo ciclo de revisión BIM y permite verificar que la solución no genere nuevas interferencias.	Alta	Sprint 3
PB-11	Indicadores de seguimiento	Definir indicadores para conocer el estado de interferencias identificadas, atendidas, pendientes y cerradas.	Facilita el seguimiento de los incrementos y el control del avance durante los sprints.	Media	Sprint 4
PB-12	Consolidación de la guía de coordinación	Integrar los formatos, criterios, flujo de trabajo, responsabilidades y mecanismos de seguimiento desarrollados.	Corresponde al incremento final del producto y consolida los resultados obtenidos durante los sprints anteriores.	Alta	Sprint 4

El Product Backlog puede modificarse durante el desarrollo del proyecto debido a que el enfoque ágil permite incorporar observaciones y necesidades identificadas durante las revisiones. Por esta razón, la tabla representa una planificación de alto nivel y no una estructura completamente rígida.

1.3.3 Configuración preliminar de los sprints

Para desarrollar los elementos definidos en el Product Backlog se propone un Sprint Cero y cuatro sprints de desarrollo. El Sprint Cero se utiliza para establecer las condiciones necesarias para iniciar el proyecto, mientras que los siguientes sprints generan progresivamente los componentes que conforman la guía de coordinación.

Tabla 3. *Configuración de alto nivel de los sprints*

Etapas	Objetivo principal	Incremento esperado
Sprint Cero	Preparar el proyecto y definir las condiciones iniciales de coordinación.	Alcance, actores, responsabilidades, matriz de información y backlog inicial.
Sprint 1	Establecer los criterios y la forma de revisión de la información BIM.	Criterios de coordinación, matriz de insumos validada y esquema para revisión del modelo 3D.
Sprint 2	Establecer el proceso para identificar, clasificar y priorizar interferencias.	Registro de incidencias, criterios de clasificación y estructura de las mesas de coordinación
Sprint 3	Definir el tratamiento, seguimiento y validación de las soluciones.	Registro de compromisos, responsables, mecanismo de validación y ciclo de revisión BIM.
Sprint 4	Evaluar el proceso y consolidar el producto final.	Indicadores de seguimiento y versión consolidada de la guía de coordinación técnica.

Cada sprint debe finalizar con un incremento que pueda ser revisado por los interesados. Esto permite que las observaciones realizadas durante las reuniones de revisión sean consideradas antes de continuar con los siguientes componentes y evita dejar la validación completa de la propuesta únicamente para el final.

La descripción detallada de las historias de usuario asociadas con estos elementos se desarrollará en el numeral siguiente, mientras que la configuración específica del Sprint Cero y la gestión de los demás sprints se desarrollarán posteriormente.

1.3.4 Definition of Done (DoD)

Para determinar cuándo un elemento del Product Backlog puede considerarse terminado se establece una Definition of Done (DoD) general para el proyecto (Schwaber y Sutherland, 2020). Su propósito es evitar que un entregable sea considerado completo solamente por haber sido elaborado, sin verificar que pueda ser utilizado dentro del proceso de coordinación.

Un elemento del backlog podrá considerarse terminado cuando cumpla, según corresponda, con los siguientes criterios:

- La información necesaria para desarrollar el elemento ha sido recibida y revisada.
- El entregable correspondiente se encuentra elaborado y puede ser consultado por los participantes.
- Las observaciones realizadas durante la revisión han sido registradas y atendidas o han quedado justificadas como pendientes.
- Los responsables y compromisos relacionados con el entregable se encuentran identificados.
- Cuando el elemento involucre coordinación BIM, la información ha sido revisada nuevamente en el modelo 3D después de los ajustes realizados.
- Cuando sea necesaria una validación en campo, esta ha sido realizada y sus resultados han quedado registrados.
- Las interferencias críticas identificadas han sido solucionadas o cuentan con una alternativa definida, responsable y fecha de seguimiento.
- El incremento puede ser presentado durante la revisión del sprint y cumple con el objetivo establecido para este.

Tabla 4. *Resumen de Definition of Done para los incrementos del proyecto*

Criterio DoD	Condición de cumplimiento
Información disponible	Los insumos requeridos se encuentran disponibles y han sido revisados.
Entregable desarrollado	El documento, formato, matriz o flujo correspondiente se encuentra elaborado.
Revisión técnica	El resultado ha sido revisado por las áreas involucradas.
Revisión BIM	Cuando aplica, el ajuste se encuentra incorporado o verificado en el modelo 3D.
Trazabilidad	Las observaciones, compromisos y responsables están registrados.
Validación	Se realizó revisión documental, del modelo o en campo según corresponda.
Cierre	No existen observaciones críticas sin tratamiento o estas cuentan con un plan de acción definido.
Incremento revisable	El resultado puede ser presentado y evaluado al finalizar el sprint.

La Definition of Done será utilizada como un criterio común durante los diferentes sprints. Esto permite que cada incremento tenga unas condiciones mínimas de calidad antes de considerarse terminado y facilita que la guía se vaya construyendo mediante resultados que puedan ser utilizados y revisados progresivamente.

1.4 Análisis de User Stories

A partir de la visión del producto y del Product Backlog definida anteriormente, se formulan las necesidades principales de los participantes mediante User Stories. En este documento se adopta la sigla US, correspondiente a User Story, para identificar cada una de estas necesidades. Su utilización permite mantener el enfoque sobre el valor que debe recibir cada actor y no solamente sobre actividades técnicas aisladas.

Las User Stories se relacionan directamente con el proceso BIM propuesto. Por esta razón se incluyen necesidades relacionadas con la preparación y calidad de la información, integración de modelos, coordinación entre disciplinas, detección y gestión de interferencias, revisión de restricciones técnicas, validación de soluciones y conservación del histórico. De acuerdo con Scrum, estas necesidades se mantienen dentro del Product Backlog y pueden ser refinadas conforme el equipo recibe nueva información y retroalimentación durante los Sprints (Schwaber y Sutherland, 2020).

1.4.1 Actores y responsabilidades

Para adaptar el enfoque ágil al proceso de coordinación se mantienen las responsabilidades principales de Scrum (Schwaber y Sutherland, 2020), complementadas con los roles técnicos propios de un proyecto BIM. El Product Owner representa las necesidades del producto y ordena el Product Backlog, mientras que el equipo técnico define cómo desarrollar las soluciones. El coordinador BIM facilita la integración y revisión de la información, pero no sustituye la responsabilidad técnica de cada disciplina.

Tabla 5. *Actores principales para el desarrollo del producto*

Actor	Aplicación dentro de la propuesta
Product Owner	Director del proyecto o representante designado por el cliente. Define el Product Goal, organiza las prioridades y representa las necesidades principales de los interesados.
Scrum Master	Facilita la aplicación del enfoque ágil, apoya los eventos Scrum y ayuda al equipo a identificar impedimentos que puedan afectar el avance.
Developers	Equipo interdisciplinario que desarrolla los incrementos. Puede incluir al coordinador BIM, diseñadores y profesionales responsables de las diferentes especialidades.
Coordinador BIM	Integra modelos e información, organiza las revisiones de coordinación, registra incidencias y verifica que las soluciones sean incorporadas y revisadas nuevamente.
Responsables de disciplina	Analizan las incidencias que afectan sus sistemas y proponen alternativas técnica y económicamente viables, manteniendo el cumplimiento normativo y operativo.
Stakeholders	Cliente final, contratistas, operación y mantenimiento, consultoría, interventoría, comunidad y demás interesados que puedan verse afectados por las decisiones del proyecto.

El nivel de participación del cliente puede ajustarse a las condiciones de cada proyecto. El cliente puede participar directamente en las revisiones o apoyarse en una interventoría, consultoría o representante técnico. Sin embargo, para mantener claridad en la gestión ágil se debe conservar una persona responsable del rol de Product Owner.

1.4.2 Identificación y clasificación de User Stories

Las User Stories se formularon utilizando la estructura Como usuario, quiero una necesidad, para obtener un beneficio. Además de su prioridad dentro del Product Backlog, se clasifican según la parte del proceso que atienden. Los criterios de aceptación indican la condición

mínima que debe comprobarse antes de considerar satisfecha la necesidad. El cierre definitivo también deberá cumplir con la Definition of Done definida para el proyecto.

Tabla 6. *User Stories del proceso de coordinación*

Story User	Clasificación	User Story	Prioridad	Criterio principal de aceptación
US-01	Preparación	Como Product Owner, quiero definir el Product Goal y el alcance de coordinación para establecer qué disciplinas, áreas y sistemas serán revisados.	Alta	El objetivo, alcance, disciplinas y zonas de coordinación se encuentran definidos y comunicados.
US-02	Información BIM	Como coordinador BIM, quiero recibir modelos y documentos vigentes para realizar la coordinación con información válida y controlada.	Alta	La información identifica versión, disciplina, responsable y fecha de actualización.
US-03	Información BIM	Como coordinador BIM, quiero mantener una nomenclatura y TAGS consistentes para relacionar correctamente equipos, tableros, bombas, válvulas, instrumentos y demás activos entre modelos y documentos.	Alta	Los identificadores principales coinciden entre modelos, planos, listados y documentos aplicables.
US-04	Integración BIM	Como coordinador BIM, quiero integrar los modelos de las diferentes disciplinas para disponer de una vista conjunta y coordinada de las instalaciones.	Alta	Los modelos pueden federarse y mantienen una ubicación común de coordinación.
US-05	Calidad BIM	Como coordinador BIM, quiero verificar la calidad básica de los modelos antes de revisar interferencias para evitar resultados originados por errores de información o modelado.	Alta	Se verifican ubicación, disciplina, nomenclatura, duplicados, información mínima y nivel geométrico requerido.
US-06	Detección	Como coordinador BIM, quiero definir y ejecutar reglas y tolerancias de revisión para identificar interferencias relevantes entre las disciplinas.	Alta	Las comparaciones, reglas y tolerancias se encuentran definidas y la revisión ha sido ejecutada.
US-07	Gestión de incidencias	Como coordinador BIM, quiero registrar cada incidencia relevante con información suficiente para mantener su trazabilidad hasta el cierre.	Alta	La incidencia contiene ubicación, disciplinas y empresas involucradas, vista del modelo, prioridad, responsable, estado y fecha.
US-08	Solución técnica	Como responsable de disciplina, quiero analizar las incidencias que afectan mi sistema para proponer alternativas antes de modificar una instalación o diseño.	Alta	Existe al menos una alternativa analizada y se identifican las actividades preliminares necesarias para ejecutarla.

Story User	Clasificación	User Story	Prioridad	Criterio principal de aceptación
US-09	Priorización	Como equipo técnico, quiero priorizar las incidencias considerando seguridad de las personas y del proceso, normativa, operación, mantenimiento, ampliaciones y viabilidad de modificación para atender primero las de mayor impacto.	Alta	Cada incidencia relevante cuenta con una prioridad justificada y una condición técnica de atención.
US-10	Coordinación	Como coordinador técnico, quiero realizar mesas de trabajo con al menos un representante de cada área involucrada para tomar decisiones y asignar compromisos sin extender innecesariamente los encuentros.	Alta	La reunión cuenta con temas preparados y finaliza con decisiones, responsables, fechas y pendientes registrados.
US-11	Gobernanza	Como cliente o Product Owner, quiero revisar las incidencias críticas y los cambios que afecten alcance, costo, funcionamiento, fachadas, buitrones, áreas comunes o condiciones relevantes del proyecto para participar en las decisiones de mayor impacto.	Alta	Los cambios que cumplen estos criterios cuentan con revisión o aceptación del cliente o de su representante.
US-12	Ciclo de vida	Como responsable de operación y mantenimiento, quiero que la coordinación considere accesos, inspecciones, movimientos, flexibilidad y futuras ampliaciones para evitar que una solución actual limite la vida útil de las instalaciones.	Media	Se verifican espacios de mantenimiento y, cuando aplique, necesidades de flexibilidad, vibración, dilatación, movimiento relativo y ampliaciones previstas.
US-13	Entorno	Como responsable del proyecto, quiero considerar restricciones del entorno y de la comunidad para evitar soluciones que generen impactos no aceptables o que no puedan ejecutarse.	Media	Se revisan cuando correspondan aspectos como ruido, restricciones patrimoniales, condiciones de seguridad y acceso, afectaciones externas y requisitos particulares del lugar.
US-14	Condición existente	Como coordinador BIM, quiero complementar la información mediante captura de realidad cuando las condiciones existentes no estén suficientemente representadas para actualizar la coordinación con información de campo.	Media	El levantamiento utilizado cuenta con una precisión adecuada para el uso previsto y la información relevante se incorpora o referencia en el modelo.
US-15	Validación	Como coordinador BIM, quiero revisar nuevamente los modelos después de los ajustes para comprobar que la incidencia fue	Alta	La solución aparece en la versión actualizada, supera una nueva revisión y cuenta con aceptación documentada de los involucrados directos.

Story User	Clasificación	User Story	Prioridad	Criterio principal de aceptación
		solucionada y que no se generaron nuevos conflictos.		
US-16	Cierre y aprendizaje	Como equipo del proyecto, quiero conservar el histórico de incidencias, decisiones y soluciones para mantener trazabilidad y aprovechar las lecciones en futuras coordinaciones.	Media	El registro conserva hallazgo, responsables, fechas, solución, evidencia de cierre y estado final.

Las prioridades anteriores corresponden al orden del Product Backlog y no deben confundirse con la criticidad técnica de una interferencia. Una User Story puede tener prioridad alta porque es necesaria para construir el proceso, mientras que una incidencia particular puede clasificarse como crítica, alta, media o baja según su impacto.

1.4.3 Priorización técnica de las interferencias

La coordinación BIM no debe limitarse a detectar elementos que se cruzan físicamente. Existen situaciones que no generan una colisión geométrica y aun así pueden representar un problema de seguridad, cumplimiento, operación, mantenimiento o constructibilidad. Por esta razón se plantea una clasificación de cuatro niveles.

Tabla 7. *Clasificación propuesta para la prioridad de interferencias*

Prioridad	Identificación visual	Criterio general
Crítica	Rojo	Seguridad de las personas o del proceso, incumplimiento normativo relevante, afectación de un sistema esencial o condición cuya corrección posterior resulte altamente compleja.
Alta	Naranja	Impacto importante en operación, mantenibilidad, accesibilidad, constructibilidad, ampliaciones, costo o cronograma.
Media	Amarillo	Requiere ajuste técnico, pero existen alternativas viables sin comprometer condiciones críticas del proyecto.
Baja	Verde	Ajuste menor u optimización que no compromete seguridad, cumplimiento, funcionamiento u operación.

La seguridad de las personas, la seguridad de procesos y el cumplimiento normativo deben revisarse antes de comparar costo o facilidad constructiva. Una alternativa que no cumpla estas condiciones no debería ser seleccionada únicamente por ser más económica. Una vez comprobada su viabilidad, pueden evaluarse continuidad de operación, mantenibilidad, accesibilidad, futuras ampliaciones, constructibilidad, cronograma y costo.

También deben considerarse restricciones externas que puedan cambiar la solución. Entre ellas se encuentran la afectación por ruido o vibración hacia la comunidad, las limitaciones para intervenir fachadas o exteriores en inmuebles con protección patrimonial, y las condiciones de seguridad o acceso del lugar. Estas situaciones pueden hacer que una alternativa técnicamente posible no sea conveniente o no pueda ejecutarse en las condiciones previstas.

1.4.4 Gestión BIM de la información y de las incidencias

Antes de realizar la detección de interferencias se requiere verificar la calidad básica de los modelos. buildingSMART señala dentro de este proceso la necesidad de revisar la estrategia de federación, la nomenclatura, la correspondencia de cada modelo con su disciplina, la ubicación dentro del sistema de coordinación, la información mínima de los elementos, el nivel geométrico y la ausencia de duplicados. Posteriormente se ejecutan las reglas y tolerancias definidas para cada comparación y los resultados relevantes se convierten en incidencias para su gestión (Kowal y Grzelak, 2022).

Dentro de este control se debe mantener consistencia en los identificadores o TAGS de los activos. Un mismo equipo, tablero eléctrico, bomba, válvula o instrumento no debería aparecer con identificaciones diferentes en el modelo, los planos, diagramas o listados asociados. La nomenclatura consistente facilita la coordinación y la gestión de la información durante el ciclo de

vida del activo, criterio que también es desarrollado en las guías BIM publicadas por la UPIT (UPIT, 2024).

El registro de cada incidencia debe conservar, como mínimo, un identificador, ubicación, fecha, disciplinas y empresas involucradas, vista del modelo, descripción, tipo, prioridad, responsable, estado, alternativa preliminar, actividades requeridas antes de ejecutar la solución, necesidad de participación de un tercero externo, fecha de compromiso, solución adoptada y evidencia de cierre. Cuando el proyecto utilice plataformas compatibles, BCF (BIM Collaboration Format) puede servir como formato abierto para comunicar incidencias, asignar responsables y mantener estados sin obligar a utilizar un software BIM específico (buildingSMART International, s. f.).

Cuando las condiciones existentes no estén suficientemente representadas, el proceso puede apoyarse en captura de realidad para actualizar o complementar la información. Dependiendo de la precisión requerida pueden utilizarse escáneres especializados, nubes de puntos o dispositivos móviles con sensores de profundidad como apoyo para levantamientos rápidos. La herramienta seleccionada debe responder a la tolerancia necesaria para la decisión que se pretende tomar y no solamente a la facilidad de obtener el levantamiento.

La revisión técnica también debe contemplar condiciones que un detector automático de choques no identifica por sí solo. Entre ellas se encuentran requisitos de segregación y compatibilidad entre sistemas eléctricos, condiciones térmicas entre redes, áreas clasificadas, espacios de mantenimiento, ruido, vibración, necesidad de juntas o conexiones flexibles cuando apliquen, movimientos relativos de la edificación y previsiones para futuras ampliaciones. En este último aspecto pueden considerarse nuevas necesidades como infraestructura para cargadores de

vehículos eléctricos, generación solar fotovoltaica u otras tecnologías que requieran capacidad, rutas o espacios adicionales.

Una incidencia no se considera cerrada solamente porque desaparezca visualmente del modelo. La solución debe quedar incorporada en una versión actualizada, superar una nueva revisión, conservarse dentro del histórico y contar con la aceptación documentada de los responsables directos. Esta aceptación puede registrarse mediante acta, registro digital u otro mecanismo definido por el proyecto. Cuando sea necesario, el cierre también debe verificarse en campo.

1.4.5 User Story Mapping

El User Story Mapping permite organizar las User Stories manteniendo una visión general del producto y del recorrido que debe seguir el usuario para obtener un resultado útil. A diferencia de una lista convencional del Product Backlog, esta herramienta permite relacionar las historias con las diferentes actividades que conforman el proceso y facilita identificar cuáles son necesarias para completar el flujo de principio a fin (Patton, 2014).

El mapa se organiza en dos sentidos. En la parte horizontal se ubican las actividades principales siguiendo el orden general en que se desarrolla el proceso. Esta secuencia constituye la columna vertebral del producto. Debajo de cada actividad se ubican las User Stories relacionadas, organizadas de acuerdo con su importancia y nivel de detalle. Las historias ubicadas en la parte superior representan las necesidades principales de cada etapa, mientras que las siguientes complementan o fortalecen el proceso.

Para la propuesta de coordinaci3n t3cnica se establecen seis actividades principales: preparar la coordinaci3n, gestionar la informaci3n BIM, integrar los modelos y detectar interferencias, analizar y priorizar los hallazgos, coordinar y resolver las incidencias, y finalmente verificar, cerrar y conservar la informaci3n generada.

El mapa debe leerse inicialmente de izquierda a derecha. El proceso comienza definiendo qu3 se va a coordinar y contin3a con la preparaci3n de la informaci3n BIM necesaria. Una vez los modelos y documentos se encuentran disponibles, se revisa su calidad, se integran las diferentes disciplinas y se ejecutan las revisiones para identificar posibles interferencias.

Tabla 8. *User Story Mapping del proceso de coordinación técnica*

Preparar la coordinación	Gestionar información BIM	Integrar modelos y detectar interferencias	Analizar y priorizar	Coordinar y resolver	Verificar, cerrar y aprender
US-01. Definir el Product Goal, alcance, disciplinas, áreas y sistemas que serán coordinados.	US-02. Recibir modelos y documentos vigentes para trabajar con información válida y controlada. US-05. Verificar la calidad básica de los modelos antes de iniciar la revisión de interferencias. US-03. Verificar la consistencia de nomenclatura y TAGS entre modelos, planos, listados y demás documentos. US-14. Complementar la información mediante captura de realidad cuando las condiciones existentes no estén suficientemente representadas.	US-04. Integrar los modelos de las diferentes disciplinas para realizar una revisión conjunta. US-06. Definir y ejecutar reglas y tolerancias para la detección de interferencias. US-07. Registrar las incidencias relevantes y mantener su trazabilidad durante el proceso.	US-09. Priorizar las incidencias considerando seguridad, normativa, operación y demás impactos. US-12. Considerar operación, mantenimiento, accesibilidad, flexibilidad y futuras ampliaciones. US-13. Considerar restricciones del entorno, comunidad, ruido, patrimonio, seguridad y condiciones particulares del lugar.	US-08. Analizar alternativas técnicas para solucionar las incidencias identificadas. US-10. Realizar mesas de coordinación y establecer responsables, compromisos y fechas. US-11. Involucrar al cliente o a su representante cuando la decisión tenga un impacto relevante.	US-15. Verificar nuevamente los modelos después de realizar los ajustes. US-16. Registrar el cierre, conservar el histórico y mantener la evidencia de las decisiones tomadas.

Después de priorizar los hallazgos se realiza la coordinación de las soluciones. Los responsables de las disciplinas analizan las alternativas y las mesas técnicas permiten establecer compromisos, responsables y fechas de seguimiento. Cuando una decisión tenga impacto sobre el alcance, costo, funcionamiento, fachadas, buitrones, áreas comunes u otras condiciones relevantes, deberá intervenir el cliente, el Product Owner o el representante que haya sido definido para el proyecto.

La última etapa corresponde a la verificación y cierre. Una incidencia no se considera solucionada únicamente porque se haya acordado una alternativa durante una reunión. El cambio debe quedar incorporado en la información actualizada, ser revisado nuevamente dentro del modelo BIM y conservar su registro dentro del histórico. El cierre también debe contar con la aceptación documentada de los responsables directos y, cuando las condiciones del proyecto lo requieran, puede complementarse con una validación en campo.

Las User Stories también deben leerse de arriba hacia abajo dentro de cada actividad. Las primeras representan las condiciones más necesarias para desarrollar esa parte del proceso, mientras que las siguientes incorporan controles o capacidades adicionales. Por ejemplo, dentro de la gestión de información BIM es indispensable contar primero con modelos vigentes y verificar su calidad. Posteriormente pueden incorporarse controles adicionales como la consistencia de TAGS o el uso de captura de realidad para complementar información que no se encuentre suficientemente representada.

Esta organización permite conservar una visión completa del producto y facilita identificar relaciones entre las diferentes User Stories. También evita desarrollar de manera aislada una sola capacidad, como la detección automática de interferencias, sin contar con los pasos necesarios para analizar, comunicar, solucionar y cerrar posteriormente los hallazgos.

El User Story Mapping presentado corresponde a una visión general del producto y no representa todavía la distribución de las User Stories dentro de los Sprints. La estimación de los elementos seleccionados, la asignación de puntos y la definición del Sprint Backlog se realizarán posteriormente durante la planeación de los Sprints. De esta manera se mantiene separada la organización funcional del producto de la programación específica de las iteraciones.

1.5 Planeación del Sprint Cero

Antes de iniciar la integración de modelos y la revisión de interferencias es necesario contar con unas condiciones mínimas de trabajo. El equipo debe tener claridad sobre qué disciplinas participarán, qué información se encuentra disponible, quiénes serán los responsables y cuál será el alcance inicial de la coordinación.

Para organizar estas actividades se propone un Sprint Cero, orientado a preparar el proyecto antes de comenzar los Sprints de desarrollo. En esta etapa no se busca resolver todavía las interferencias entre disciplinas, sino establecer una base que permita iniciar posteriormente las revisiones BIM de una forma organizada.

De acuerdo con el Product Backlog definido anteriormente, durante este Sprint se trabajan principalmente la definición del alcance de coordinación, la identificación de actores y responsabilidades y la organización inicial de la información e insumos. Estos elementos

corresponden a PB-01, PB-02 y PB-03 y sirven como punto de partida para continuar con los criterios de revisión e integración de los modelos BIM.

1.5.1 Objetivo y duración del Sprint Cero

Para la propuesta se establece una duración de una semana, equivalente a cinco días hábiles, para el Sprint Cero. Este periodo se concentra principalmente en organizar el inicio del trabajo, revisar la información disponible y definir las condiciones necesarias para comenzar posteriormente la coordinación entre disciplinas.

El Sprint Goal propuesto es:

Preparar las condiciones iniciales para comenzar la coordinación técnica apoyada en BIM, definiendo el alcance, los participantes, las responsabilidades y la información necesaria para el desarrollo de los siguientes Sprints.

Al finalizar el Sprint Cero se espera contar con un alcance definido, responsables identificados, una matriz inicial de información e insumos y un Product Backlog preparado para continuar con el desarrollo de la propuesta. En esta etapa todavía no se plantea realizar una coordinación completa de los modelos ni resolver las interferencias entre disciplinas, ya que estas actividades se desarrollarán progresivamente durante los siguientes Sprints.

Tabla 9. *Configuración general del Sprint Cero*

Elemento	Configuración propuesta
Duración	Una semana, equivalente a cinco días hábiles
Sprint Goal	Preparar las condiciones iniciales para comenzar la coordinación técnica apoyada en BIM
Elementos principales del Product Backlog	PB-01, PB-02 y PB-03
Alcance principal	Definición del alcance, actores, responsabilidades e información necesaria
Resultado esperado	Alcance definido, responsables identificados, matriz inicial de información e insumos y Product Backlog preparado
Tipo de trabajo	Preparación del proceso de diseño y coordinación BIM

1.5.2 Configuración de los eventos Scrum

Durante el Sprint Cero se desarrollan los eventos Scrum necesarios para organizar el trabajo, revisar el avance y realizar ajustes antes de iniciar los siguientes Sprints. Debido a que esta primera iteración tiene una duración de una semana, se proponen tiempos acordes con el alcance de las actividades previstas.

Aunque Scrum no establece específicamente un Sprint Cero, para esta propuesta se utiliza como una iteración inicial de preparación. Durante esta semana se mantiene la dinámica de Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective (Schwaber y Sutherland, 2020), permitiendo que el equipo comience a trabajar bajo una forma común de seguimiento desde el inicio del proyecto.

Tabla 10. *Eventos Scrum propuestos para el Sprint Cero*

Evento	Duración propuesta	Momento	Aplicación dentro del Sprint Cero
Sprint Planning	1 hora y 30 minutos	Inicio del Sprint	Revisar el Sprint Goal, seleccionar el trabajo de la semana y organizar las actividades necesarias para alcanzar el resultado esperado.
Daily Scrum	15 minutos	Diariamente	Revisar el avance hacia el Sprint Goal, identificar dificultades y organizar el trabajo inmediato del equipo.
Sprint Review	1 hora	Final del Sprint	Revisar los resultados obtenidos con el Product Owner y recibir observaciones antes de continuar con el Sprint 1.
Sprint Retrospective	45 minutos	Después de la Sprint Review	Analizar la forma de trabajo utilizada durante la semana e identificar ajustes que puedan mejorar los siguientes Sprints.

El Sprint Planning permite revisar el objetivo definido para la semana y establecer el trabajo necesario para alcanzarlo. En este espacio se revisan principalmente las actividades relacionadas con el alcance de coordinación, los participantes, las responsabilidades y la

información disponible. También se identifican posibles dependencias o faltantes que puedan afectar el desarrollo del Sprint.

El Daily Scrum tendrá una duración de 15 minutos y estará enfocado en el avance hacia el Sprint Goal. Debido a que el proyecto se desarrolla principalmente durante la etapa de diseño, los temas tratados pueden estar relacionados con información pendiente, modelos que requieren actualización, dificultades de acceso a los archivos, respuestas necesarias de alguna disciplina o cualquier situación que pueda impedir el avance previsto.

El Daily Scrum no se plantea como un espacio para solucionar en detalle las interferencias o discutir alternativas técnicas. Cuando un asunto requiera la participación de varias disciplinas o un análisis más extenso, se podrá realizar una mesa de coordinación técnica BIM con los responsables necesarios. Esta reunión es diferente de los eventos Scrum y su duración dependerá de la complejidad de los temas que deban revisarse.

Al finalizar la semana se realiza la Sprint Review, donde se presentan los resultados obtenidos y se revisa si las condiciones planteadas para el Sprint Cero fueron alcanzadas. Las observaciones realizadas por el Product Owner pueden generar ajustes en el Product Backlog antes de comenzar el siguiente Sprint.

Posteriormente se realiza la Sprint Retrospective, enfocada en revisar cómo trabajó el equipo durante la semana. En este espacio pueden identificarse mejoras relacionadas con la comunicación, disponibilidad de información, coordinación entre disciplinas, funcionamiento de las herramientas utilizadas o distribución del trabajo. Los ajustes acordados pueden aplicarse desde el Sprint 1.

1.5.3 Sprint Backlog y estimación mediante Story Points

Una vez definido el objetivo del Sprint Cero, se seleccionan los elementos del Product Backlog que serán trabajados durante esta primera iteración. Para este caso corresponden a PB-01, PB-02 y PB-03, relacionados con la definición del alcance, los actores y responsabilidades y la organización de la información necesaria para iniciar la coordinación.

Para estimar estos elementos se utilizan Story Points como una medida relativa de esfuerzo, complejidad e incertidumbre. Los puntos no representan directamente horas o días de trabajo, sino que permiten comparar el nivel de dificultad entre los diferentes elementos seleccionados (Agile Alliance, s. f.).

Para la propuesta se utiliza la escala 1, 2, 3, 5, 8 y 13, donde los valores menores representan elementos con menor esfuerzo o incertidumbre y los valores mayores corresponden a trabajos que requieren una mayor revisión, coordinación o cantidad de información.

Tabla 11. *Estimación de los elementos del Product Backlog para el Sprint Cero*

Elemento	Descripción	Story Points	Criterio de estimación
PB-01	Definición del alcance de coordinación	3 SP	Requiere establecer disciplinas, sistemas, zonas y límites iniciales de la coordinación
PB-02	Identificación de actores y responsabilidades	2 SP	Su alcance es menor y se concentra principalmente en definir participantes y responsabilidades
PB-03	Matriz de información e insumos	5 SP	Requiere recopilar, revisar y organizar información proveniente de diferentes disciplinas, además de identificar faltantes
Total		10 SP	

La mayor estimación se asigna a PB-03 debido a que la información necesaria para la coordinación puede provenir de diferentes disciplinas y encontrarse en distintos niveles de desarrollo. No solamente se requiere identificar los archivos disponibles, sino también revisar aspectos como responsable, fecha, versión y correspondencia con el alcance definido para el proyecto.

Los 10 Story Points representan una estimación inicial realizada para estructurar la propuesta. En una aplicación real estos valores deben ser revisados por el equipo que desarrollará el Sprint, teniendo en cuenta su experiencia, conocimiento de la información disponible y condiciones particulares del proyecto.

A partir de los elementos seleccionados se conforma el Sprint Backlog, donde el trabajo puede descomponerse en actividades más específicas que permitan alcanzar el Sprint Goal.

Tabla 12. *Sprint Backlog propuesto para el Sprint Cero*

ID	Actividad	Elemento relacionado	Resultado esperado
SC-01	Definir las disciplinas, sistemas y zonas que serán consideradas dentro de la coordinación	PB-01	Alcance inicial definido
SC-02	Identificar los participantes y responsables de cada disciplina	PB-02	Responsables definidos
SC-03	Identificar quién centralizará la coordinación y las observaciones	PB-02	Responsable de coordinación definido
SC-04	Recopilar los modelos, planos, especificaciones y demás documentos disponibles	PB-03	Información inicial reunida
SC-05	Revisar versión, fecha, disciplina y responsable de la información recibida	PB-03	Información básica verificada
SC-06	Elaborar la matriz inicial de información e insumos	PB-03	Matriz de información elaborada
SC-07	Identificar documentos, modelos o datos faltantes necesarios para continuar	PB-03	Faltantes registrados
SC-08	Actualizar el Product Backlog con las observaciones encontradas durante la preparación	PB-01 a PB-03	Product Backlog preparado para el siguiente Sprint

Las actividades del Sprint Backlog no reciben Story Points de manera independiente, ya que la estimación se realiza sobre los elementos del Product Backlog seleccionados para el Sprint. Las actividades sirven principalmente para organizar el trabajo necesario para completar cada elemento y pueden ajustarse durante la semana si el equipo encuentra una mejor forma de alcanzar el Sprint Goal.

1.5.4 Preparación y control inicial de la información BIM

Durante el Sprint Cero se realiza una revisión inicial de los modelos e información recibida antes de comenzar su integración. El propósito es identificar condiciones que puedan afectar

posteriormente la coordinación, como archivos desactualizados, diferencias de ubicación, información incompleta o errores básicos en los modelos.

Para realizar esta verificación se propone el checklist presentado en la Tabla 13.

Tabla 13. *Checklist inicial para la revisión de información BIM*

Aspecto	Criterio de verificación	Estado
Identificación	Se reconoce disciplina, responsable, fecha y versión del modelo	
Alcance	El contenido corresponde con las zonas y sistemas definidos para la coordinación	
Unidades y ubicación	Las unidades, coordenadas, niveles y elevaciones corresponden con las referencias del proyecto	
Integridad	No se presentan errores evidentes o elementos duplicados que afecten la revisión	
Nomenclatura y TAGS	La identificación de archivos, equipos y activos mantiene consistencia con la documentación disponible	
Información necesaria	El modelo contiene la información mínima requerida para la revisión prevista	
Integración	El modelo puede incorporarse con las demás disciplinas sin desplazamientos o incompatibilidades evidentes	
Observaciones	Los faltantes o inconsistencias encontrados quedan registrados y con un responsable identificado	

El checklist puede ajustarse según las características y disciplinas de cada proyecto, incluyendo cuando corresponda arquitectura, estructura, redes eléctricas, iluminación, sistemas mecánicos, ventilación, hidrosanitarios, protección contra incendios, gases y telecomunicaciones.

Las observaciones encontradas deben ser corregidas o registradas para seguimiento antes de utilizar la información dentro de las revisiones de coordinación. También se define durante esta etapa el medio común donde se conservarán e intercambiarán los archivos vigentes del proyecto.

1.5.5 Organización del Sprint Cero

Las actividades definidas en el Sprint Backlog se distribuyen durante la semana de acuerdo con el orden necesario para preparar la coordinación. Primero se establece el alcance y los responsables, posteriormente se organiza y revisa la información disponible y finalmente se validan los resultados obtenidos antes de iniciar el Sprint 1.

Tabla 14. *Organización propuesta del Sprint Cero*

Día	Actividades principales	Resultado esperado
Día 1	Sprint Planning, revisión del Sprint Goal, definición del alcance e identificación de participantes y responsables	Alcance y responsables definidos
Día 2	Recopilación de modelos, planos, especificaciones y demás información disponible	Información inicial reunida
Día 3	Elaboración de la matriz de información y aplicación del checklist inicial a los modelos recibidos	Información organizada y observaciones identificadas
Día 4	Gestión de faltantes, ajustes a la información y actualización del Product Backlog	Pendientes identificados y trabajo siguiente preparado
Día 5	Verificación de los resultados del Sprint, Sprint Review y Sprint Retrospective	Incremento revisado y ajustes definidos para el Sprint 1

Durante la semana se mantiene el Daily Scrum de 15 minutos para revisar el avance hacia el Sprint Goal y detectar situaciones que puedan afectar el trabajo previsto. La distribución presentada sirve como una referencia inicial y puede ajustarse según las condiciones del proyecto, sin modificar la duración establecida para el Sprint.

1.5.6 Criterios de cierre del Sprint Cero

El cierre del Sprint Cero se realiza verificando que las condiciones necesarias para iniciar la coordinación BIM hayan quedado definidas y que el equipo cuente con la información mínima

para continuar con el Sprint 1. Esta revisi3n debe mantener relaci3n con la Definition of Done establecida anteriormente, especialmente en lo relacionado con disponibilidad de informaci3n, responsables, trazabilidad y posibilidad de revisar el incremento obtenido.

Tabla 15. *Criterios de cierre del Sprint Cero*

Criterio	Condici3n esperada
Alcance	Se encuentran definidas las disciplinas, sistemas y zonas que har3n parte de la coordinaci3n
Responsables	Los principales participantes y responsables de cada disciplina se encuentran identificados
Informaci3n	Se cuenta con una matriz inicial de modelos, planos, especificaciones y dem3s insumos disponibles
Informaci3n faltante	Los principales faltantes han sido identificados y registrados para seguimiento
Revisi3n inicial BIM	Los modelos recibidos han sido revisados mediante el checklist definido para esta etapa
Product Backlog	Las observaciones encontradas han sido incorporadas cuando generan nuevas necesidades o ajustes
Preparaci3n del Sprint 1	El equipo cuenta con las condiciones necesarias para iniciar la definici3n de criterios de revisi3n e integraci3n de modelos

Si alguno de estos criterios no se cumple al finalizar la semana, el pendiente debe ser revisado durante la Sprint Review y mantenerse visible dentro del Product Backlog o de las actividades siguientes. Esto permite conservar la duraci3n definida para el Sprint y continuar el proceso de manera controlada, sin considerar terminado un resultado que todav3a tenga condiciones importantes por resolver.

Con esta revisi3n se da por finalizado el Sprint Cero y se inicia la preparaci3n del Sprint 1, orientado a establecer los criterios de revisi3n BIM y la forma de integraci3n de los modelos de las diferentes disciplinas, de acuerdo con la configuraci3n de alto nivel definida anteriormente.

1.6 Gestión y control de los Sprints de desarrollo

Una vez finalizado el Sprint Cero, el desarrollo de la propuesta continúa mediante cuatro Sprints de dos semanas cada uno. Estos Sprints permiten construir progresivamente los componentes de la guía de coordinación, comenzando con la preparación de las revisiones BIM y avanzando posteriormente hacia la detección, tratamiento y cierre de las interferencias.

Cada Sprint mantiene un objetivo específico y genera un incremento. La distribución no se considera rígida, ya que el Product Backlog puede ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos, las observaciones de los interesados y las necesidades que aparezcan.

La configuración presentada corresponde a una propuesta de aplicación del proceso y no a resultados obtenidos de una ejecución completa en un proyecto real.

1.6.1 Configuración general de los Sprints de desarrollo

Para los Sprints 1 al 4 se establece una duración de dos semanas, equivalente a diez días hábiles. Este periodo permite contar con un tiempo mayor que el Sprint Cero para desarrollar las actividades técnicas, realizar revisiones entre disciplinas y ajustar los resultados antes de presentar cada incremento.

Tabla 16. Configuración general de los Sprints de desarrollo

Sprint	Duración	Objetivo principal	Incremento esperado
Sprint 1	2 semanas	Establecer los criterios y la forma de revisión de la información BIM	Criterios de coordinación, información validada y esquema para integración y revisión de modelos
Sprint 2	2 semanas	Definir el proceso para identificar, registrar, clasificar y priorizar interferencias	Registro de incidencias, criterios de clasificación y estructura de las mesas de coordinación
Sprint 3	2 semanas	Definir el tratamiento, seguimiento y validación de las soluciones	Registro de compromisos, responsables, mecanismo de seguimiento y ciclo de validación
Sprint 4	2 semanas	Evaluar el proceso y consolidar el producto final	Indicadores de seguimiento y versión consolidada de la guía de coordinación

Durante los cuatro Sprints se mantiene la misma estructura general de eventos Scrum utilizada anteriormente: Sprint Planning al inicio, Daily Scrum de 15 minutos durante el desarrollo, Sprint Review al finalizar el incremento y Sprint Retrospective para identificar ajustes en la forma de trabajo.

Las mesas de coordinación técnica BIM se realizan de acuerdo con las necesidades identificadas durante cada Sprint y no reemplazan los eventos Scrum. En estas reuniones participan principalmente las disciplinas relacionadas con las incidencias que requieren análisis, permitiendo revisar alternativas, establecer responsables y definir compromisos sin involucrar innecesariamente a todo el equipo en cada discusión técnica.

Aunque cada Sprint tiene un objetivo principal, algunas actividades continúan aplicándose durante las iteraciones posteriores. Por ejemplo, el control de versiones, la actualización de modelos, el registro de incidencias y la revisión de la información no terminan al cerrar el Sprint en el que fueron definidos, sino que se mantienen durante el resto del proceso.

1.6.2 Sprint 1. Preparación de la revisión BIM

El Sprint 1 se orienta a establecer las condiciones necesarias para realizar las revisiones BIM de forma organizada. A partir de la información preparada durante el Sprint Cero, en esta iteración se definen los criterios de coordinación y se establece la forma en que los modelos de las diferentes disciplinas serán integrados y revisados.

El Sprint Goal propuesto es:

Establecer los criterios y condiciones necesarias para integrar y revisar los modelos BIM de las diferentes disciplinas, asegurando que la información utilizada sea adecuada para iniciar la detección de interferencias.

De acuerdo con el Product Backlog, en este Sprint se trabajan principalmente PB-04 Definición de criterios para revisión BIM y PB-05 Integración y revisión de modelos. Estos elementos se relacionan principalmente con las US-03, US-04 y US-05, asociadas con la consistencia de nomenclatura y TAGS, integración de modelos y control básico de calidad BIM.

Tabla 17. *Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 1*

Elemento	Descripción	User Stories relacionadas	Story Points
PB-04	Definición de criterios para revisión BIM	US-03 y US-05	5 SP
PB-05	Integración y revisión de modelos	US-04 y US-05	8 SP
Total			13 SP

PB-05 recibe una estimación mayor debido a que la integración de modelos puede requerir ajustes entre disciplinas, revisión de ubicación, compatibilidad de la información y corrección de observaciones antes de obtener una vista conjunta adecuada para la coordinación. Los valores propuestos son una estimación inicial y deben ajustarse en una aplicación real de acuerdo con las condiciones del proyecto y la experiencia del equipo.

A partir de estos elementos se establece el Sprint Backlog presentado en la Tabla 18.

Tabla 18. *Sprint Backlog propuesto para el Sprint 1*

ID	Actividad	Elemento relacionado	Resultado esperado
S1-01	Confirmar las disciplinas y modelos que participarán en la revisión	PB-04	Alcance de revisión confirmado
S1-02	Definir los criterios básicos de coordinación entre disciplinas	PB-04	Criterios de revisión establecidos
S1-03	Revisar la consistencia de nomenclatura y TAGS principales	PB-04	Identificación consistente entre modelos y documentos
S1-04	Verificar las condiciones básicas de calidad de los modelos	PB-04	Modelos aptos para la coordinación o con observaciones registradas
S1-05	Integrar los modelos disponibles de las diferentes disciplinas	PB-05	Modelo conjunto para coordinación
S1-06	Verificar ubicación, niveles y correspondencia entre los modelos integrados	PB-05	Integración revisada
S1-07	Identificar ajustes necesarios antes de ejecutar la detección de interferencias	PB-05	Observaciones previas registradas
S1-08	Actualizar la información y preparar los modelos para el Sprint 2	PB-05	Información preparada para la detección de interferencias

Durante este Sprint pueden participar modelos de arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas, iluminación, sistemas mecánicos, ventilación, hidrosanitarios, protección contra incendios, telecomunicaciones, gases y demás disciplinas que correspondan al proyecto.

El incremento esperado al finalizar el Sprint 1 consiste en contar con criterios de revisión definidos y modelos preparados e integrados para iniciar posteriormente la detección y gestión de interferencias. Cuando las condiciones existentes no se encuentren suficientemente representadas, puede activarse la US-14 relacionada con captura de realidad, de acuerdo con las necesidades identificadas durante la coordinación.

1.6.3 Sprint 2. Detección y priorización de interferencias

El Sprint 2 se orienta a utilizar los modelos preparados durante la iteración anterior para identificar y organizar las interferencias entre las diferentes disciplinas. En esta etapa se definen las comparaciones que serán realizadas, las reglas de revisión y la forma de registrar y priorizar los hallazgos que requieran tratamiento.

El Sprint Goal propuesto es:

Establecer y aplicar el proceso para identificar, registrar, clasificar y priorizar las interferencias encontradas durante la revisión de los modelos BIM.

De acuerdo con el Product Backlog, en este Sprint se trabajan PB-06 Identificación y clasificación de interferencias, PB-07 Priorización de interferencias y PB-08 Mesa de coordinación técnica. Estos elementos se relacionan principalmente con las US-06, US-07, US-09 y US-10, correspondientes a detección, gestión de incidencias, priorización y coordinación entre las áreas involucradas.

Tabla 19. Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 2

Elemento	Descripción	User Stories relacionadas	Story Points
PB-06	Identificación y clasificación de interferencias	US-06 y US-07	8 SP
PB-07	Priorización de interferencias	US-09	5 SP
PB-08	Mesa de coordinación técnica	US-10	3 SP
Total			16 SP

PB-06 recibe la mayor estimación debido a que comprende la definición de las comparaciones, ejecución de las revisiones, análisis de los resultados obtenidos y registro de las

incidencias relevantes. PB-07 requiere posteriormente aplicar los criterios t3cnicos definidos para establecer cu3ales hallazgos necesitan una atenci3n prioritaria, mientras que PB-08 se concentra en organizar la forma en que ser3n revisados estos resultados entre las disciplinas involucradas.

A partir de estos elementos se establece el Sprint Backlog propuesto para la iteraci3n.

Tabla 20. *Sprint Backlog propuesto para el Sprint 2*

ID	Actividad	Elemento relacionado	Resultado esperado
S2-01	Definir las disciplinas y modelos que ser3n comparados durante la revisi3n	PB-06	Comparaciones de coordinaci3n definidas
S2-02	Establecer las reglas y tolerancias aplicables para cada revisi3n	PB-06	Criterios de detecci3n definidos
S2-03	Ejecutar las revisiones de interferencias entre los modelos seleccionados	PB-06	Resultados iniciales obtenidos
S2-04	Revisar los resultados e identificar los hallazgos que requieren gesti3n	PB-06	Interferencias relevantes identificadas
S2-05	Registrar las incidencias con la informaci3n necesaria para su seguimiento	PB-06	Registro inicial de incidencias
S2-06	Clasificar y priorizar las incidencias de acuerdo con los criterios t3cnicos establecidos	PB-07	Prioridades asignadas
S2-07	Identificar las disciplinas, responsables y terceros que deben participar en la revisi3n de cada incidencia	PB-07	Participantes requeridos identificados
S2-08	Preparar los temas e incidencias que ser3n llevados a la mesa de coordinaci3n t3cnica	PB-08	Reuni3n preparada con informaci3n previa
S2-09	Realizar la mesa de coordinaci3n y registrar responsables, fechas y actividades siguientes	PB-08	Compromisos iniciales establecidos

Las reglas y tolerancias de revisi3n se ajustan seg3n las disciplinas y el tipo de interferencia. La priorizaci3n mantiene las categor3as Cr3tica, Alta, Media y Baja, considerando no

solo conflictos geométricos, sino también condiciones de seguridad, normativa, operación, mantenimiento y accesibilidad.

Las US-12 y US-13 se aplican cuando corresponda, incorporando aspectos como futuras ampliaciones, ruido o restricciones del entorno. También pueden revisarse interferencias con elementos de iluminación y otros sistemas que compartan un mismo espacio.

El Sprint 2 finaliza con las interferencias relevantes registradas, clasificadas y priorizadas, junto con los criterios necesarios para continuar su análisis en las mesas de coordinación técnica, de acuerdo con la Definition of Done establecida para el proyecto.

1.6.4 Sprint 3. Tratamiento, seguimiento y validación de soluciones

El Sprint 3 se orienta al tratamiento de las incidencias priorizadas durante el Sprint anterior. En esta etapa las disciplinas analizan alternativas de solución, se establecen responsables y compromisos y posteriormente se verifica que los ajustes realizados hayan solucionado la interferencia sin generar nuevos conflictos.

El Sprint Goal propuesto es:

Establecer el proceso para analizar alternativas, registrar compromisos y validar las soluciones mediante nuevas revisiones BIM.

De acuerdo con el Product Backlog, en este Sprint se trabajan PB-09 Registro de compromisos y responsables y PB-10 Validación de soluciones. Estos elementos se relacionan principalmente con las US-08, US-10, US-11 y US-15, correspondientes al análisis técnico de

alternativas, coordinación entre disciplinas, participación del cliente en decisiones relevantes y verificación posterior de las soluciones.

Tabla 21. *Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 3*

Elemento	Descripción	User Stories relacionadas	Story Points
PB-09	Registro de compromisos y responsables	US-08, US-10 y US-11	5 SP
PB-10	Validación de soluciones	US-15	8 SP
Total			13 SP

PB-10 recibe una estimación mayor debido a que la validación requiere incorporar los ajustes en la información actualizada, integrar nuevamente los modelos y comprobar que la solución no genere nuevas interferencias. PB-09 se concentra principalmente en mantener la trazabilidad de las decisiones, responsables, fechas y actividades pendientes.

Tabla 22. *Sprint Backlog propuesto para el Sprint 3*

ID	Actividad	Elemento relacionado	Resultado esperado
S3-01	Seleccionar las incidencias prioritarias que requieren tratamiento	PB-09	Incidencias a tratar definidas
S3-02	Analizar alternativas de solución con las disciplinas involucradas	PB-09	Alternativas técnicas revisadas
S3-03	Identificar actividades previas, responsables y terceros requeridos	PB-09	Condiciones para la solución identificadas
S3-04	Registrar la decisión, responsable y fecha de compromiso	PB-09	Compromisos documentados
S3-05	Gestionar la revisión del cliente o Product Owner cuando corresponda	PB-09	Decisiones relevantes revisadas
S3-06	Incorporar los ajustes acordados en los modelos o documentos	PB-10	Información actualizada
S3-07	Integrar nuevamente los modelos y ejecutar la revisión	PB-10	Solución verificada
S3-08	Cerrar la incidencia o devolverla para un nuevo ajuste	PB-10	Estado de la incidencia actualizado

Las mesas de coordinación técnica se utilizan cuando sea necesario revisar alternativas entre varias disciplinas, considerando también las US-12 y US-13 cuando apliquen.

El Sprint 3 finaliza con las soluciones, responsables y compromisos registrados y con las incidencias verificadas nuevamente. Si una solución no supera la revisión, la incidencia permanece abierta y vuelve al proceso de ajuste.

1.6.5 Sprint 4. Seguimiento y consolidación de la guía

El Sprint 4 corresponde a la etapa final de desarrollo de la propuesta. Su propósito es establecer los indicadores que permitan hacer seguimiento al proceso y consolidar los criterios, formatos y mecanismos desarrollados durante los Sprints anteriores dentro de una guía general de coordinación técnica.

El Sprint Goal propuesto es:

Evaluar el proceso mediante indicadores de seguimiento y consolidar los resultados obtenidos en una guía de coordinación técnica apoyada en BIM.

De acuerdo con el Product Backlog, en este Sprint se trabajan PB-11 Indicadores de seguimiento y PB-12 Consolidación de la guía de coordinación. Estos elementos se relacionan principalmente con la US-16, orientada al cierre, conservación del histórico y aprovechamiento de la información generada durante el proceso.

Tabla 23. *Elementos y User Stories relacionadas con el Sprint 4*

Elemento	Descripción	User Stories relacionadas	Story Points
PB-11	Indicadores de seguimiento	US-16	5 SP
PB-12	Consolidación de la guía de coordinación	US-16 y revisión general de las US	8 SP
Total			13 SP

PB-12 recibe una mayor estimación debido a que requiere integrar los resultados obtenidos durante los Sprints anteriores, revisar su coherencia y organizar los formatos, criterios y actividades que conformarán la guía final.

Tabla 24. *Sprint Backlog propuesto para el Sprint 4*

ID	Actividad	Elemento relacionado	Resultado esperado
S4-01	Definir los indicadores para el seguimiento del proceso	PB-11	Indicadores establecidos
S4-02	Definir la información necesaria para calcular los indicadores	PB-11	Fuentes de información identificadas
S4-03	Organizar la información de incidencias, compromisos y cierres	PB-11	Información preparada para seguimiento
S4-04	Revisar los productos desarrollados durante los Sprints anteriores	PB-12	Componentes verificados
S4-05	Consolidar los formatos y criterios de coordinación	PB-12	Herramientas integradas
S4-06	Organizar el flujo completo de coordinación y gestión de incidencias	PB-12	Proceso consolidado
S4-07	Incorporar el histórico y las lecciones obtenidas durante el proceso	PB-12	Trazabilidad conservada
S4-08	Revisar y presentar la versión final de la guía	PB-12	Guía preparada para revisión final

El Sprint 4 finaliza con los indicadores definidos y con una versión consolidada de la guía que integra los principales resultados desarrollados durante las iteraciones anteriores. El incremento debe cumplir con la Definition of Done y encontrarse disponible para su revisión final por parte del Product Owner y los interesados.

1.6.6 Indicadores de gestión y seguimiento

Para realizar seguimiento al proceso se proponen indicadores que permitan revisar el avance de los Sprints, el estado de las incidencias y la calidad de la información utilizada durante la coordinación. Estos indicadores se alimentan principalmente del Product Backlog, los registros de interferencias y los compromisos definidos durante las mesas de coordinación.

Tabla 25. *Indicadores propuestos para el seguimiento del proceso*

Indicador	Cálculo o criterio	Propósito
Avance del Sprint	Story Points completados / Story Points seleccionados $\times 100$	Revisar el avance del trabajo previsto
Cumplimiento de la DoD	Elementos cerrados que cumplen DoD / elementos cerrados evaluados $\times 100$	Verificar que los resultados cumplan los criterios de terminación
Cierre de incidencias	Incidencias cerradas / total de incidencias registradas $\times 100$	Conocer el avance en la solución de interferencias
Incidencias críticas y altas abiertas	Número de incidencias abiertas con prioridad Crítica o Alta	Mantener visibles los hallazgos que requieren mayor atención
Cumplimiento de compromisos	Compromisos cumplidos dentro de la fecha / compromisos con vencimiento en el periodo $\times 100$	Revisar el cumplimiento de responsables y fechas
Tiempo promedio de resolución	Suma de días entre apertura y cierre / número de incidencias cerradas	Identificar el tiempo requerido para resolver las incidencias
Compleitud de la información	Registros o campos completos / registros o campos requeridos $\times 100$	Verificar que la información necesaria para la coordinación se encuentre disponible

Los indicadores pueden ajustarse según las características del proyecto y la información disponible. Su finalidad es facilitar la identificación de pendientes, compromisos vencidos, incidencias prioritarias y posibles problemas en la información utilizada durante la coordinación.

Los resultados pueden consolidarse en un tablero de seguimiento que permita visualizar periódicamente el estado general del proceso y apoyar la toma de decisiones del equipo.

1.6.7 Velocity

La Velocity permite observar la cantidad de Story Points que el equipo logra completar durante cada Sprint (Agile Alliance, s. f.). Para su cálculo se consideran únicamente los elementos que alcanzan la Definition of Done, por lo que los puntos asociados a actividades incompletas no deben contabilizarse como trabajo terminado.

Para esta propuesta la velocidad promedio puede calcularse mediante la siguiente expresión: Velocity promedio = Story Points completados / número de Sprints evaluados

Debido a que el proceso planteado no ha sido ejecutado completamente en un proyecto real, no es posible establecer una Velocity obtenida. Por esta razón se plantea el siguiente escenario únicamente como ejemplo de aplicación del indicador.

Tabla 26. *Ejemplo de cálculo de Velocity*

Sprint	Story Points planeados	Story Points completados
Sprint 1	13	13
Sprint 2	16	16
Sprint 3	13	13
Sprint 4	13	13
Total	55	55

La Velocity promedio del escenario sería:

$$\text{Velocity promedio} = 55 / 4 = 13,75 \text{ Story Points por Sprint}$$

El Sprint Cero no se incluye en este cálculo debido a que tiene una duración diferente y corresponde principalmente a una etapa de preparación. Los valores anteriores son simulados y se

utilizan únicamente para mostrar cómo podría aplicarse este indicador durante la ejecución del proceso.

La Velocity puede servir como referencia para planear los siguientes Sprints, pero no debe interpretarse de manera aislada como una medida de productividad, debido a que la complejidad y condiciones de cada iteración pueden variar.

1.6.8 Gráficas Burndown

Las gráficas Burndown permiten visualizar la reducción del trabajo pendiente durante cada Sprint. Para esta propuesta se utiliza como unidad de seguimiento la cantidad de actividades pendientes del Sprint Backlog, comparando una línea de avance ideal con un escenario simulado de ejecución.

El Sprint Cero cuenta con ocho actividades distribuidas en cinco días hábiles. Los Sprints de desarrollo tienen una duración de diez días hábiles y están conformados por ocho actividades para los Sprints 1, 3 y 4 y nueve actividades para el Sprint 2.

Las Figuras 2 a 6 presentan un ejemplo de aplicación del Burndown para los diferentes Sprints. Los datos corresponden a una simulación académica y no representan resultados obtenidos de la ejecución real de un proyecto.

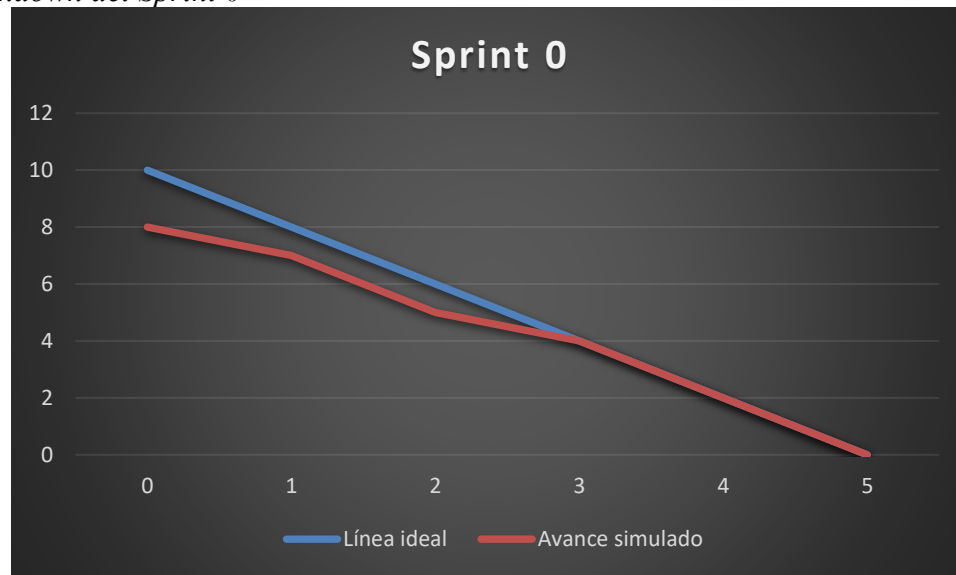
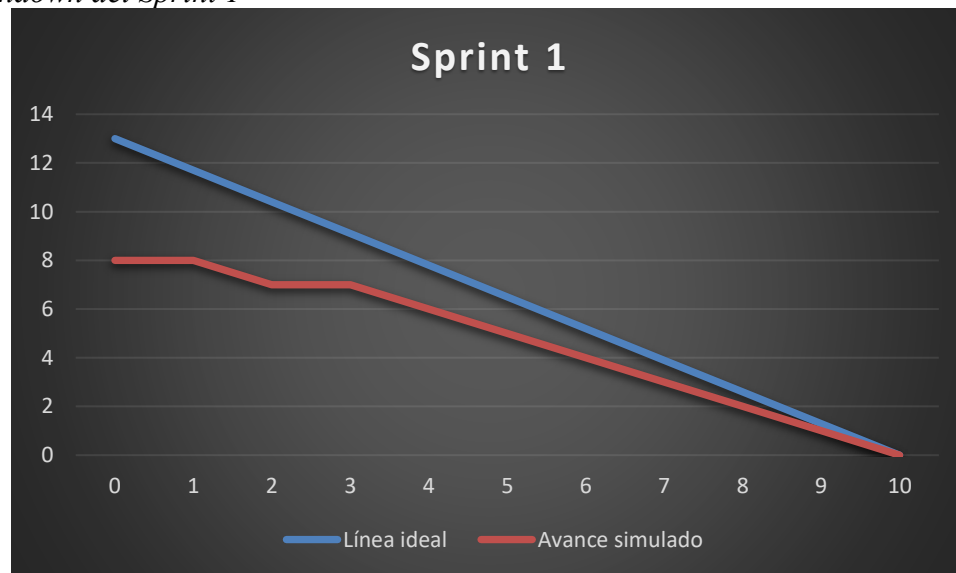
Figura 2. *Burndown del Sprint 0***Figura 3.** *Burndown del Sprint 1*

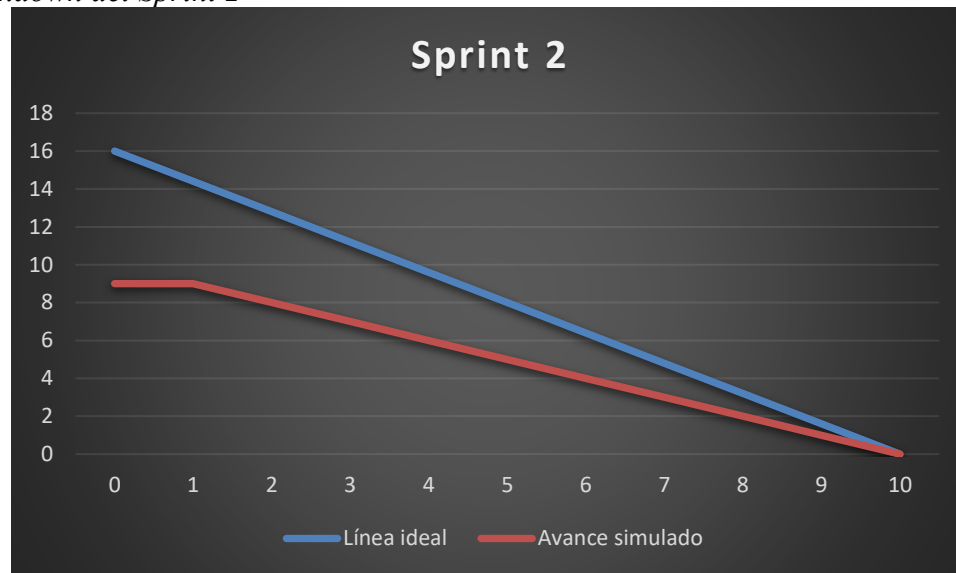
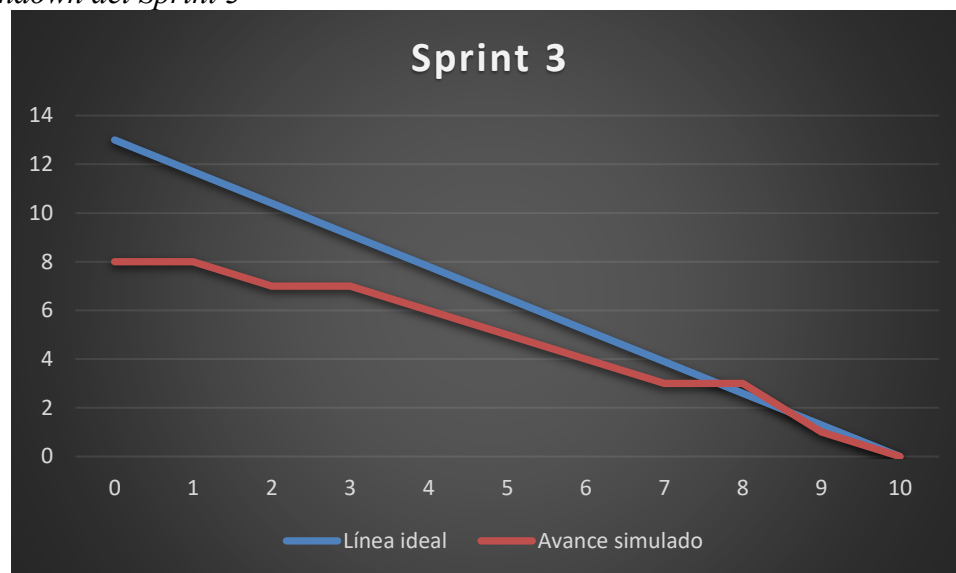
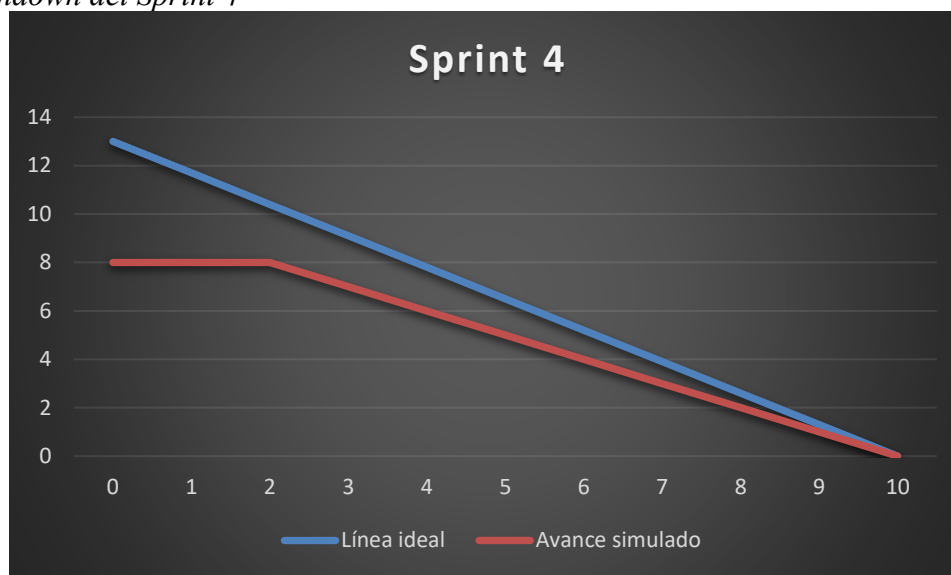
Figura 4. *Burndown del Sprint 2***Figura 5.** *Burndown del Sprint 3*

Figura 6. *Burndown del Sprint 4*

La línea ideal representa una reducción uniforme del trabajo pendiente hasta finalizar el Sprint. La línea de avance simulado muestra la disminución de las actividades a medida que estas son completadas. Las diferencias entre ambas líneas permiten visualizar periodos en los que el avance se encuentra por encima o por debajo del ritmo de referencia.

En una aplicación real, estas gráficas deben actualizarse con el estado efectivo del Sprint Backlog y pueden utilizarse como apoyo para identificar retrasos o acumulación de trabajo pendiente.

1.7 Prototipo de entregable

Como resultado del proceso desarrollado se propone un prototipo de guía para la coordinación técnica de instalaciones electromecánicas apoyada en BIM. La guía reúne los principales criterios y herramientas definidos durante los Sprints y se plantea como una referencia adaptable a diferentes proyectos.

El prototipo está compuesto por cinco formatos de apoyo, un flujo para la gestión y cierre de incidencias y un tablero de seguimiento. Su aplicación no depende de un software BIM específico y se enfoca en organizar la información, coordinar las diferentes disciplinas, registrar interferencias, establecer compromisos y verificar las soluciones planteadas.

1.7.1 Estructura general de la guía de coordinación

La guía se organiza siguiendo el proceso desarrollado durante los Sprints, desde la preparación inicial de la información hasta el seguimiento y cierre de las incidencias. Cada herramienta propuesta responde a una etapa específica de la coordinación y busca mantener la trazabilidad de la información generada.

Tabla 27. *Estructura general propuesta para la guía de coordinación*

Etapas	Actividad principal	Herramienta propuesta
1. Preparación	Verificar las condiciones iniciales de los modelos recibidos	Checklist de recepción y revisión inicial BIM
2. Organización de información	Identificar modelos, documentos, versiones, responsables y faltantes	Matriz de información e insumos
3. Coordinación	Definir las disciplinas, sistemas y revisiones que deben realizarse entre sí	Matriz de coordinación entre disciplinas
4. Detección y seguimiento	Registrar, clasificar, priorizar y controlar las incidencias identificadas	Registro y seguimiento de incidencias
5. Tratamiento	Documentar alternativas, decisiones, responsables, compromisos y fechas	Formato de mesa técnica y compromisos
6. Validación y cierre	Verificar los ajustes realizados y definir el cierre o nueva revisión de la incidencia	Flujo de gestión, validación y cierre de incidencias
7. Seguimiento general	Visualizar el estado de las incidencias, compromisos y principales indicadores	Tablero de seguimiento

La secuencia propuesta no debe entenderse como un proceso completamente lineal. Cuando una solución no supera la validación, la incidencia debe regresar a la etapa de tratamiento

y ajuste hasta que pueda considerarse cerrada. De esta manera se mantiene el carácter iterativo planteado para el proceso de coordinación.

1.7.2 Checklist de recepción y revisión inicial BIM

El checklist de recepción y revisión inicial BIM permite verificar las condiciones básicas de los modelos antes de incorporarlos al proceso de coordinación. Su aplicación busca identificar problemas relacionados con la información, ubicación, nomenclatura o integración que puedan afectar posteriormente las revisiones entre disciplinas.

El formato se aplica a cada modelo recibido y permite registrar su estado, las observaciones encontradas y las acciones requeridas antes de utilizarlo en la detección de interferencias.

Tabla 28. *Checklist de recepción y revisión inicial BIM*
Información general

Campo	Información
Proyecto	
Disciplina	
Modelo o archivo	
Versión	
Fecha de recepción	
Responsable de la información	
Revisado por	
Fecha de revisión	

Revisión del modelo

Ítem	Aspecto	Criterio de revisión	Estado	Observaciones o acción requerida
1	Identificación	Se identifica la disciplina, responsable, fecha y versión del modelo.	Cumple / No cumple / N.A.	
2	Alcance	El contenido corresponde con las zonas y sistemas definidos para la coordinación.	Cumple / No cumple / N.A.	
3	Unidades y ubicación	Las unidades, coordenadas, niveles y elevaciones corresponden con las referencias del proyecto.	Cumple / No cumple / N.A.	

4	Integridad	No se presentan errores evidentes, elementos duplicados u otras condiciones que afecten la revisión.	Cumple / No cumple / N.A.	
5	Nomenclatura y TAGS	La identificación de archivos, equipos y activos mantiene consistencia con la documentación disponible.	Cumple / No cumple / N.A.	
6	Información necesaria	El modelo contiene la información mínima requerida para la revisión prevista.	Cumple / No cumple / N.A.	
7	Integración	El modelo puede integrarse con las demás disciplinas sin desplazamientos o incompatibilidades evidentes.	Cumple / No cumple / N.A.	
8	Observaciones pendientes	Los faltantes o inconsistencias identificados quedan registrados para su corrección o seguimiento.	Cumple / No cumple / N.A.	

Resultado de la revisión: Aprobado para coordinación / Aprobado con observaciones / Requiere ajuste antes de coordinación.

El checklist puede ajustarse según las disciplinas y características del proyecto. Cuando se identifiquen condiciones que impidan realizar una coordinación adecuada, estas deben quedar registradas y gestionarse antes de continuar con la integración de los modelos.

1.7.3 Matriz de informaci3n e insumos

La matriz de informaci3n e insumos permite organizar los modelos, planos, documentos y dem1s informaci3n requerida para desarrollar la coordinaci3n t1cnica. Su prop3sito es mantener identificadas las fuentes disponibles, controlar sus versiones y detectar oportunamente los insumos faltantes.

La matriz puede actualizarse durante el proyecto a medida que se reciban nuevas versiones o se identifiquen necesidades adicionales de informaci3n.

Tabla 29. *Matriz propuesta de informaci3n e insumos*

Ítem	Disciplina	Informaci3n o insumo	Tipo	Versi3n	Fecha	Responsable	Estado	Observaciones
1	Arquitectura	Modelo arquitect3nico	Modelo BIM				Disponible / Pendiente	
2	Estructura	Modelo estructural	Modelo BIM				Disponible / Pendiente	
3	El1ctrica	Modelo y planos el1ctricos	Modelo / Plano				Disponible / Pendiente	
4	Mec1nica	Modelo de instalaciones mec1nicas	Modelo BIM				Disponible / Pendiente	
5	Hidrosanitaria	Modelo y planos hidrosanitarios	Modelo / Plano				Disponible / Pendiente	
6	Protecci3n contra incendios	Modelo y planos del sistema	Modelo / Plano				Disponible / Pendiente	
7	General	Especificaciones t1cnicas	Documento				Disponible / Pendiente	
8	General	Cronograma del proyecto, cuando aplique	Documento				Disponible / Pendiente	

Las disciplinas e insumos incluidos deben ajustarse al alcance definido para cada proyecto. Cuando se identifique informaci3n faltante o desactualizada, esta condici3n debe permanecer visible en la matriz hasta que se reciba o se defina la forma de continuar la coordinaci3n con la informaci3n disponible.

1.7.4 Matriz de coordinaci3n entre disciplinas

La matriz de coordinaci3n entre disciplinas permite establecer qu3 modelos o sistemas deben revisarse de manera conjunta y cu3les son los principales aspectos que deben considerarse durante la coordinaci3n. Su prop3sito es organizar las comparaciones antes de ejecutar la detecci3n de interferencias y evitar que la revisi3n se limite 3nicamente a identificar cruces geom3tricos.

La matriz debe ajustarse seg3n las disciplinas incluidas en el alcance del proyecto y puede complementarse con criterios relacionados con seguridad, normativa, operaci3n, mantenimiento, accesibilidad y condiciones de montaje.

Tabla 30. *Matriz propuesta de coordinaci3n entre disciplinas*

Ítem	Disciplina o sistema 1	Disciplina o sistema 2	Aspectos principales de revisi3n
1	Arquitectura	Instalaciones electromecánicas	Espacios disponibles, cielos, buitrones, accesos, ubicaci3n de equipos y zonas de mantenimiento.
2	Estructura	Instalaciones mecánicas y ventilaci3n	Cruces con vigas y elementos estructurales, pasos requeridos, ubicaci3n de equipos y soportes.
3	Estructura	Instalaciones eléctricas	Recorridos de bandejas y canalizaciones, pasos, ubicaci3n de equipos y posibles afectaciones estructurales.
4	Eléctrica	Mecánica y ventilaci3n	Cruces entre bandejas, canalizaciones, ductos y equipos, accesibilidad y espacios requeridos para mantenimiento.
5	Eléctrica	Hidrosanitaria	Cruces de redes, ubicaci3n respecto a equipos eléctricos y condiciones que puedan afectar operaci3n o mantenimiento.

Ítem	Disciplina o sistema 1	Disciplina o sistema 2	Aspectos principales de revisión
6	Iluminación	Ventilación y demás instalaciones de cielo	Compatibilidad entre luminarias, ductos, rejillas, tuberías, bandejas y demás elementos ubicados en espacios compartidos.
7	Protección contra incendios	Iluminación, ventilación y otras instalaciones	Ubicación de tuberías y dispositivos, interferencias con otros sistemas y espacios necesarios para su instalación y operación.
8	Gases	Instalaciones eléctricas, mecánicas e hidrosanitarias	Recorridos, accesibilidad, cruces y condiciones particulares asociadas con la operación del sistema.
9	Equipos electromecánicos	Arquitectura y estructura	Ubicación, bases, accesos, espacios de mantenimiento, montaje, retiro o reemplazo de equipos.
10	Todas las disciplinas	Condiciones existentes	Correspondencia entre los modelos y las condiciones encontradas en campo cuando sea necesaria una validación adicional.

Las comparaciones incluidas en la matriz sirven como punto de partida para organizar las revisiones BIM. Durante su aplicación pueden incorporarse nuevas combinaciones entre disciplinas de acuerdo con las características del proyecto y las interferencias identificadas.

La revisión debe considerar tanto conflictos geométricos como condiciones que puedan afectar la seguridad, operación, mantenibilidad, accesibilidad o ejecución de las instalaciones. Cuando una condición requiera gestión, esta pasa al registro y seguimiento de incidencias definido en el numeral siguiente.

1.7.5 Registro y seguimiento de incidencias

El registro y seguimiento de incidencias permite documentar los hallazgos identificados durante las revisiones BIM y mantener su trazabilidad hasta el cierre. Este formato concentra la información necesaria para conocer dónde se presenta la incidencia, qué disciplinas están involucradas, su prioridad, responsable, estado y solución definida.

La información registrada también sirve como base para preparar las mesas de coordinación, revisar compromisos y realizar posteriormente la validación de las soluciones.

Tabla 31. *Formato propuesto para el registro y seguimiento de incidencias*

Identificación

Campo	Información
ID de incidencia	
Fecha de registro	
Ubicación	
Disciplinas involucradas	
Empresas involucradas	
Modelo, vista o referencia	
Tipo de incidencia	
Descripción	
Prioridad	Crítica / Alta / Media / Baja

Seguimiento

Campo	Información
Responsable	
Estado	Abierta / En análisis / Asignada / En ajuste / Pendiente de validación / Cerrada
Alternativa preliminar	
Actividades previas requeridas	
Tercero externo requerido	Sí / No. ¿Cuál?
Fecha de compromiso	
Solución adoptada	
Evidencia de cierre / observaciones	

Para facilitar el seguimiento se proponen los estados Abierta, En análisis, Asignada, En ajuste, Pendiente de validación y Cerrada. Cuando una solución no supera la revisión posterior, la incidencia debe permanecer abierta o regresar al estado correspondiente para continuar su tratamiento.

La prioridad se establece utilizando las categorías Crítica, Alta, Media y Baja definidas anteriormente. El registro puede complementarse con una vista del modelo, imagen, vínculo o referencia que permita localizar y comprender la incidencia cuando sea necesario.

Una incidencia se considera cerrada cuando la solución se encuentra incorporada en la información actualizada, ha sido revisada nuevamente y cuenta con la evidencia correspondiente de su validación.

1.7.6 Formato de mesa técnica y compromisos

El formato de mesa técnica y compromisos permite registrar las decisiones tomadas durante las reuniones de coordinación entre las disciplinas involucradas. Su propósito es dejar trazabilidad de las alternativas analizadas, las acciones acordadas, los responsables y las fechas establecidas para atender las incidencias que requieren revisión conjunta.

Las mesas técnicas se realizan de acuerdo con las necesidades identificadas durante la coordinación y se enfocan principalmente en las incidencias que requieren participación de varias disciplinas o decisiones con impacto relevante sobre el proyecto.

Tabla 32. *Formato propuesto para mesa técnica y seguimiento de compromisos*
Información general

Campo	Información
Proyecto	
Fecha	
Tema o incidencia principal	
Participantes	
Disciplinas involucradas	
Responsable del registro	

**Decisiones y
compromisos**

ID incidencia	Situación revisada	Alternativas analizadas	Decisión o acción acordada	Responsable	Fecha compromiso	Tercero requerido	Estado / seguimiento
						Sí / No	
						Sí / No	
						Sí / No	

Cuando una alternativa requiera actividades preliminares, participación de terceros o aprobación del cliente, estas condiciones deben quedar registradas junto con el compromiso correspondiente. Las decisiones definidas durante la mesa deben posteriormente reflejarse en los modelos, planos o documentos que correspondan.

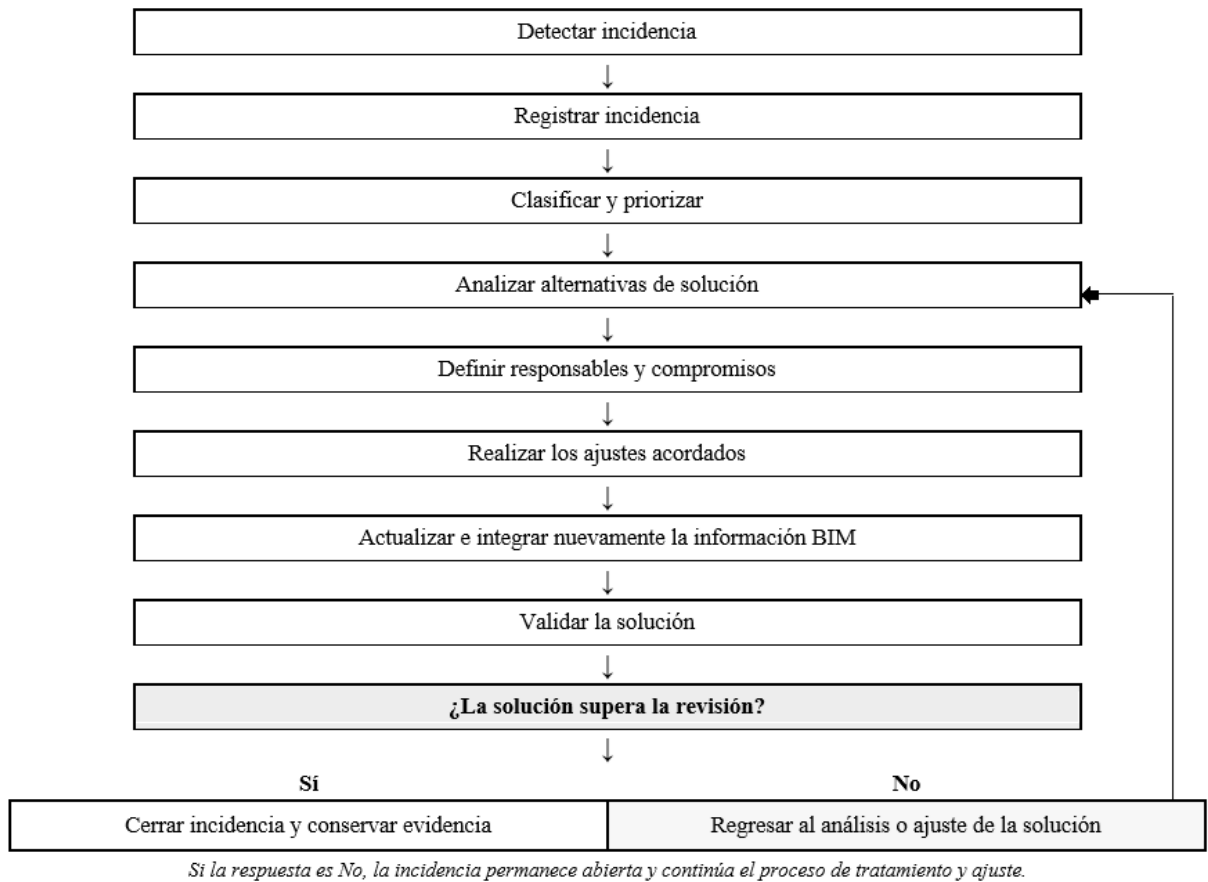
El cierre de un compromiso dentro de la mesa técnica no implica necesariamente el cierre de la incidencia. Una vez realizados los ajustes, la solución debe pasar nuevamente por el proceso de validación antes de modificar su estado a cerrada.

1.7.7 Flujo de gestión, validación y cierre de incidencias

El flujo de gestión de incidencias permite relacionar las actividades de detección, tratamiento y validación definidas durante los Sprints. Su propósito es establecer una secuencia

común para evitar que una interferencia se considere solucionada únicamente por haber definido una alternativa durante una reunión.

Figura 7. *Flujo propuesto para la gestión, validación y cierre de incidencias*



Durante el proceso, las incidencias pueden pasar por los estados Abierta, En análisis, Asignada, En ajuste, Pendiente de validación y Cerrada. Cuando una solución no supera la revisión, la incidencia retorna al estado correspondiente y continúa su tratamiento hasta alcanzar las condiciones requeridas para el cierre.

Cuando la solución implique cambios relevantes en alcance, costo, funcionamiento u otras condiciones definidas por el proyecto, puede requerirse la revisión del Product Owner, cliente o

representante correspondiente antes de continuar con su implementación. De igual manera, cuando sea necesario pueden participar terceros externos o realizarse verificaciones adicionales en campo.

El cierre se realiza después de comprobar que el ajuste se encuentra incorporado en la información actualizada, que la solución supera una nueva revisión y que queda disponible la evidencia correspondiente

1.7.8 Tablero de seguimiento

El tablero de seguimiento permite consolidar de forma resumida el estado del proceso de coordinación y facilitar la revisión de incidencias, compromisos e indicadores principales. La información utilizada puede obtenerse de los registros desarrollados durante los Sprints y actualizarse periódicamente según las necesidades del proyecto.

El tablero no reemplaza los formatos de seguimiento detallado, sino que permite visualizar de manera general las condiciones que requieren mayor atención.

Tabla 33. *Representación propuesta del tablero de seguimiento*

Indicador	Resultado	Estado / referencia
Avance del Sprint	___ %	Seguimiento al trabajo previsto
Cumplimiento de la DoD	___ %	Verificación de elementos terminados
Incidencias registradas	___	Total acumulado
Incidencias cerradas	___	Seguimiento de cierres
Incidencias críticas abiertas	___	Atención prioritaria
Incidencias altas abiertas	___	Atención prioritaria
Cumplimiento de compromisos	___ %	Seguimiento a responsables y fechas
Tiempo promedio de resolución	___ días	Seguimiento al tratamiento de incidencias
Compleitud de la información	___ %	Control de información disponible

El tablero puede complementarse con representaciones gráficas según las herramientas disponibles en cada proyecto. Su revisión periódica permite identificar incidencias prioritarias, compromisos vencidos, dificultades en el cierre de observaciones o faltantes de información que puedan afectar el desarrollo de la coordinación.

Los indicadores deben interpretarse de forma conjunta y no como medidas aisladas de productividad. Su función principal es apoyar el seguimiento y facilitar la toma de decisiones durante el proceso.

2. Discusión

El desarrollo de la propuesta permite observar que la coordinación técnica apoyada en BIM no depende únicamente de la detección automática de interferencias entre modelos. Para que los hallazgos puedan ser gestionados de manera adecuada también es necesario contar con información organizada, criterios de revisión, responsables definidos, mecanismos para priorizar las incidencias y una forma de verificar posteriormente las soluciones adoptadas.

La propuesta también plantea que las interferencias no deben evaluarse únicamente por la existencia de un cruce geométrico. Aspectos relacionados con seguridad, cumplimiento normativo, operación, mantenimiento, accesibilidad, condiciones del entorno y futuras ampliaciones pueden generar restricciones importantes aun cuando los elementos no presenten una colisión directa. Por esta razón, la priorización técnica permite orientar la atención hacia las incidencias que pueden representar un mayor impacto para el proyecto. Sin embargo, la utilización de Scrum no reemplaza las actividades propias de la coordinación técnica. Los eventos Scrum se orientan al seguimiento del trabajo y de los incrementos, mientras que las mesas técnicas permiten analizar situaciones

específicas entre las disciplinas involucradas. Esta separación resulta importante para evitar que las reuniones de seguimiento se conviertan en espacios extensos destinados a resolver problemas técnicos particulares.

Finalmente, la guía se plantea como una referencia adaptable y no como un procedimiento rígido. Las disciplinas participantes, los criterios de revisión, las herramientas BIM, las tolerancias y los formatos pueden modificarse según las características de cada proyecto. No obstante, se mantiene como principio común la necesidad de conservar la trazabilidad desde la identificación de una incidencia hasta su validación y cierre.

3. Conclusiones

La propuesta desarrollada permitió estructurar un proceso de coordinación técnica apoyado en BIM para la detección temprana y gestión de interferencias en instalaciones electromecánicas. El proceso organiza la coordinación desde la preparación de la información hasta la identificación, priorización, tratamiento, validación y cierre de las incidencias, buscando mantener una secuencia clara y trazable entre las diferentes disciplinas.

El desarrollo permitió establecer que BIM puede utilizarse como una herramienta de apoyo para integrar y revisar la información de las distintas especialidades, pero la coordinación no debe limitarse a la detección de cruces entre elementos del modelo. También resulta necesario considerar aspectos relacionados con seguridad, cumplimiento normativo, operación, mantenimiento, accesibilidad, condiciones de montaje, entorno y futuras ampliaciones, debido a que estas condiciones pueden generar interferencias técnicas aun cuando no exista una colisión geométrica.

La incorporación de elementos de gestión ágil permitió organizar la construcción de la propuesta mediante un Sprint Cero y cuatro Sprints de desarrollo. Esta estructura facilita dividir el producto en incrementos revisables, comenzando por la preparación de la información y continuando con los criterios de revisión BIM, detección y priorización de interferencias, tratamiento de soluciones y consolidación de la guía. De esta manera, el proceso puede recibir ajustes durante su desarrollo sin dejar toda la revisión para la etapa final. Como resultado se consolidó un prototipo de guía compuesto por formatos para la revisión inicial de los modelos, control de información e insumos, coordinación entre disciplinas, registro y seguimiento de incidencias y mesas técnicas, complementados con un flujo para la validación y cierre de incidencias y un tablero de seguimiento. Estas herramientas permiten conservar información sobre responsables, decisiones, compromisos y evidencias desde la identificación de un hallazgo hasta su cierre.

Referencias

Agile Alliance. (s. f.). Agile glossary. Consultado el 24 de agosto de 2026.

<https://agilealliance.org/agile101/agile-glossary/>

buildingSMART International. (s. f.). BIM Collaboration Format (BCF). Consultado el 24 de

agosto de 2026. <https://info.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format/>

Kowal, C., y Grzelak, M. (2022, 31 de agosto). Clash detection. buildingSMART Use Case

Management. <https://ucm.buildingsmart.org/en/use-cases/2834/en>

Patton, J. (2014). User story mapping: Discover the whole story, build the right product. O'Reilly

Media. <https://www.oreilly.com/library/view/user-story-mapping/9781491904893/>

Schwaber, K., y Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum: The rules

of the game. Scrum Guides. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>

Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte. (2024). Guía de nomenclatura BIM.

Ministerio de Transporte. <https://upit.gov.co/wp-content/uploads/2024/11/Guia-de-Nomenclatura-BIM-U.pdf>