



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Máster en Dirección de Proyectos

Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción

Autor:

Testa, Romina Florencia

Tutor:

**Acebes Senovilla, Fernando
Departamento de Organización de
Empresas y CIM**

Valladolid, Julio 2019.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar especialmente este trabajo a mi familia y amigos por el apoyo incondicional a la distancia y a las instituciones que hicieron posible que hoy esté en este lugar.

RESUMEN

La industria de la construcción es una de las más importantes a nivel mundial, sin embargo hoy en día es considerada como una de las más ineficientes y tardía en adoptar los avances tecnológicos. Por otra parte, el prolífero desarrollo de la tecnología BIM, que ha generado una revolución en la manera de trabajar y realizar los proyectos dado la gran cantidad de beneficios que ofrece. Con el desarrollo de este trabajo se analizó cómo se puede implementar los distintos usos BIM para así poder optimizar los procesos de la Dirección de Proyectos de Construcción, eliminando redundancias y consiguiendo entregas de trabajo más seguras, en menor tiempo y mayor calidad.

Palabras claves

Dirección de Proyectos, PMBOK, Construcción, BIM, interoperabilidad

ABSTRACT

The construction industry is one of the most important worldwide, however today it is considered one of the most inefficient and delayed in adopting technological advances. On the other hand, the prolific development of BIM technology, which has generated a revolution in the way of working and carrying out projects, given the great number of benefits it offers. With the development of this work, it was analyzed how the different BIM uses can be implemented in order to optimize the processes of the Construction Project Management, eliminating redundancies and achieving safer work deliveries, in less time and higher quality.

Keywords

Project Management, PMBOK, Construction, BIM, interoperability

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO DEL PROYECTO.....	1
MOTIVACIONES Y ALCANCE DEL PROYECTO	1
METODOLOGÍA.....	2
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	2
1 PROJECT MANAGEMENT	3
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 GUÍA DEL PMBOK.....	4
1.3 PROJECT MANAGEMENT EN LA CONSTRUCCIÓN.....	5
1.3.1 <i>Gestión Integradora de Proyectos</i>	7
1.3.2 <i>Gestión del Alcance del Proyecto</i>	7
1.3.3 <i>Gestión del Cronograma del Proyecto</i>	8
1.3.4 <i>Gestión de los Costos del Proyecto</i>	8
1.3.5 <i>Gestión de la Calidad del Proyecto</i>	9
1.3.6 <i>Gestión de los Recursos del Proyecto</i>	9
1.3.7 <i>Gestión de las Comunicaciones del Proyecto</i>	10
1.3.8 <i>Gestión de los Riesgos del Proyecto</i>	11
1.3.9 <i>Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</i>	11
1.3.10 <i>Gestión de los Interesados del Proyecto</i>	12
1.3.11 <i>Gestión de Salud, Protección, Seguridad y Medio Ambiente (HSSE)</i> <i>del Proyecto</i>	12
1.3.12 <i>Gestión Financiera del Proyecto</i>	13
2 BIM	15
2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 PROCESOS TRADICIONALES Y PROCESOS COLABORATIVOS	17
2.3 METODOLOGÍA BIM	21
2.3.1 <i>Identificar los objetivos y usos BIM</i>	22
2.3.2 <i>Diseñar el Proceso de Ejecución BIM</i>	26
2.3.3 <i>Definir los Entregables de BIM</i>	31

2.3.4 <i>Identificar la infraestructura de apoyo para implementar con éxito el plan</i>	32
2.4 IMPLEMENTACIÓN DE BIM	35
2.5 BIM Y SOFTWARES	37
2.6 ANÁLISIS DE USOS BIM APLICADOS A LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO	37
3 METODOLOGÍA PROPUESTA.....	41
3.1 ROLES ORGANIZACIONALES.....	42
3.2 ESTRUCTURA DEL TRABAJO	44
3.3 PROCESOS IBCM	46
3.3.1 <i>Procesos de Inicio</i>	47
3.3.2 <i>Procesos de Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control</i>	48
3.3.3 <i>Procesos de Cierre</i>	69
CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.....	73
BIBLIOGRAFIA	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de Usos BIM.....	26
Tabla 2. Tabla de categorías Plan de Proyecto BIM..	35
Tabla 3. Usos BIM aplicado a las Áreas de Conocimiento.	39
Tabla 4. Esquema de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de IBCM	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento.....	6
Figura 2. Proceso Tradicional	17
Figura 3. Proceso colaborativo	18
Figura 4. Curva de MacLeamy	20
Figura 5. Comparativa flujo de trabajo BIM frente a la tecnología CAD.....	21
Figura 6. Usos BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio	23
Figura 7. Proceso de la planificación BIM - Mapa General	27
Figura 8. Notación del mapa de proceso.....	28
Figura 9. Sector ampliado del mapa de proceso.....	29
Figura 10. Esquema Mapa de Proceso de uso BIM detallado	30
Figura 11. Ejemplo verificación de objetivos.....	31
Figura 12. Intercambio de información proceso BIM.....	32
Figura 13. Mapa de Implantación BIM 2016.	36
Figura 14. Propuesta de trabajo.....	41
Figura 15. Esquema de trabajo construcción tradicional	42
Figura 16. Esquema de trabajo construcción con metodología BIM..	43
Figura 17. Estructura de Procesos	44
Figura 18. Estructura Áreas de Conocimiento y BIM.....	45
Figura 19. Esquema de Procesos.....	46
Figura 20. Flujo de trabajo de la Gestión del Alcance con implementación BIM	50
Figura 21. Flujo de trabajo de la Gestión del Cronograma con implementación BIM.....	52
Figura 22. Flujo de trabajo de la Gestión del Costo con implementación BIM.	55
Figura 23. Flujo de trabajo de la Gestión de los Riesgos con implementación BIM.....	58
Figura 24. Flujo de trabajo de la Gestión de los Interesados con implementación BIM.....	61
Figura 25. Stakeholders directos e indirectos.....	62

INTRODUCCIÓN

Objetivo del Proyecto

El objetivo de este trabajo es proponer una metodología integradora para complementar la gestión actual de proyectos en la construcción basada en los procesos de la Guía PMBOK del PMI (*Project Management Institute*) con la metodología BIM (*Building Information Modeling*). Con esta implementación se quiere unificar los procesos de ambas metodologías, eliminando redundancias y simplificando el trabajo de los directores de proyectos y otros profesionales de la industria de la Construcción (arquitectura, ingeniería y construcción [AEC]) para que puedan gestionar sus proyectos de una manera más sencilla y eficiente.

Motivaciones y alcance del Proyecto

La industria de la construcción es una de las más importantes a nivel mundial y es una de las variables que determina el desarrollo económico y social de un país. A medida que la construcción se ejecuta de forma eficiente, se vuelve más competitiva y accesible permitiendo así la mejora no sólo de la industria en sí sino también de los demás sectores. Sin embargo hoy en día la industria de la construcción es considerada como una de las más ineficientes, resistente a los cambios y tardía en adoptar los avances tecnológicos. La necesidad de actualizarse e incorporar nuevas tecnologías a los procesos ya existentes puede aportar mucho valor.

Por otra parte el auge y desarrollo de la tecnología BIM en estos últimos años hace que se plantee la necesidad, y en muchos países, la obligatoriedad de incorporar BIM en la industria de la construcción.

La elección del tema desarrollado surge a partir de la motivación generada en el Máster de Dirección de Proyectos de cómo mejorar la gestión en los proyectos de construcción de una forma distinta a como se viene desarrollando hasta el momento. Como Arquitecto y profesional en el campo de la construcción me siento con el deber de aportar mejoras para que la gestión de proyectos permita a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente.

El trabajo elaborado tiene la intención de analizar las principales aplicaciones de los Usos BIM con los procesos propios del Project Management en la Construcción, con el objetivo de poder generar una propuesta integradora.

Metodología

A partir del análisis de la guía PMBOK del PMI, la extensión de Construcción de la Guía PMBOK, y los procedimientos correspondientes a la metodología BIM se propondrá una única metodología que integre los procedimientos mencionados. Para conseguir esto se realizará un análisis de como los usos BIM impactan en las Áreas de Conocimiento y a partir de eso se desarrollará la incorporación de esos usos BIM a los flujos de trabajo.

Estructura del documento

Para conseguir los objetivos planteados, el documento se divide en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo del documento se hace una introducción acerca del Project Management, cuales son los procesos y prácticas dentro de la Guía de conocimiento para la Gestión de Proyectos (Guía PMBOK) que son directamente aplicables a proyectos de construcción y cuáles son propios del Project Management en la construcción.

En el segundo capítulo se hace una descripción sobre la metodología BIM, los distintos usos BIM que son fundamentales para la fijación de objetivos, la diferencia entre los procesos tradicionales y procesos colaborativos y su implementación a nivel nacional y mundial.

Tanto en el primer capítulo como el segundo se explican los conocimientos necesarios para poner en situación al lector sobre el tema que se desarrollará.

En el tercer capítulo se describe la nueva Metodología, elaborada a partir de los procesos de la Guía PMBOK y la metodología BIM. Se podrá ver cómo está conformada, su estructura, roles, Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento.

Al final de este trabajo se puede encontrar las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo de la nueva metodología, así como la bibliografía consultada para llevar a cabo este documento.

1 PROJECT MANAGEMENT

1.1 Introducción

La dirección de proyectos o también llamada gestión de proyectos o Project Management es el conjunto de actividades destinadas a la consecución de un objetivo con un alcance definido, en un tiempo previsto, con un presupuesto previsto y manteniendo las expectativas y calidad esperadas. La dirección de proyecto ha existido desde hace miles de años y los resultados de esos proyectos surgieron de la aplicación por parte de líderes y directores, de prácticas, principios, procesos, herramientas y técnicas de dirección de proyectos, es decir, un conjunto de habilidades claves y conocimientos para satisfacer a sus clientes y a otras personas involucradas y afectadas por el proyecto.

Según la *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*(Project Management Institute, 2017) “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Que sea temporal significa que tiene un principio y un final definidos, pero no necesariamente quiere decir que sea corta su duración.

La dirección de proyectos, es la aplicación del conocimiento, de las habilidades, y de las técnicas para ejecutar los proyectos en forma eficiente y efectiva. Es una competencia estratégica para las organizaciones, y les permite atar los resultados de los proyectos a las metas del negocio, y así competir mejor en su mercado (Project Management Institute, 2017).

Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto.

Un proyecto puede dirigirse en tres escenarios separados: como un proyecto independiente (fuera de un portafolio o programa), dentro de un programa, o dentro de un portafolio. Cuando un proyecto esta dentro de un programa o portafolio, los directores de proyecto interactúan con los directores de portafolios y programas. Un portafolio se define como los proyectos, programas, portafolios subsidiarios y operaciones gestionadas como un grupo para alcanzar objetivos estratégicos.

Si bien el desarrollo de este trabajo está centrado en el PMBOK y en la extensión de construcción del PMI, existen otras metodologías para la dirección de proyectos como pueden ser: PRINCE2(Bennett, 2017), PM2 (European Commission, 2016), ISO21500 (International Organization for Standardization, 2012) entre otras.

En el siguiente apartado se desarrollará la metodología en dirección de proyectos según el PMBOK, dividido en Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento. El mismo brindará información sobre aquellos conocimientos y prácticas más habituales para gestionar los proyectos.

1.2 Guía del PMBOK

La dirección de proyectos se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de procesos de dirección de proyectos, agrupados lógicamente. Si bien existen diferentes formas de agrupar procesos, la Guía del PMBOK® (Project Management Institute, 2017) agrupa los procesos en cinco categorías llamadas Grupos de Procesos.

Un *Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos* es un agrupamiento lógico de procesos de la dirección de proyectos para alcanzar objetivos específicos del proyecto. Los Grupos de Procesos son independientes de las fases del proyecto. Los procesos de la dirección de proyectos se agrupan en los siguientes cinco Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos:

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución
- Monitoreo y Control
- Cierre

Además de los Grupos de Procesos, los procesos también se categorizan por *Áreas de Conocimiento*. Un Área de Conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen. Si bien las Áreas de Conocimiento están interrelacionadas, se definen separadamente de la perspectiva de la dirección de proyectos. Las diez Áreas de Conocimiento son:

- Gestión de la integración
- Gestión del alcance
- Gestión del tiempo
- Gestión del costo

- Gestión de la calidad
- Gestión de adquisiciones
- Gestión de recursos humanos
- Gestión de las comunicaciones
- Gestión de riesgos
- Gestión de los interesados

En el próximo apartado se hará referencia a aquellas Áreas de Conocimiento del PMBOK que son directamente aplicables a los proyectos de construcción y cuales son específicos de la extensión de construcción del PMI.

1.3 Project Management en la Construcción

Las necesidades de un proyecto específico pueden requerir una o más Áreas de Conocimiento adicionales. Las Áreas de Conocimiento en la Guía PMBOK® son aplicables a proyectos de construcción, aunque con modificaciones acorde los atributos, las prácticas y las aplicaciones únicas en los Grupos de Procesos y las Áreas de conocimiento. Comportamientos derivados de estas Áreas de conocimiento se aplican al proyecto de construcción en cada fase diferente del proyecto, es por ello que en la extensión de construcción a la Guía PMBOK® (PMI, 2016) se introduce dos Áreas de Conocimiento adicionales que son aplicables a los proyectos de construcción:

- Gestión de Salud, Protección, Seguridad y Medio Ambiente (Health, Safety, Security, and Environmental-HSSE) del Proyecto
- Gestión Financiera del Proyecto

En la Figura 1 se puede ver la tabla con los procesos y Áreas de Conocimiento aplicables a la construcción y los dos nuevos procesos específicos de la construcción.

Es importante tener en cuenta que el director de proyecto en construcción es responsable de reconocer no solo las necesidades del propietario del proyecto, sino que también cómo se deben aplicar las prácticas comunes y las aplicaciones de construcción específicas.

Áreas de conocimiento	Grupos de proceso de gestión de proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	■	■	■	■	■
5. Gestión del Alcance del Proyecto		■		■	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		■		■	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		■		■	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		■	■	■	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		■	■	●	●
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		■	■	■	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		■		■	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		■	■	■	●
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	■	■	■	■	
14. Gestión de salud, protección, seguridad y medio ambiente (HSSE) del proyecto		●	●	●	
15. Gestión financiera del proyecto		●		●	
<p>■ Guía de PMBOK® Áreas de conocimiento y grupos de procesos incluidos en la extensión de construcción.</p> <p>● Áreas de conocimiento y grupos de procesos específicos de la construcción exclusivos de la extensión de la construcción.</p>					

Figura 1. Mapa de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento. **Fuente** (Project Management Institute, 2016)

A continuación se explicará brevemente cada una de las Áreas de Conocimiento y Grupos de Procesos de la extensión de construcción del PMBOK:

1.3.1 Gestión Integradora de Proyectos

La gestión integradora de proyectos en la construcción se encuentra en una posición única ya que debe abordar el proyecto en su conjunto, desde los desafíos de las partes interesadas hasta las restricciones geográficas y culturales que cuando se combinan con la financiación de proyectos, junto a los procesos de adquisición y la gestión de riesgos, contribuyen a la necesidad imperiosa de integrar todos estos esfuerzos.

La función principal de la gestión de proyectos de construcción es la integración, es decir, evitar las discrepancias entre las diversas disciplinas técnicas y de soporte. El manejo de la integración del proyecto comienza desde el momento que el propietario o promotor toma una decisión comercial para renovar una instalación existente o construir una nueva. Las actividades de planificación y ejecución, junto con los procesos de todas las Áreas de conocimiento, incluida la financiación de proyectos, pueden utilizar diferentes ciclos de vida de diseño y construcción, lo que agrega complejidad a la entrega de los proyectos de construcción.

Las cláusulas de los contratos pueden describir el progreso extenso y los requisitos de informes de rendimiento que mejoran el nivel de detalle y precisión necesarios para el monitoreo y control durante la ejecución del proyecto. Los cambios son a menudo considerados inevitables en la construcción; Por lo tanto, el enfoque en el control de cambio integrado es un proceso contractual significativo. La gestión inadecuada de esta actividad a menudo conduce a disputas contractuales.

1.3.2 Gestión del Alcance del Proyecto

La gestión del alcance del proyecto comienza temprano en el ciclo de vida del proyecto y evoluciona constantemente durante las primeras etapas. El Grupo de Procesos de Planificación es de gran importancia ya que la capacidad de influir en el costo es mayor en las primeras etapas del proyecto, lo que hace que la definición de alcance temprano sea crítica. Los requisitos de las partes interesadas, así como los documentos tales como el contrato, los planos y las especificaciones deben revisarse exhaustivamente en la planificación del alcance. Una línea de base de alcance debe ser creada para ayudar en el seguimiento y la gestión de cambios en un proyecto de construcción.

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control desempeña un papel fundamental debido a la posibilidad de cambios extensos en un proyecto de construcción. Estos cambios pueden descarrilar un proyecto de forma rápida y sencilla, por ejemplo, en el deslizamiento de la programación o sobrecostos. La validación del alcance es un proceso efectivo integrado con el control del alcance.

1.3.3 Gestión del Cronograma del Proyecto

La gestión del cronograma del proyecto es fundamental para que un proyecto sea exitoso. Dado que la mayoría de los proyectos de construcción hacen hincapié en terminar el proyecto a tiempo, y pueden inculcar daños monetarios por una finalización tardía, la gestión del cronograma del proyecto se ha convertido en un proceso de programación muy técnico. Se desarrolla el cronograma del proyecto cuidando cada detalle para poder identificar así retrasos, junto con una evaluación precisa de la fuente del retraso, para que la responsabilidad pueda ser asignada.

La gestión del cronograma del proyecto incluye los procesos necesarios para gestionar la finalización oportuna del proyecto: se definen las actividades, se establece la secuencia de actividades y la duración de la actividad, y se estiman los recursos. La planificación es clave en un proyecto de construcción debido a las incertidumbres inherentes involucradas al mismo. Muchos proyectos corren el riesgo de no terminar a tiempo debido a un ineficaz desarrollo y control del cronograma.

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control juega un papel importante en el establecimiento de mecanismos para señalar desviaciones de la línea de base y la necesidad de acciones preventivas o correctivas para volver al calendario.

1.3.4 Gestión de los Costos del Proyecto

La gestión de los costos del proyecto es de vital importancia para el éxito de un proyecto de construcción, ya que afecta la capacidad de rentabilidad de la organización. La estimación y el presupuesto se realizan dentro del Grupo de Procesos de Planificación y son muy importantes ya que de ellos dependen las decisiones para realizar o no un proyecto. Las estimaciones de costes varían según el tamaño de los proyectos de construcción y se debe realizar un análisis de riesgo para desarrollar la contingencia del proyecto. Muchos de los riesgos diagnosticados en la construcción tienen un impacto financiero o económico.

El Grupo de Proceso de Monitoreo y Control juega un papel fundamental en la mejora de la previsibilidad de los costos. Las técnicas efectivas de control de costos pueden diferir en los proyectos, dependiendo de la estrategia de contratación del proyecto. Un factor crítico de éxito (CSF) en el control de costos es tener un plan de gestión del cambio. Los costes reales proporcionan una instantánea de los gastos actuales de un proyecto, mientras se proporciona un pronóstico como indicación de si el proyecto está dentro del presupuesto o no.

1.3.5 Gestión de la Calidad del Proyecto

La gestión de la calidad del proyecto gestiona tanto el proceso como el producto buscando así satisfacer las necesidades del propietario como se describe en los requisitos del contrato y presupuesto. La gestión de la calidad del proyecto es fundamental para todos los proyectos, pero sobre todo en aquellos con impactos críticos como en los proyectos de construcción.

El Grupo de Procesos de Planificación revisa los documentos específicos de construcción que describen los estándares de calidad que son necesarios que se cumplan para que el proyecto tenga éxito, incluidos contratos, documentos de construcción y especificaciones.

El Grupo de Procesos de Ejecución analiza auditorías de cumplimiento de calidad y auditorías técnicas de calidad que pueden requerir profesionales licenciados o certificados para lograr los requisitos y objetivos del proyecto.

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control para proyectos de construcción puede incluir informes de conformidad para validar la calidad o si requiere rehacerse. Rehacer puede tener un impacto muy significativo en el coste y el cronograma de un proyecto: cuanto más pronto se identifica el trabajo no conforme, menor es el impacto y se pueden establecer acciones preventivas más rápidas para eliminar la no conformidad. Las medidas preventivas deben establecerse en la fase de planificación para abordar los riesgos relacionados con la no conformidad.

1.3.6 Gestión de los Recursos del Proyecto

Los proyectos de construcción utilizan una gran variedad de recursos: recursos humanos, maquinaria y herramientas, equipos y materiales a granel, etc. Algunos de los factores a tener en cuenta en cuanto a la gestión de recursos son la ubicación del sitio del proyecto, el tipo y el tamaño al movilizar, utilizar y desmovilizar recursos. Incluye aspectos como la adquisición, manejo, almacenamiento y monitoreo de los bienes particulares,

así como personal, formación de equipos y perfeccionamiento de habilidades interpersonales.

Los recursos humanos que administran y ejecutan las actividades del proyecto manipulan otros recursos para construir el producto del proyecto. El volumen de recursos requerido y el tiempo requerido para su manipulación son factores claves para lograr los objetivos de tiempo y costo. Así, se planifican las tasas de productividad y las tasas de consumo de recursos activamente monitoreado y controlado.

Cuando el proyecto llega a la fase final, todos los recursos restantes (personas, equipos y materiales) son desmovilizados. La fase de desmovilización puede ser costosa y llevar mucho tiempo. Cuando no se tiene en cuenta durante las primeras etapas de la planificación del tiempo y costo del proyecto, la desmovilización puede convertir el resultado de un proyecto en un fracaso desde un punto de vista empresarial.

1.3.7 Gestión de las Comunicaciones del Proyecto

La eficiencia y la eficacia del proceso de construcción dependen en gran medida de la calidad de las comunicaciones. La Gestión de Comunicaciones del Proyecto se destaca por la complejidad y diversidad de las comunicaciones en entornos de construcción. En ella se distinguen diferentes niveles de comunicación que habitualmente operan dentro del entorno de la construcción; diferentes tipos y canales de comunicación, redes de comunicación, y medios de comunicación; se identifican retos de comunicación y preocupaciones corporativas; y se proporcionan pautas adicionales específicas de la industria para la gestión de las comunicaciones de proyectos de construcción.

Al formar parte de las actividades del Grupo de Proceso de Planificación, la planificación de las comunicaciones del proyecto es importante para el éxito del proyecto y debe realizarse en las primeras fases del diseño del proyecto de construcción. Algunas de las principales consideraciones en la planificación de la comunicación incluyen determinar cómo deben manejarse las solicitudes de información (RFI) e identificar qué información debe ser transmitida a los grupos de interés. También se deberá determinar cómo el grupo de procesos de ejecución y el monitoreo y control de las actividades de los grupos de procesos ayudan a garantizar la generación y distribución efectiva y eficiente de información.

1.3.8 Gestión de los Riesgos del Proyecto

La Gestión de Riesgos del Proyecto en la construcción aborda la posibilidad de que surjan eventos positivos y negativos entre otros, desde el proceso de diseño y construcción, los intereses de los diferentes interesados y el contexto del proyecto.

Dar respuesta a la planificación de los riesgos en proyectos de construcción es un proceso más complejo debido a la participación de subcontratistas. Una de las principales características específicas de la industria de los proyectos de construcción es el uso intensivo de productos de seguros como principal instrumento de transferencia de riesgo para manejar algunos de los pasivos. Todas las organizaciones, individuos o partes directamente o indirectamente involucrado con el proyecto deben evaluar y decidir las pólizas de seguro apropiadas para sus circunstancias.

El monitoreo y control de riesgos se debe desarrollar como parte del Grupo de Procesos de Monitoreo y Control de manera proactiva y continua durante el ciclo de vida del proyecto, particularmente para proyectos de construcción grandes o aquellos en ambientes dinámicos.

1.3.9 Gestión de las Adquisiciones del Proyecto

Los proyectos de construcción se basan casi en su totalidad en la contratación de acuerdos contractuales entre la multitud de vendedores y compradores, e incluyen la adquisición de capital y equipos y materiales para proyectos.

La construcción de una casa nueva solo puede tener uno o dos contratos vigentes; sin embargo, en grandes proyectos allí puede haber miles de contratos. De cualquier manera, la Gestión de Adquisiciones del Proyecto se centra en la planificación y ejecución de acuerdos contractuales bien definidos para ámbitos específicos de trabajo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Se necesita cuidado para asegurarse de que el material y el equipo adecuados se entreguen de manera oportuna. Planificación y ejecución para el esfuerzo de adquisición en muchas situaciones se superpondrá con los procesos de inicio del proyecto para ayudar al propietario con la definición del alcance preliminar y las actividades de desarrollo. Los resultados de este esfuerzo llevan a todas las demás adquisiciones para ingeniería, servicios de diseño y trabajos de construcción, con el fin de trasladar a contratistas, proveedores y consultores para alcanzar los objetivos del propietario.

El fundamento básico de que todos los proyectos son únicos es especialmente cierta en la construcción y se extiende a los diversos métodos

de entrega de proyectos y acuerdos contractuales. Se necesita atención especial durante la planificación y ejecución de los contratos de compra para asegurar que la experiencia y las habilidades correctas para el diseño y construcción de los componentes integrados estén satisfechas. Cuando se combina con la gran cantidad de contratistas requeridos para realizar el trabajo, la experiencia para la administración de contratos y la gestión se convierten rápidamente en los factores de control para un proyecto exitoso. Interpretar y comprender las condiciones generales y especiales de los contratos, tanto como obtener los documentos y los requisitos de informes asociados, son funciones vitales de la administración de contratos.

En el Grupo de Proceso de Cierre, a medida que la construcción llega a su fin, los entregables en todos los contratos se validan y todas las solicitudes de cambio pendientes, los pagos de progreso y las posibles disputas se resuelven.

1.3.10 Gestión de los Interesados del Proyecto

Las características únicas de los proyectos de construcción influyen en el número, el tipo y las funciones de los interesados del proyecto.

El Grupo de Procesos de Planificación discute las relaciones entre los interesados en un proyecto de construcción que se desarrollan con respecto a las disposiciones contractuales u otros documentos formales. La división de responsabilidades es considerada, y los impactos en las comunicaciones se incluyen en el plan de comunicación del proyecto.

El Grupo de Procesos de Ejecución enfatiza las relaciones entre las partes interesadas del proyecto y la importancia de las habilidades interpersonales de los miembros del equipo del proyecto al gestionar el compromiso de los interesados.

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control aborda la naturaleza temporal de algunas partes interesadas representadas y la necesidad resultante de monitorear el proceso para su reemplazo.

1.3.11 Gestión de Salud, Protección, Seguridad y Medio Ambiente (HSSE) del Proyecto

La seguridad del sitio y el acceso controlado son fundamentales en lugares de trabajo de construcción, así como la salud y bienestar de los empleados de la construcción, ya que estos afectan directamente la seguridad y el riesgo del proyecto de construcción.

Si bien HSSE es aplicable a todas las industrias, los peligros únicos en los proyectos de construcción intensifican la necesidad de medidas adicionales. El Grupo de Procesos de Planificación incluye una visión proactiva del cumplimiento de las políticas de salud, seguridad y medio ambiente. Además de la salud de los empleados y la seguridad del sitio, se incluye la salud, seguridad y protección integral ambiental. El plan de gestión se desarrolla para abordar a los interesados especializados, los requisitos de información, la documentación y registro de requisitos de almacenamiento, capacitación y requisitos gubernamentales adicionales.

El Grupo de Procesos de Ejecución implica la aplicación sistemática de planes en aspectos de salud, protección, seguridad y medio ambiente, mientras que el Grupo de Procesos de Monitoreo y Control se enfoca en emplear un método de auditorías, análisis, y mediciones para determinar la efectividad de los planes establecidos para cumplir con las normativas y requisitos del proyecto.

1.3.12 Gestión Financiera del Proyecto

Los gerentes de proyecto en construcción deben tener un conocimiento básico de los sistemas financieros y contables del proyecto; ser capaz de registrar y resumir las transacciones financieras del proyecto; analizar, verificar e informar los resultados; y proporcionar pronósticos financieros de efectivo según sea necesario.

En el Grupo de Procesos de Planificación, la planificación financiera como una actividad específica de la construcción, cubre las alternativas que pueden ser utilizadas para la planificación financiera de un proyecto de construcción. Se ofrecen pautas para la identificación de los requisitos financieros para proyectos de construcción, requisitos contractuales, asignación de riesgos y planificación fiscal.

El control financiero en el Grupo de Procesos de Monitoreo y Control se ejecuta de la manera más efectiva para asegurarse de que todos los artículos estén dentro del presupuesto y estén alineados con el pronóstico de efectivo financiero. Monitoreo financiero efectivo y el control se logra cuando los informes de progreso del proyecto se distribuyen regularmente. Informes financieros, financieros internos y las auditorías externas y los sistemas de contabilidad de proyectos son temas importantes que se tratan en esta sección.

2 BIM

2.1 Introducción

Para comenzar a introducir que es BIM es importante conocer el significado de sus siglas en Inglés: *Building Information Modeling*, que en español significa Modelado de la Información de la Construcción. Según Building Smart International (*buildingSMART alliance*®, 2010) es “una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción”.

La metodología BIM permite a través de un modelo único generar y gestionar datos mediante la creación de elementos constructivos. De esta manera cada uno de los agentes involucrados o *partes interesadas*, podrá revisar, interpretar y actuar sobre este modelo y compartir su aporte al proyecto con el resto de los agentes.

Con el método tradicional utilizado hasta el momento, hay una etapa de diseño y recién cuando es aprobada por el promotor se puede enviar a las distintas ingenierías para hacer sus cálculos y definir sus instalaciones, o enviarlo a la constructora para su posterior licitación. En cambio con esta metodología todos los intervinientes en el proyecto pueden trabajar de forma conjunta en un mismo modelo ahorrando tiempo y costes en búsqueda de mejores y mayores resultados, optimizando los recursos del proyecto.

Otro de los beneficios del sistema BIM es la gestión de los cambios: utilizando las herramientas CAD, al realizar un cambio en el proyecto es necesario modificar cada una de las planimetrías y revisar toda la documentación para que esté acorde con esa modificación, mientras que con BIM al realizar el cambio sobre el modelo, el propio sistema actualiza automáticamente esa información en toda la documentación (tanto 2D como 3D) en tiempo real.

Como se comentaba anteriormente, BIM cumple muchas funciones, la mayoría corresponde a la generación del edificio, a la etapa previa de su ejecución. Pero también, al finalizar la fase de construcción, BIM permite realizar la explotación del edificio, es decir, el operador de la instalación puede utilizar el modelo virtual con su información valiosa para la administración de activos, la planificación del espacio y la programación de mantenimiento para mejorar el rendimiento general de la instalación o un conjunto de instalaciones.

La tecnología BIM es, además, el vehículo para aplicar al proceso constructivo metodologías de trabajo eficientes como son Lean e IPD. A continuación se detallará cada una de ellas:

Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía *Lean*, todo lo que no es valor para el cliente es *muda* o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado, es decir, toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor.

Según *Lean Lexicon*, TPS (*Toyota Production System*) es un sistema de producción desarrollado por Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor).

A partir de este conocimiento surge el concepto *Lean Construction* que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno. *Lean Construction* trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema *Lean*.

El Lean Construction Institute (LCI) define así en su página web (*Lean Construction Institute, 2019*) el término *Lean Construction*: “*Lean Construction* es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto - una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción *Lean* ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, *Lean* cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. *Lean Construction* se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto.

IPD (Integrated Project Delivery) traducido al español significa entrega del proyecto integrado y es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de

todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción. (Juan Felipe Pons Achell, 2014)

Los principios del IPD se formalizan mediante un “Contrato multiparte” en el que se integran los principales agentes del Proyecto. Estos contratos permiten integrar de una manera más eficaz la metodología BIM, ya que tanto el Arquitecto como el Contratista trabajan de manera conjunta y colaborativa desde fases iniciales del Proyecto (*buildingSMART alliance®*, 2010). La diferencia de este sistema con la metodología que se quiere proponer es que en este trabajo colaborativo todos los agentes tienen la misma participación, asumiendo los riesgos y los beneficios desde un principio.

La importancia de esta tecnología es el proceso de simulación constructiva que permite definir el proyecto de forma exacta y precisa, otorgando así mayor calidad, control de costes, reducción de residuos de construcción y mejoras tangibles de tiempo de desarrollo.

Sin embargo, también ha habido ejemplos de proyectos en los que el equipo no planificó de manera efectiva la implementación de BIM e incurrió en mayores costos para los servicios de modelado, programó retrasos debido a la información faltante y poco o ningún valor agregado. La implementación de BIM requiere una planificación detallada y modificaciones fundamentales del proceso para que los miembros del equipo del proyecto logren con éxito el valor de la información del modelo disponible.

2.2 Procesos Tradicionales y Procesos Colaborativos

Antes de la llegada de BIM, la construcción se organizaba de forma individualista: cada miembro del proyecto se ocupaba de su interés, dejando al proyecto en segundo plano. A su vez la falta de coordinación entre los agentes intervinientes generaban ineficiencias en el proyecto, generando mayores costes y prolongando los plazos (Figura 2).

PROCESO TRADICIONAL



Figura 2. Proceso Tradicional. Elaboración Propia

Con la llegada de BIM se realiza una construcción virtual anterior a la construcción real, reconociendo los posibles riesgos del proyecto con anterioridad para poder dar a dicho problema detectado una solución menos costosa que en obra. BIM posibilita una detección de conflictos en la fase virtual del proyecto, eliminando desperdicios y tareas improductivas (*Lean Construction*), gracias en parte al aumento de la comunicación, la transferencia de conocimientos y la integración de agentes (*IPD, Integrated Project Delivery*). (Reyes; Cordero; Candelario, 2016)

La información compartida en fases tempranas del diseño del proyecto aumenta la calidad y facilita la construcción de las obras (Figura 3).

PROCESO COLABORATIVO

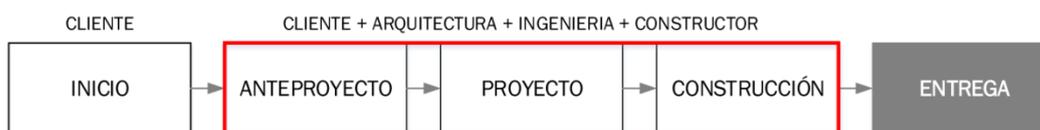


Figura 3. Proceso colaborativo. Elaboración propia.

En el esquema se puede ver claramente que en el proceso tradicional cada fase es liderada por un equipo mientras que en el proceso colaborativo todos los agentes participan del proceso de desarrollo del proyecto.

Las principales ventajas que proporciona realizar un proyecto mediante la tecnología BIM (Reyes; Cordero; Candelario, 2016) son:

- Se trabaja en un prototipo virtual con elementos constructivos que luego se materializarán en la obra con sus materiales concretos y detalles constructivos.
- Se crean los elementos en tiempo real, actualizándose en las distintas ventanas del programa permitiendo trabajar en 2D y 3D al mismo tiempo.
- Permite la coordinación entre los distintos participantes del proyecto y la verificación instantánea de sus tareas.
- Se pueden analizar las interferencias entre los distintos elementos del modelo, pudiendo así adelantarse a la realidad y evitar mayores problemas en la obra.
- Se pueden realizar simulaciones en las fases de obra.
- Se puede obtener un modelo As-Built al final de la construcción que permite gestionar el mantenimiento del edificio.

- Se puede obtener una representación gráfica del edificio de muy buena calidad satisfaciendo las necesidades de las partes involucradas del proyecto.
- Disminución de decisiones en obra porque fueron tomadas durante la fase de proyecto.
- Mayor tiempo de desarrollo del proyecto BIM porque se obtiene el modelo con todos los detalles que se incorporarán luego en la obra.
- Reducción de costo de materiales
- Capacidad de cambio y actualización a las nuevas tecnologías que trabajan con BIM.
- Capacidad de consultar con los datos que contiene el modelo virtual.

Todas estas ventajas son posibles dado que BIM es una gran base de datos. Dentro de los datos más importantes que suelen incluirse se encuentran:

- Información Medioambiental
- Información Técnica
- Información propietarios
- Información Financiera
- Información Geoespacial
- Información Legal
- Información Energética
- Información Específica

Los tres principales pilares en los que se basa un proyecto BIM son:

Procesos: debe haber una modificación en los procesos habituales para lograr el éxito de la aplicación BIM. Estos cambios pueden ser desde la Innovación donde se plantea un cambio radical en la organización; o a través de la mejora continua realizando pequeños cambios usando las herramientas y procesos actuales para obtener pequeñas mejoras.

Tecnología: es importante determinar previamente a la utilización de BIM en que medida esta tecnología mejora la forma de trabajo habitual para así poder decidir cuál de todas ellas implementar. Para ello hay tres enfoques que ayudan a seleccionar la herramienta más adecuada para la empresa:

- Apilamiento o *pile on*: incorporar la nueva herramienta en el trabajo a realizar sin eliminar las antiguas herramientas, de esta forma, si la herramienta obtiene buenos resultados se puede seguir utilizando hasta que las anteriores caigan en desuso.
- Intercambio o *swap out*: se reemplaza una tecnología por otra mejor. Se debe estudiar previamente las ventajas y desventajas de la nueva herramienta antes de su implementación ya que se deben modificar también los flujos de trabajo asociados y no siempre están disponibles.
- Lo primero el proceso o *Process first*: el equipo de trabajo analiza el proceso actual de la empresa y revisa como puede mejorar dicho proceso con la tecnología disponible.

Comportamiento: es fundamental para adoptar este tipo de tecnología estar abierto al cambio.

Si bien hemos visto que BIM tiene muchísimas ventajas con respecto a otros sistemas, una de las más importantes es el hecho de ahorrar costes y cumplir con la programación. Este concepto se obtiene a partir de la curva de *MacLeamy* (Figura 4) donde se ve claramente que al realizar la toma de decisiones sobre el diseño en una fase temprana del proyecto, permite influir positivamente en los resultados disminuyendo la capacidad de impactar sobre el coste y la funcionalidad, logrando así mejorar la productividad.

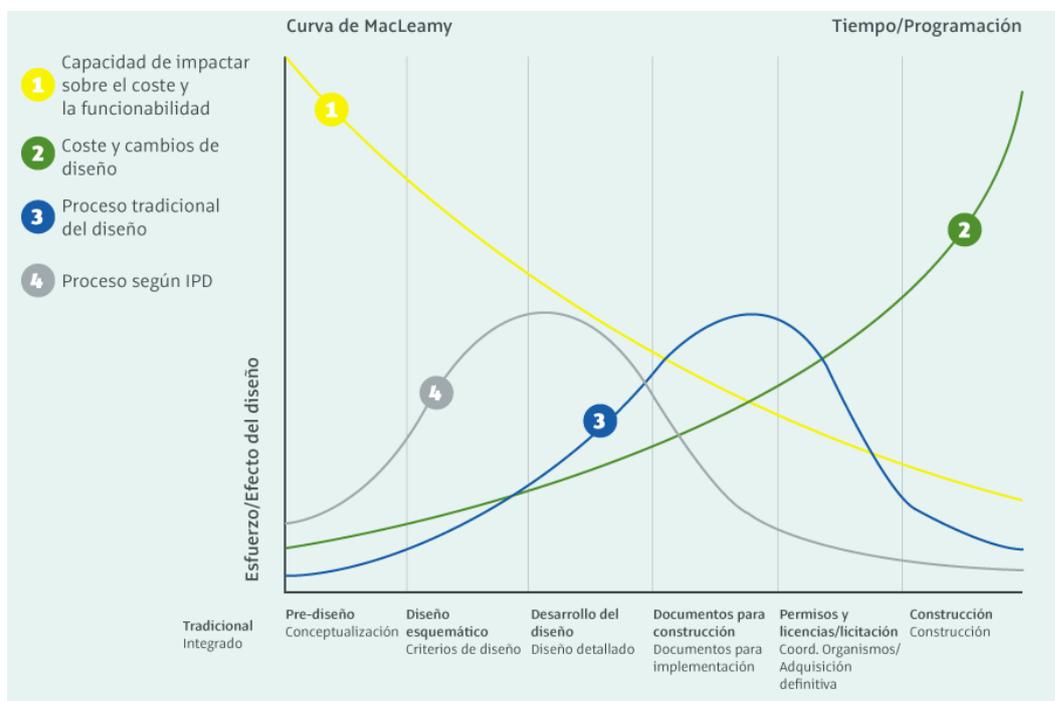


Figura 4. Curva de MacLeamy. Fuente.(AIA, 2007)

Si bien el uso de la tecnología en la construcción se viene utilizando hace varios años, hay una gran diferencia entre flujo de trabajo de BIM y el flujo de trabajo de los sistemas de diseño asistido por computadora 2D CAD. Como se puede ver en la Figura 5 el mayor volumen de trabajo con la tecnología BIM se realiza en la fase de diseño mientras que, el proyecto tradicional, gran parte del trabajo lo dedica a la documentación de construcción haciendo más ineficiente al proceso.

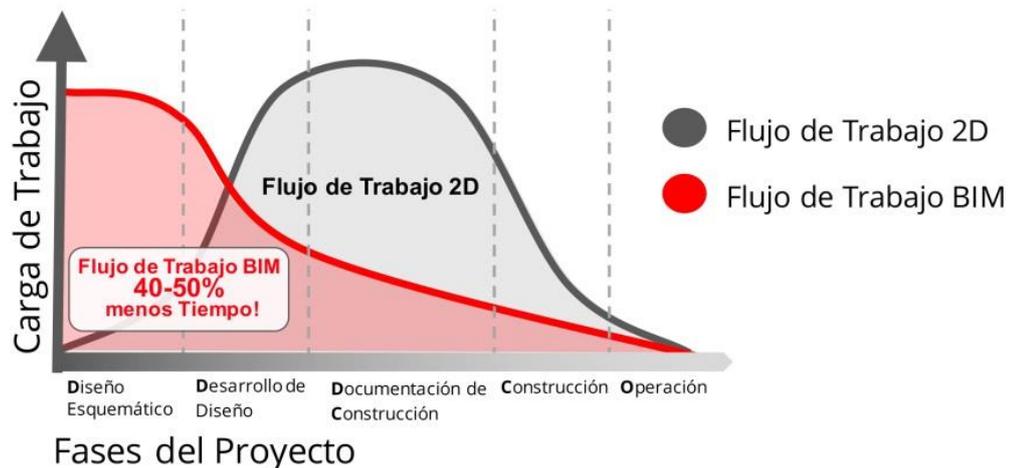


Figura 5. Comparativa flujo de trabajo BIM frente a la tecnología CAD. **Fuente.** (Portal Ondac, 2019)

En el siguiente apartado se desarrollará el procedimiento estructurado para crear e implementar un Plan de Ejecución del Proyecto BIM.

2.3 Metodología BIM

El modelado de información de edificios (BIM) es un proceso centrado en el desarrollo, uso y transferencia de un modelo de información digital de un proyecto de edificio para mejorar el diseño, la construcción y las operaciones de un proyecto o cartera de instalaciones. El Comité Nacional de Normas de Modelado de Información de Construcción (NBIMS) (Pennsylvania State University, 2010) define BIM como:

“... Una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Un BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida; Definido como existente desde la concepción más antigua hasta la demolición. Una premisa básica de BIM es la colaboración entre diferentes partes interesadas en diferentes fases del ciclo de vida de una instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar

información en el BIM para respaldar y reflejar los roles de esa parte interesada”.

La implementación de BIM requiere una planificación detallada y completa del proceso para que los miembros del equipo del proyecto logren con éxito el valor de la información del modelo disponible. Para ello es necesario que el equipo identifique selectivamente las áreas de implementación de BIM, los usos específicos y el nivel necesario para maximizar el valor y minimizar el costo y el impacto de la implementación de la metodología.

Para comenzar es importante que el equipo desarrolle un plan de ejecución detallado para la implementación de BIM: BIM Execution Plan (BEP) o "Plan BIM". El plan de ejecución del proyecto BIM describe desde la visión general hasta los detalles de la implementación que el equipo debe seguir a lo largo del proyecto. El Plan BIM comienza al inicio del proyecto pero continuará desarrollándose a medida que se agregan participantes al proyecto, monitoreando, actualizando y revisando según sea necesario durante la fase de implementación del proyecto. El plan debe definir el alcance de la implementación BIM en el proyecto, identificar el flujo del proceso para las tareas BIM, definir los intercambios de información entre las partes y describir el proyecto requerido y la infraestructura de la compañía necesaria para respaldar la implementación.

La guía desarrollada por buildingSMART Alliance (Pennsylvania State University, 2010) describe un procedimiento de cuatro pasos para desarrollar un plan BIM detallado:

1. Identificar los objetivos y usos BIM apropiados en un proyecto
2. Diseñar el proceso de ejecución de BIM
3. Definir los entregables de BIM
4. Identificar la infraestructura de apoyo para implementar con éxito el plan.

2.3.1 Identificar los objetivos y usos BIM

El primer paso para desarrollar un plan de ejecución del proyecto BIM es definir claramente los objetivos generales para la implementación de BIM tanto para el proyecto como para los miembros del equipo. Los objetivos deben ser específicos para el proyecto en cuestión, alcanzables y medibles, para lograr así mejorar los procesos de planificación, el diseño, la construcción y las operaciones de la instalación. Estos objetivos además de

cumplir con las demandas del proyecto deben ayudar con el desempeño general del proyecto: reducir la duración del cronograma, reducir los costes del proyecto y aumentar la calidad del proyecto.

Luego se deberá identificar los usos BIM más apropiados en función de los objetivos del proyecto y del equipo. Un uso BIM es una tarea o procedimiento único en un proyecto que puede beneficiarse de la integración de BIM en ese proceso. Como se ve en la Figura 6 la buildingSMART Alliance (*buildingSMART alliance*®, 2010) ha identificado veinticinco usos comunes para BIM a través del análisis de estudios de caso de proyectos, entrevistas con expertos de la industria y revisión de literatura.

Los mismos proporcionan una buena representación de los usos actuales de BIM dentro de la industria, entre ellos los diseños de autor, la fase de planificación (modelado 4D), la estimación de costes (modelado 5D), la gestión del espacio y el modelado final.

El equipo debe identificar y priorizar los usos BIM apropiados que hayan identificado como beneficiosos para el proyecto. Es importante comprender que algunos objetivos pueden estar relacionados con usos específicos, mientras que otros pueden no tenerlos.

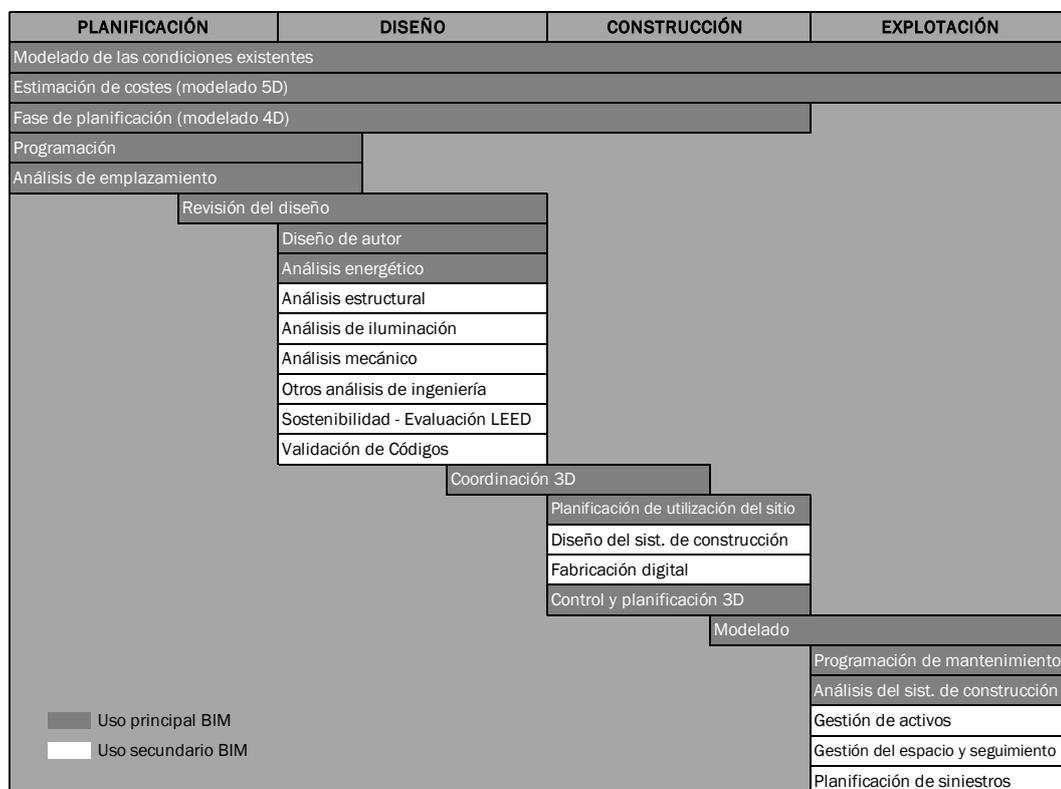


Figura 6. Usos BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio. **Fuente.** BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

Usos BIM

En la siguiente Tabla se representa cada uno de los usos BIM, según el tipo de uso, si es principal o secundario, y la descripción del mismo.

USO BIM	TIPO DE USO	DESCRIPCIÓN
Modelado de las Condiciones Existentes	Principal	Desarrolla un modelo 3D del lugar, el entorno con las condiciones topográficas, ambientales, edificaciones existentes, lo más parecido a la realidad.
Estimación de costes (Modelado 5D)	Principal	Permite estimar los costes según se va realizando el proceso de diseño, permitiendo valorar diferentes opciones para la toma de decisiones.
Fase de planificación (Modelado 4D)	Principal	Permite simular la construcción en tiempo real, planificar la fase de ocupación, obtener los costes durante la ejecución, utilizar como herramienta de visualización por parte del equipo de trabajo o con el cliente.
Programación	Principal	Estudia y analiza los diferentes espacios diseñados durante el proyecto en relación a las necesidades solicitadas por el cliente.
Análisis del emplazamiento	Principal	Determina la posición óptima para el proyecto según los requisitos tanto técnicos como económicos.
Revisión de diseño	Principal	Evalúa si el modelo 3D cumple con los requisitos y objetivos iniciales que se plantearon por parte de la propiedad.
Diseño de autor	Principal	Genera el modelo BIM según los requisitos del cliente a partir de un software de modelado. En una primera instancia es utilizado para la creación del diseño mientras que en la segunda se utiliza para análisis y cálculo.
Análisis energético	Principal	Analiza y realiza simulaciones del modelo 3D permitiendo conocer el comportamiento del edificio bajo el mismo entorno al que se enfrentará en la realidad.

USO BIM	TIPO DE USO	DESCRIPCIÓN
Análisis estructural	Secundario	Se trabaja con el modelo analítico estructural para optimizar el diseño estructural, logrando obtener un modelo estructural eficiente y construible.
Análisis de iluminación		
Análisis mecánico		
Análisis Técnico	Secundario	Analiza las distintas instalaciones permitiendo conocer el estado de consumo del activo.
Sostenibilidad	Secundario	Estudia el modelo BIM bajo los parámetros LEED y todos los criterios de sostenibilidad definidos por el equipo de diseño.
Validación de códigos	Secundario	Comprueba si el modelo cumple según los códigos y normativas vigentes en cumplimiento con la ley.
Coordinación 3D	Principal	Verifica la posición de cada elemento en el modelo original, en especial se utiliza para la detección de colisiones entre la parte de arquitectura, estructura y MEP.
Planificación de utilización del sitio	Principal	Estudia la manera en que se va a gestionar el lugar donde se ubicará el proyecto desde el comienzo hasta el final del proceso constructivo.
Diseño del sistema de construcción	Secundario	Estudia con gran detalle el proceso constructivo o detalle constructivo, mediante la maqueta virtual, pensando y optimizando cada solución constructiva antes de llevarla a cabo.
Fabricación digital	Secundario	Produce información modelizada que es clave para la fabricación de elementos constructivos o materiales.
Control y planificación 3D	Principal	Verifica la posición de los elementos generados en el modelo, ayudando a la supervisión y verificación de los mismos.

USO BIM	TIPO DE USO	DESCRIPCIÓN
Modelado	Principal	Representa virtualmente el edificio al completo, conteniendo la información relativa a la arquitectura, estructura y MEP.
Programación de Mantenimiento	Principal	Garantiza un correcto mantenimiento del edificio para reducir el número de reparaciones luego de su finalización.
Análisis del sistema de construcción	Principal	Estudia el comportamiento de consumo del modelo y el consumo real a partir de las instalaciones proyectadas y los elementos constructivos como fachadas ventiladas, renovaciones de aire.
Gestión de activos	Secundario	Permite analizar virtualmente la eficiencia de un edificio existente optimizando su mantenimiento y gestión.
Gestión del espacio y seguimiento	Secundario	Permite analizar, gestionar y distribuir los espacios más adecuados con el uso establecido en el proyecto.
Planificación de siniestros	Secundario	Facilitar la documentación acerca del edificio a los servicios de emergencia minimizando el riesgo a las personas por contar con la información previamente.

Tabla 1. Descripción de Usos BIM. Elaboración propia.

2.3.2 Diseñar el Proceso de Ejecución BIM

Una vez finalizada la fase de identificar los usos BIM, se debe realizar un procedimiento de mapeo de procesos para planificar la implementación BIM. Primero se desarrolla un *mapa general* que muestra la secuencia y la interacción entre los principales usos BIM en el proyecto (Figura 7). Esto permite comprender claramente a todos los miembros del equipo el proceso BIM general, identificar los intercambios de información que se compartirán entre múltiples partes y definir claramente los distintos procesos que se realizarán para los usos BIM identificados.

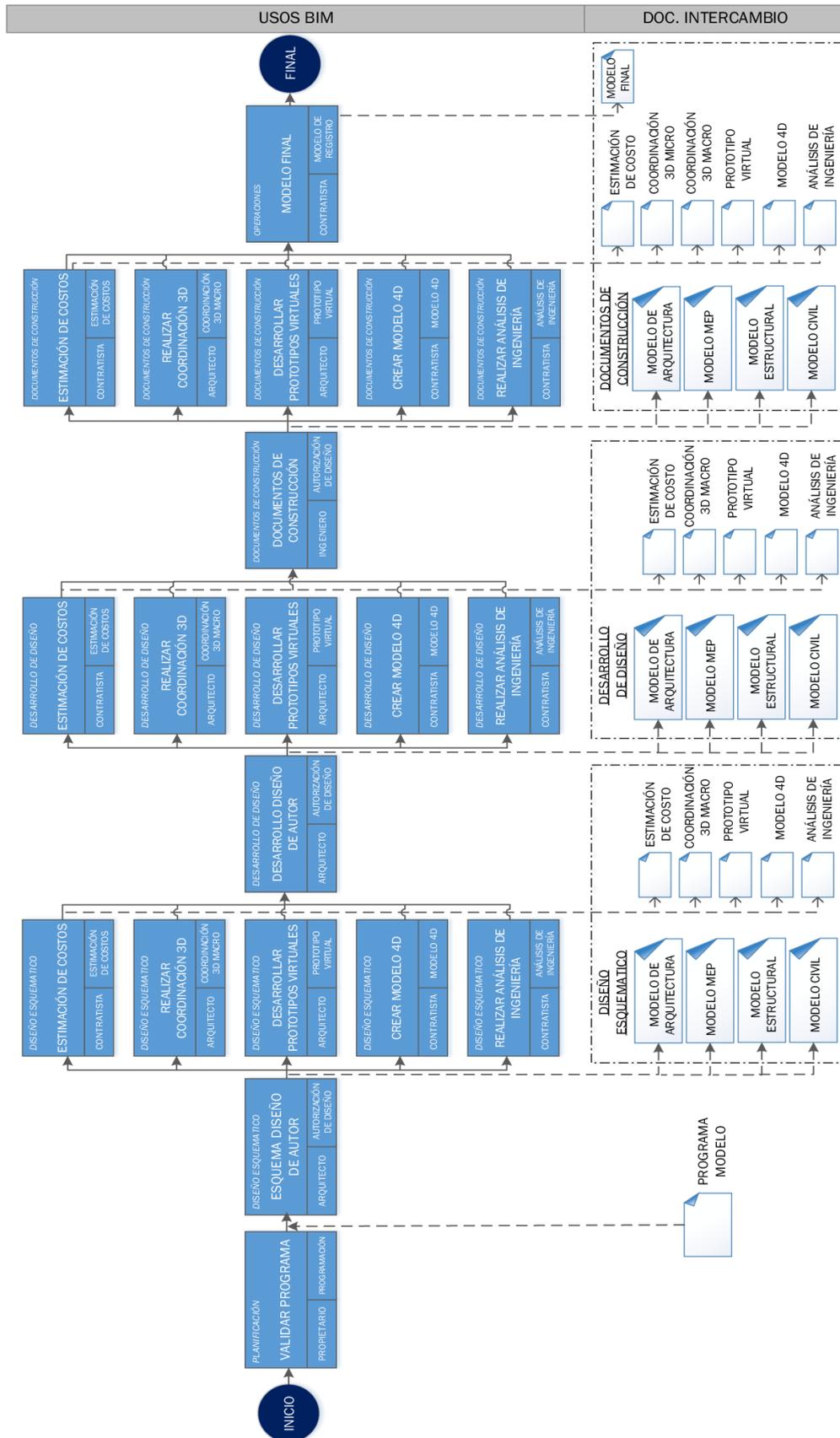


Figura 7. Proceso de la planificación BIM - Mapa General. Fuente. BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

Uno de los propósitos del Mapa de información general es identificar la fase para cada uso BIM (por ejemplo, Planificación, Diseño, Construcción u Operación) y proporcionar al equipo la secuencia de implementación. Para fines simplistas, los usos BIM deben estar alineados con el programa de entregables BIM.

Se deben identificar claramente las partes responsables de cada proceso. Para ello se deberá seleccionar al miembro del equipo más capacitado para realizar dicha tarea quien será el responsable de definir claramente la información requerida para implementar el proceso, así como la información producida por el proceso. Algunos procesos pueden tener múltiples partes responsables.

Como se puede ver en la Figura 8, cada proceso debe incluir el nombre del proceso, la fase del proyecto, la parte responsable y el "Mapa detallado" al que pertenece el proceso. Esta notación detallada del mapa se utiliza ya que varios procesos pueden compartir el mismo mapa detallado.



Figura 8. Notación del mapa de proceso. **Fuente.** BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

En la Figura 9 se visualiza como los intercambios que se originan en un cuadro de proceso son intercambios que son *internos* a un proceso como por ejemplo, si se está realizando una coordinación 3D se obtendrá los modelos de las distintas ingenierías que intervienen en el proyecto. Los intercambios que se originan o fluyen en la línea de secuencia son intercambios *externos* que se comparten entre procesos de alto nivel, por ejemplo, el modelo de arquitectura, el modelo estructural, etc.

Después de desarrollar el mapa general, los miembros del equipo deben crear un *Mapa de proceso detallado* para cada Uso BIM identificado, que definirá claramente la secuencia de los distintos procesos que se realizarán dentro de ese Uso BIM. Como cada proyecto y empresa es único, estos mapas de procesos de plantilla deberán ser personalizados por los equipos del proyecto para lograr los objetivos del proyecto y de la organización.

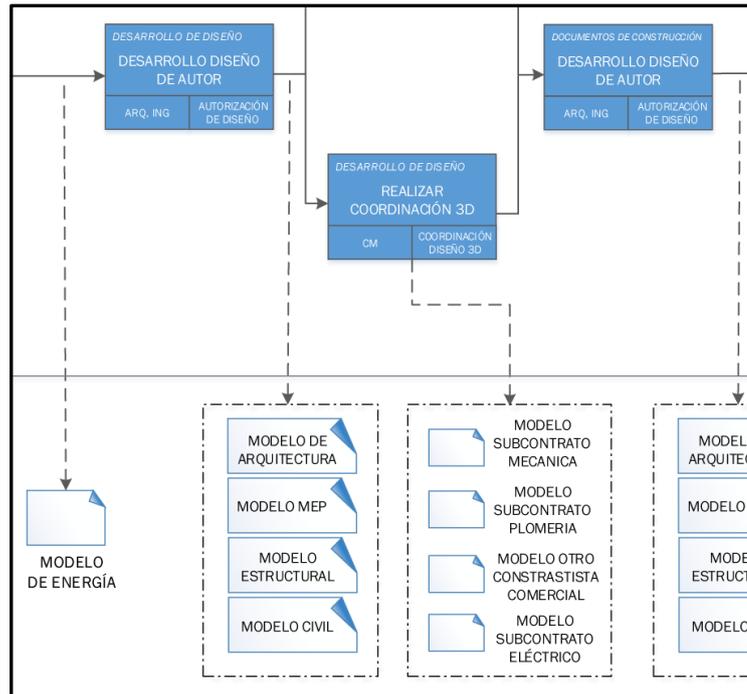


Figura 9. Sector ampliado del mapa de proceso. **Fuente.** BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

Un Mapa de proceso de uso BIM detallado (Figura 10) incluye **tres categorías de información** que se representan en el lado izquierdo del mapa de proceso y los elementos se incluyen en las líneas horizontales (denominadas "carriles" en la notación de mapeo BPMN):

1. Información de referencia: recursos de información estructurados (empresariales y externos) necesarios para ejecutar un uso BIM.

2. Proceso: una secuencia lógica de actividades que constituyen un uso BIM particular.

3. Intercambio de información: los entregables BIM de un proceso que pueden ser necesarios como un recurso para procesos futuros.

Como se ve en la Figura 11 se pueden añadir puertas de verificación de objetivos en puntos de decisión importantes en el proceso para garantizar que se cumplan los entregables o resultados de un proceso. En función de la decisión tomada se modificará la ruta del proceso.

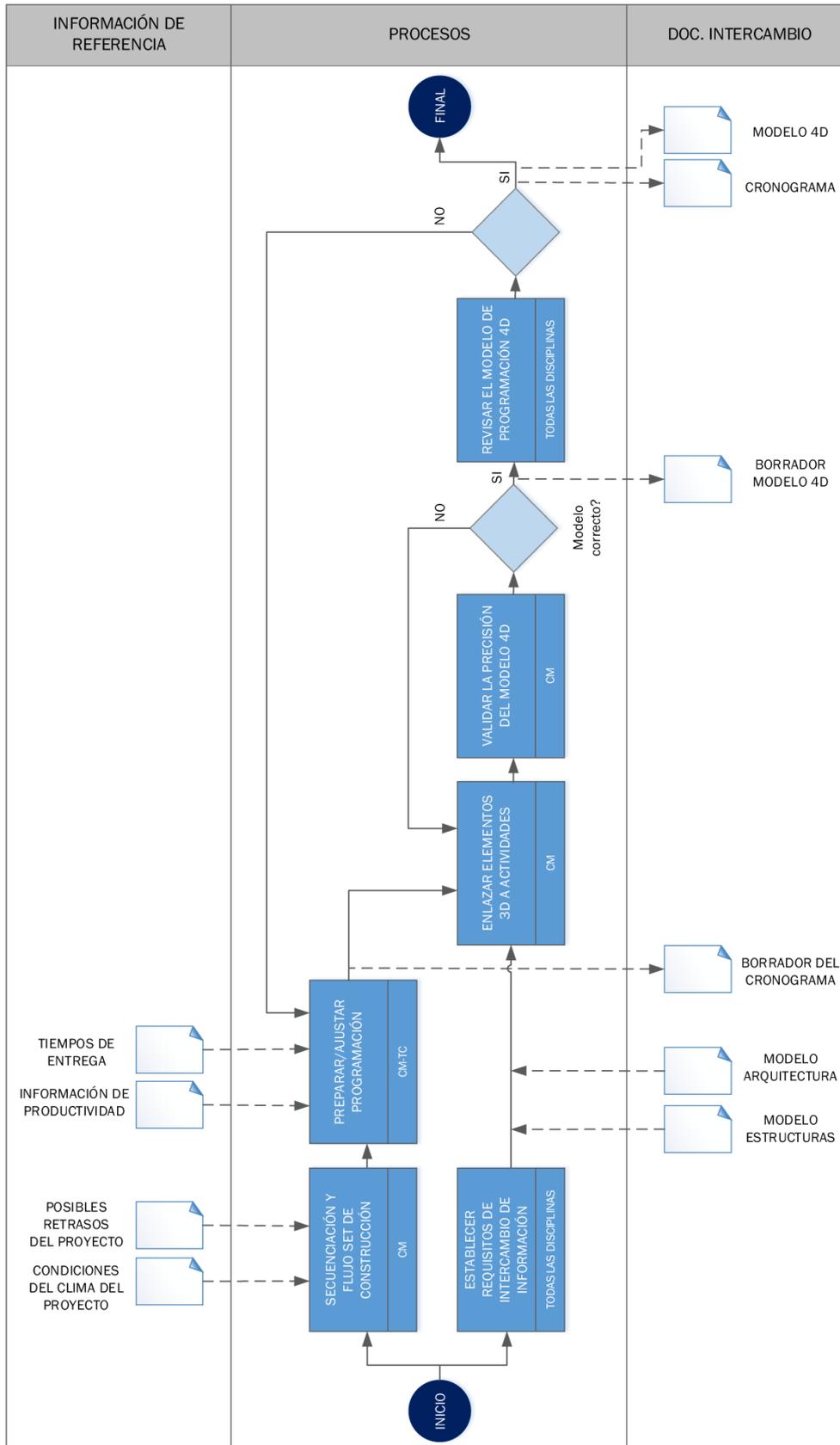


Figura 10. Esquema Mapa de Proceso de uso BIM detallado - Modelado 4D. Fuente. BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

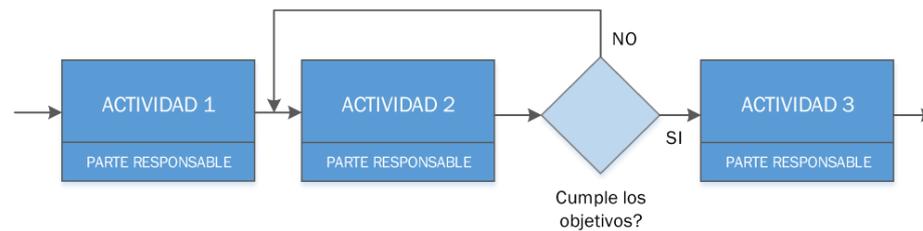


Figura 11. Ejemplo verificación de objetivos. **Fuente.** BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

A lo largo del proyecto, los mapas detallados del proceso deben actualizarse periódicamente para reflejar los flujos de trabajo reales implementados en el proyecto. Además, una vez finalizado el proyecto, puede ser útil revisar los mapas del proceso para comparar como lecciones aprendidas el proceso real utilizado en comparación con el proceso planificado y así luego ser utilizados en proyectos futuros.

2.3.3 Definir los Entregables de BIM

Una vez que se hayan desarrollado los mapas de los procesos correspondientes, se deben identificar claramente los intercambios de información que se producen entre los participantes del proyecto, en particular el autor y el receptor de cada transacción de intercambio de información, para que comprendan claramente el contenido de la información.

Para definir estos intercambios (Figura 12), el equipo debe comprender qué información es necesaria para entregar y definir solo los componentes del modelo que son necesarios para implementar cada uso BIM. Un uso de BIM puede tener múltiples intercambios; sin embargo, para simplificar el proceso, solo se necesita un intercambio para documentar cada Uso.

Es responsabilidad del equipo del proyecto decidir quién debe ser el autor de esta información y cuándo se debe colocar esta información en el BIM y definir un requisito de intercambio de información para cada uso BIM.

Después de que el equipo del proyecto haya establecido los Intercambios de información (Information Exchange), el equipo debe seleccionar una estructura de desglose de elementos para el proyecto.

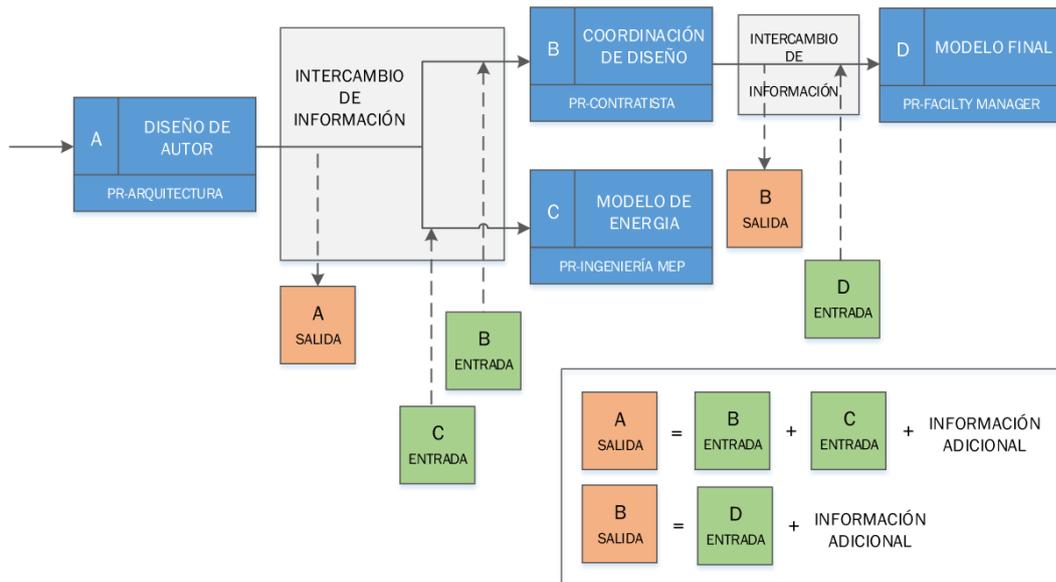


Figura 12. Intercambio de información proceso BIM. **Fuente.** BIM Project Execution Plan (Pennsylvania State University, 2010)

2.3.4 Identificar la infraestructura de apoyo para implementar con éxito el plan

El paso final en el Procedimiento de planificación de la ejecución del proyecto BIM es identificar y definir la infraestructura del proyecto necesaria para implementar efectivamente BIM según lo planificado. Como se puede ver en la Tabla 2 se distinguen catorce categorías específicas que apoyan el proceso de ejecución del proyecto BIM.

Cuando esté completo, el plan BIM se deberá abordar cada una de las siguientes categorías:

PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS BIM	
CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Descripción general del plan de ejecución BIM	Se debe documentar la razón por la cual se decidió generar un plan de ejecución BIM y se deberá incluir la información como una declaración de misión BIM y otra información a nivel de resumen ejecutivo.
Información del proyecto	El plan debe incluir la información más crítica del proyecto, como pueden ser los números de proyecto, la ubicación del proyecto, la descripción del proyecto y las fechas críticas del cronograma para poder consultarlas y revisarlas según las necesidades.

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Contactos clave del proyecto	Es importante tener información de contacto con el personal clave del proyecto, por ello se debe identificar al menos un representante de cada parte interesada involucrada. Toda la información de contacto debe recopilarse, intercambiarse y, cuando sea conveniente, publicarse en un portal web compartido de gestión de proyectos de colaboración.
Objetivos del proyecto BIM/Usos BIM	El equipo debe definir los objetivos y los usos específicos para BIM en el proyecto en la primera etapa de planificación. El plan debe incluir una lista clara de los objetivos BIM, la Hoja de trabajo de análisis de uso de BIM, así como información específica sobre los usos BIM seleccionados.
Roles/personal	Se debe definir el (los) coordinador (es) del proceso de planificación y ejecución de BIM durante toda la vida útil del desarrollo del proyecto hasta obtener sus entregables.
Diseño del proceso BIM	Se debe ilustrar claramente el proceso de ejecución mediante el uso de mapas de proceso que proporcionan un plan detallado para la implementación de cada uso BIM. Estos también definen los intercambios de información específicos para cada actividad, construyendo las bases para todo el plan de ejecución.
Intercambios de información BIM	Los elementos del modelo y el nivel de detalle requerido para implementar cada uso BIM deben estar claramente definidos en los requisitos de intercambio de información. Los modelos del proyecto no necesitan incluir todos los elementos del proyecto, pero es importante que el equipo defina los componentes del modelo y los entregables específicos de la disciplina para maximizar el valor y limitar el modelado innecesario del proyecto.
Requisitos de BIM y datos de la instalación	Es importante que el plan documente los requisitos BIM específicos del propietario para que el equipo sea consciente de ellos y puede planificar en consecuencia para cumplirlos.

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Procedimientos de colaboración	El equipo debe desarrollar sus procedimientos electrónicos y de actividades de colaboración para gestionar el modelo (modelos de salida, los procedimientos de revisión, etc.) y las acciones y agendas estándar de la reunión. El equipo debe planificar los métodos de comunicación, la gestión y transferencia de documentos y el almacenamiento de registros, entre otros.
Control de calidad del modelo	Se debe definir un procedimiento para garantizar que todos los participantes del proyecto cumplan con los requisitos definidos y que deben desarrollarse y monitorearse a lo largo del proyecto. La documentación que confirma que se realizó un control de calidad puede ser parte de cada envío o informe BIM. El administrador BIM debe ser el que confirme la calidad del modelo después de que se hayan realizado las revisiones.
Necesidades de infraestructura tecnológica	El equipo debe determinar la infraestructura de hardware, plataformas de software, licencias de software, redes y contenido de modelado necesario para trabajar en el proyecto.
Estructura del modelo	Debido a la gran cantidad de recursos y participantes en el proyecto, el equipo debe especificar desde el comienzo los métodos para garantizar la precisión y la exhaustividad del modelo, siendo el mismo estándar de trabajo para todo el equipo, logrando así llegar a un consenso sobre cómo se crea, organiza, comunica y controla el modelo.
Entregables del proyecto	Se deben documentar los entregables según los requisitos y solicitudes del propietario detallando así la fase de entrega del proyecto, la fecha de entrega y cualquier otra información específica que se deba considerar sobre el entregable.

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Contratación y entrega del modelo	Antes que comience el proyecto es importante definir la metodología de contratación así como las condiciones relativas al modelo y su posterior recepción por parte del propietario. Si bien generalmente un enfoque integrado produce los mejores resultados para el proyecto, no es posible en todos los casos. Esto podría ser debido a una serie de razones. Además, es posible que el tipo de contrato y el método de entrega ya hayan sido seleccionados antes de que se lleve a cabo la planificación BIM. Igualmente BIM se puede implementar con éxito dentro de todos los métodos de entrega.

Tabla 2. Tabla de categorías Plan de Proyecto BIM. Elaboración propia.

2.4 Implementación de BIM

Durante la última década, la metodología BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas. La implementación de la metodología a nivel internacional fue liderada por los países nórdicos y el mundo anglosajón. Noruega implementó la metodología directamente para la obra civil logrando así una optimización del sistema vial del país, mientras que en Reino Unido su implementación es obligatoria para proyectos de obra pública desde 2013 y cualquier tipo de proyecto desde 2016.

Cada país fue creando sus propias normas o estándares BIM regidos por diversas organizaciones como Building Smart Alliance (*buildingSMART alliance*®, 2010), que es una de las más importantes organizaciones en el desarrollo y difusión del BIM.

En la Figura 13 se muestra la implementación de la tecnología BIM en todo el mundo hasta el 2016.

Esta metodología no es obligatoria en Europa, sin embargo el Parlamento Europeo emitió una directiva en 2014 por la cual instaba a los 28 países miembro de la Unión a implementar la metodología BIM en todos aquellos proyectos constructivos de financiación pública

En España, el Ministerio de Fomento creó en 2015 la Comisión Nacional es.BIM (es.BIM, 2019), que analizó cómo se debía implementar BIM en el sector y como introducirlo en las licitaciones públicas. Finalmente se

estableció el uso de BIM obligatorio para toda licitación pública en dos fases: 17 de diciembre de 2018 en el caso de Licitaciones Públicas de Edificación, ampliándose el 26 de julio de 2019 para Licitaciones Públicas de Infraestructuras.

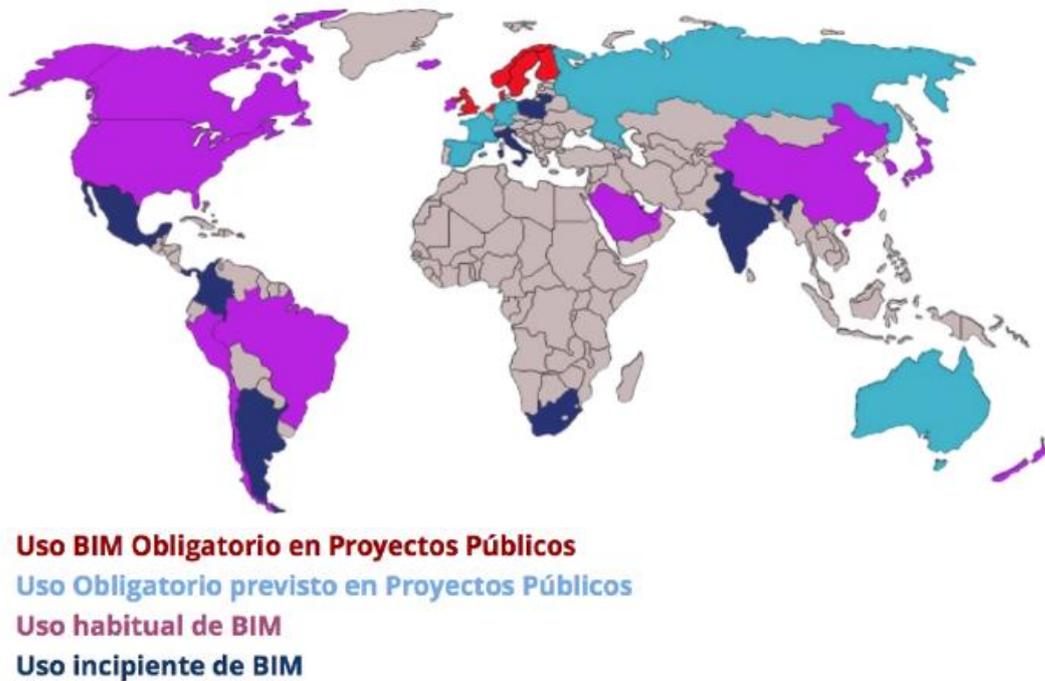


Figura 13. Mapa de Implantación BIM 2016. **Fuente.** (*buildingSMART alliance*®, 2010).

Dentro de los Objetivos 2020, se estableció que los equipamientos e infraestructuras públicas de proyectos de obra nueva y rehabilitación deberán ser presentados en BIM (BIMnD, 2019).

Con esta propuesta se busca principalmente conseguir un aumento de la productividad del sector y reducir los costes a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. Mantenerse actualizado con las últimas tendencias internacionales, permite aumentar la calidad y transparencia de la información.

Para poder llevar a cabo estos objetivos, se establece un Plan de Acción con las siguientes tareas principales:

- Promoción de la estandarización y el uso.
- Estudio del alcance de BIM mediante la realización de proyectos piloto.

Se potencia la elaboración de estándares de uso BIM nacionales que favorezcan un uso homogéneo BIM.

2.5 BIM y softwares

Es muy importante aclarar que BIM no es un software pero sí se sirve de ellos. BIM es la tecnología, una maqueta digital que conforma una gran base de datos y permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de la misma, mientras que los softwares son las herramientas que nos permiten crear el modelo e intercambiar la distinta información del mismo.

Un modelo virtual se desarrolla para unos objetivos acordados previamente por lo que es necesario antes de arrancar a modelar definir una estrategia de modelado según las necesidades del proyecto, decidiendo así que software conviene utilizar y que se modela y que no.

Existen diferentes softwares para diferentes usos por lo que se desarrolló una plataforma de interoperabilidad entre los distintos softwares con el fin que no existan programas aislados en los que se exportan/importan archivos. Este intercambio entre plataformas se conoce como Open BIM y permite el intercambio de información en formatos abiertos IFC (*Industry Foundation Classes*).

La potencia de esta tecnología reside en la transferencia de estas bases de datos desde unos softwares a otros, realizando en cada una de las aplicaciones informativas un tratamiento distinto de la información y aportando valor al proyecto.

En el próximo apartado se hará un análisis mediante una tabla con aquellos Usos BIM que más benefician a las Áreas de Conocimiento del PMBOK.

2.6 Análisis de Usos BIM aplicados a las Áreas de Conocimiento

A partir del análisis de cada uno de los usos BIM se desarrolló la siguiente tabla con el objetivo de analizar cuáles son aquellos usos BIM que pueden beneficiar a las áreas de conocimiento del PMBOK (Tabla 3). En la primera columna de la tabla se pueden ver los veinticinco usos BIM desarrollados anteriormente. En la columna siguiente se encuentra el tipo de uso, donde se identificará con una P aquellos usos que son principales y con una S los que son secundarios. En el resto de las columnas aparecen todas las áreas de conocimiento del Construction Management. Según la descripción de los usos BIM se coloca una X en aquellas áreas que se ven mayormente beneficiadas con el uso de la metodología.

USO BIM	TIPO DE USO	INTEGRACIÓN	ALCANCE	CRONOGRAMA	COSTE	CALIDAD	RECURSOS	COMUNICACIÓN	RIESGO	ADQUISICIÓN	INTERESADOS	HSSE	FINANCIERO
Modelado de las Condiciones Existentes	P	X	X						X				
Estimación de costes	P	X			X								X
Fase de planificación (Modelado 4D)	P	X		X									X
Programación	P		X								X		
Análisis del emplazamiento	P		X						X				X
Revisión de diseño	P	X	X	X	X	X		X			X		
Diseño de autor	P		X	X	X	X					X		
Análisis energético	P		X	X	X								
Análisis estructural	S		X	X	X								
Análisis de iluminación	S		X	X	X								
Análisis mecánico	S		X	X	X								
Análisis Técnico	S		X	X	X								
Sostenibilidad	S	X	X	X	X	X							
Validación de códigos	S	X	X	X									
Coordinación 3D	P	X	X	X	X			X	X				

USO BIM	TIPO DE USO	INTEGRACIÓN	ALCANCE	CRONOGRAMA	COSTE	CALIDAD	RECURSOS	COMUNICACIÓN	RIESGO	ADQUISICIÓN	INTERESADOS	HSSE	FINANCIERO
Planificación de utilización del sitio	P	X	X	X	X		X		X			X	
Diseño del sistema de construcción	S	X	X	X	X	X							
Fabricación digital	S												
Control y planificación 3D	P	X	X	X	X				X				
Modelado	P	X	X								X		
Programación de Mantenimiento	P												
Análisis del sistema de construcción	P												
Gestión de activos	S										X		
Gestión del espacio y seguimiento	S										X		
Planificación de siniestros	S	X							X				

Tabla 3. Usos BIM aplicado a las Áreas de Conocimiento. Elaboración propia.

Si bien hay muchos usos BIM que afectan a más de un área de conocimiento, en el cuadro se trató de reflejar cuales son aquellas que se ven más beneficiadas con el uso de esta tecnología. Es importante aclarar que el uso BIM por sí mismo no es un objetivo tangible para el proyecto sino el medio para llegar a un beneficio deseado.

Las áreas se pueden ver beneficiadas de manera directa o indirecta por los usos BIM. Por ejemplo la estimación de costes es un uso que está directamente relacionado con la gestión del coste ya que a medida que se va realizando el modelo virtual puede estimar cuánto costará la obra. Mientras que la coordinación BIM, permite entre otras cosas, verificar la posición de los

elementos de las distintas instalaciones del modelo pudiendo así detectar posibles colisiones con anterioridad y así poder ahorrar costes en la obra.

A partir de este análisis, en el próximo capítulo se planteará una nueva metodología que busca implementar esos Usos BIM en los flujos de trabajo.

3 METODOLOGÍA PROPUESTA

Luego de conocer la ineficiencia del proceso tradicional que aún se maneja en la mayor parte del sector de la construcción y los grandes beneficios que ofrece la tecnología BIM, se decide elaborar una nueva Metodología de Dirección de Proyectos llamada IBCM (Integración BIM en Construction Management) que integre ambas metodologías para simplificar la Gestión de Proyectos en Construcción.

Como se indica en la Figura 14 a partir de la revisión de la literatura y posterior análisis de los flujos de trabajo de ambas metodologías, se llegó a una matriz integradora de los Usos BIM y las distintas áreas de conocimiento. Luego de observar que el mayor beneficio de los Usos BIM se daba en los principales planes de proyecto (Alcance, Tiempo y Costo), se pensó cómo incorporar dichos usos dentro de los flujos de trabajo. Es así como se llega a elaborar esta nueva metodología IBCM.

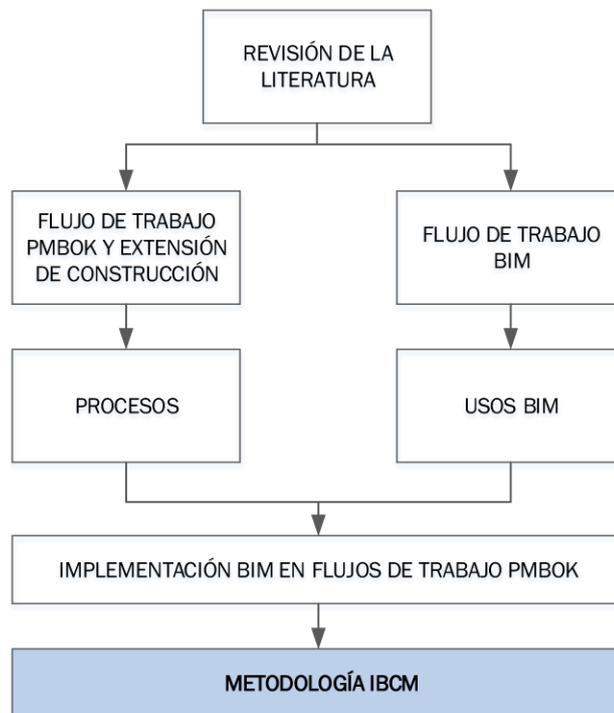


Figura 14. Propuesta de trabajo. Elaboración propia.

A continuación se desarrollarán los diferentes puntos que consta la Metodología propuesta:

- **Roles organizacionales:** se explica los roles de los principales participantes de esta nueva metodología y la relación entre ellos.
- **Estructura de trabajo:** explica el procedimiento de trabajo basado en procesos y áreas de conocimiento.

- **Procesos IBCM:** explica en que consiste esta nueva metodología a partir de los siguientes apartados:

- Proceso de Inicio: documentos fundamentales para la realización del trabajo

- Procesos de Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control: de los planes principales y los planes de soporte. Al final se puede ver una Tabla de Integración de todos los Procesos de Construction Management y su aporte BIM.

- Procesos de Cierre: se finalizan las actividades del trabajo o fase, se reasignar los recursos y se obtienen las lecciones aprendidas.

3.1 Roles organizacionales

Como se introdujo al comienzo de la investigación, el proceso tradicional de la construcción es aquel donde el cliente o promotor decide hacer un proyecto y solicita al Project Manager o director de proyectos la gestión del mismo para concretarlo. De esta manera se establece un proceso lineal donde el PM es el nexo entre el promotor y el contratista general quien será el encargado de materializarlo, una vez que esté diseñado por el equipo de Arquitectos e ingenierías especialistas (Figura 15).

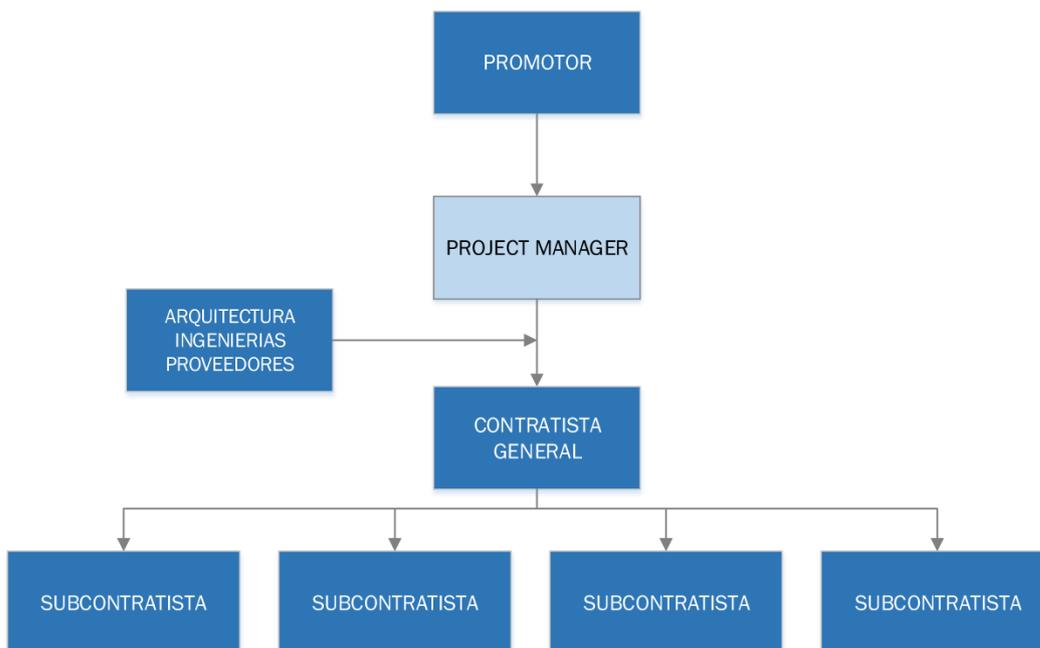


Figura 15. Esquema de trabajo construcción tradicional. Elaboración propia.

Con la implementación de BIM, el sistema tradicional pasa de un proceso lineal a un *proceso colaborativo*, donde a partir de una plataforma virtual de trabajo los distintos agentes que componen el equipo de trabajo intercambian información para el óptimo desarrollo del proyecto obteniendo mejoras en tiempo, coste y calidad (Figura 16).

Es importante identificar y analizar los roles de cada uno de los interesados de este proceso colaborativo para saber cómo gestionarlos. Debido a la implementación de la tecnología BIM aparece un nuevo rol que es crucial para el correcto funcionamiento de la metodología: el BIM Manager. El BIM manager es quien se ocupará de desarrollar los estándares que se utilizarán, la gestión de los distintos agentes dentro del equipo de trabajo y el mantenimiento de la tecnología durante todo el desarrollo del proyecto.

Muchas veces se suele confundir las competencias del Project Manager con las del BIM Manager. Si bien ambos comparten conocimientos, es importante diferenciar cual será el rol de cada uno en el proyecto. Como se ve en la Figura 16, el BIM manager se encarga de gestionar todo lo relacionado a la tecnología BIM en el entorno colaborativo, intercambiando información con los demás agentes y manteniendo una relación directa de intercambio de información con el Project Manager.

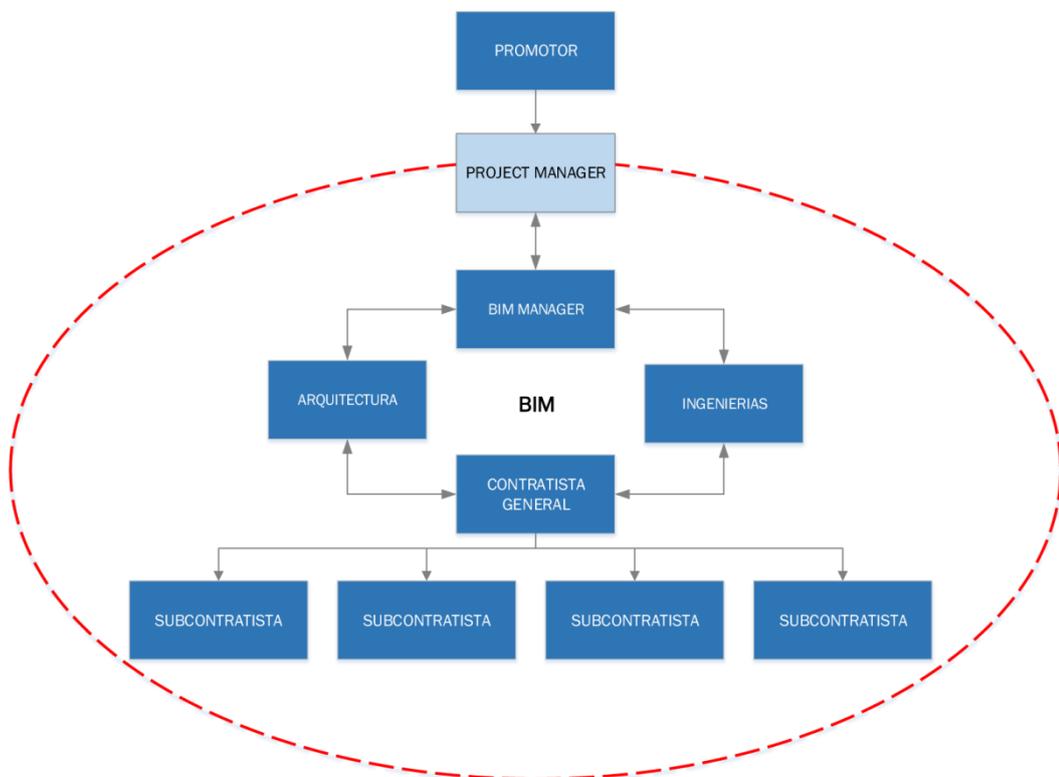


Figura 16. Esquema de trabajo construcción con metodología BIM. Elaboración propia.

De esta manera el Project Manager tiene conocimiento sobre cómo se está desarrollando el proyecto y se nutre de esa información para gestionar el resto de procesos teniendo una visión global del proyecto. Por lo tanto el PM mantiene una relación directa con el promotor y con todos los agentes que intervienen en el proyecto, o sea, con todas las partes involucradas del mismo.

Este esquema está planteado para proyectos de gran envergadura, considerando que para proyectos más pequeños podría ser posible que la figura del Project Manager y BIM Manager pudieran ser la misma.

3.2 Estructura del Trabajo

Al igual que el PMBoK, el trabajo posee una estructura cronológica por procesos y áreas de conocimiento para poder llevar a cabo los objetivos propuestos.

Los grupos de procesos que ordenan las distintas actividades son: *Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre*. En la Figura 17 se puede ver un esquema con el orden de los procesos y cómo actúan entre ellos.

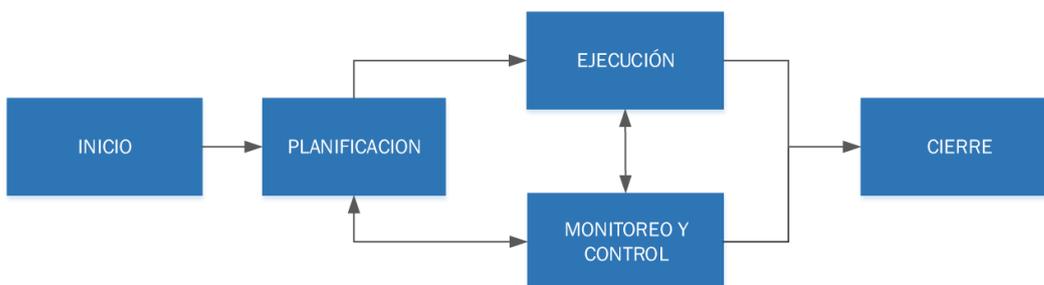


Figura 17. Estructura de Procesos. Elaboración propia

Si bien BIM tiene muchos Usos aplicables a lo largo del proyecto, es importante definir desde un comienzo, las áreas de implementación y en cuales de los procesos será más útil aplicar los usos específicos a utilizar.

A partir del anterior análisis de la Tabla 3 se puede ver que las áreas que se ven mayormente beneficiadas por los usos BIM son: *el alcance, el cronograma, los costes, los riesgos y los interesados*. Estas áreas de conocimiento se denominan Planes Principales (Figura 18).

En cuanto al resto de las Áreas de Conocimiento: *Calidad, Recursos, Comunicaciones, Adquisiciones, HSSE y Financiera*, si bien no se ven directamente beneficiadas con los usos BIM, si lo hacen de manera indirecta,

es decir, se ven beneficiadas por defecto de los otros procesos. A estas Áreas de Conocimiento se la denomina Planes de Soporte. Por ejemplo, en las Comunicaciones, no existe un uso BIM que gestione las mismas; sin embargo existe un tipo de Visor BIM que permite mediante una plataforma online revisar los modelos de los demás agentes y comunicarse, enviando interferencias o consultando por cuestiones en particular.

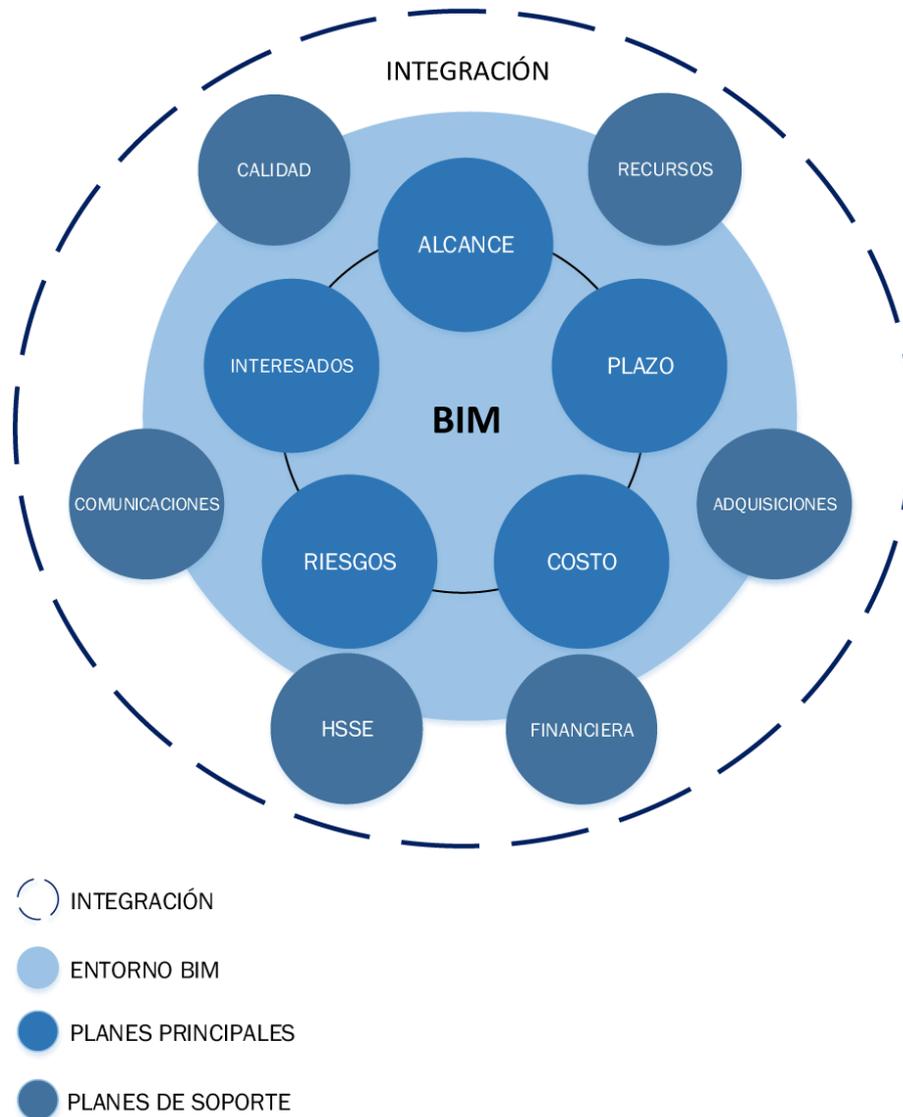


Figura 18. Estructura Áreas de Conocimiento y BIM. Elaboración propia.

Tal como se ve en la imagen los Planes Principales están dentro del entorno BIM ya que se relacionan directamente con él a través de los usos BIM, mientras que los Planes de Soporte, como se comentaba antes, se benefician de la metodología pero de manera indirecta y acompañan al resto de procesos. Por último se ve como el proceso de integración engloba a todos los procesos ya que se encarga de la coordinación de todo.

En el siguiente apartado se describirá cómo se organizan los grupos de procesos que conforman la Metodología y la información que brinda cada uno de ellos.

3.3 Procesos IBCM

Los procesos que conforman la metodología se divide en tres secciones: por un lado el Proceso de Inicio, con la documentación necesaria para comenzar con el Proyecto; los Procesos de Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, en donde se concentra la mayoría del trabajo y la aplicación de los usos BIM; y por último el Proceso de Cierre, donde concluyen las actividades y se obtiene las lecciones aprendidas.

En la Figura 19 se puede ver a modo de ejemplo durante la Gestión del Alcance los distintos procesos comentados anteriormente.

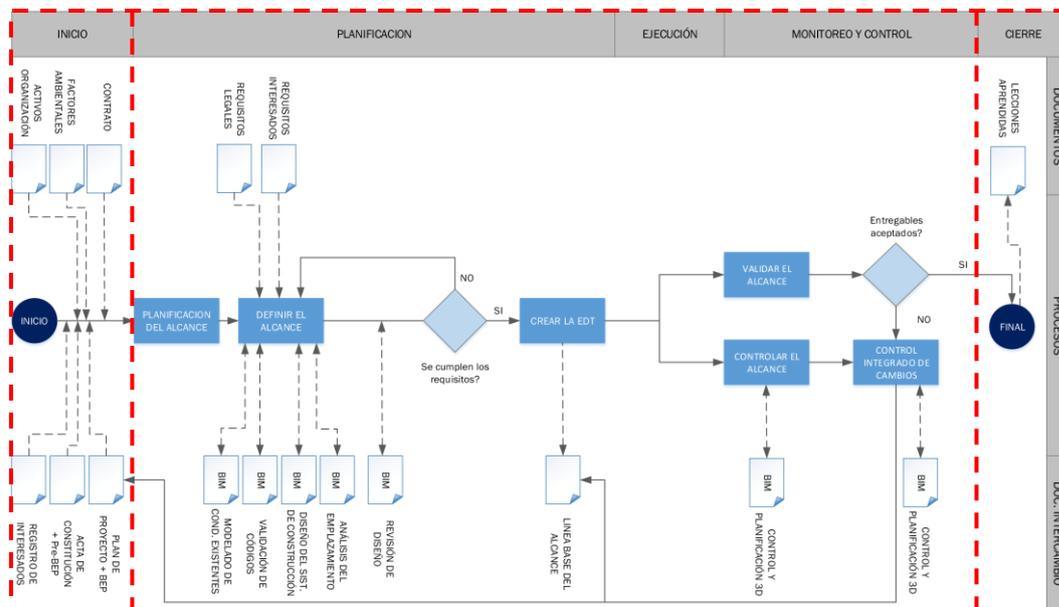


Figura 19. Esquema de Procesos. Elaboración propia.

También se puede ver, en el otro sentido del esquema, los documentos que ingresan o egresan del Proceso a modo de información y la documentación de intercambio que sirve tanto para los procesos internos como para las otras Áreas de Conocimiento. Aquí se puede observar la incorporación de los Usos BIM al proceso y cómo ese intercambio de información se produce de manera iterativa.

Durante el desarrollo del trabajo se podrá ver que los Usos BIM se repiten ya que muchos de ellos participan de varios procesos. A su vez muchos de ellos, además de brindar información, reciben nueva información,

ya sea porque hubo cambios y se debe actualizar el modelo o simplemente porque se pasaron por alto en una fase anterior y sirve para actualizarse.

A continuación se desarrollarán las características principales de cada proceso, aclarando a que área de conocimiento corresponde.

3.3.1 Procesos de Inicio

Al igual que en el PMBOK en esta sección se hará referencia al Proceso de Inicio para la Gestión de la Integración y la Gestión de los Interesados. Se elaborarán los Documentos iniciales que servirán para comenzar con el Proyecto y se revisarán para consultar durante todo su ciclo de vida.

Para comenzar a desarrollar ya sea un proyecto de construcción tradicional o un proyecto colaborativo con la metodología BIM se deberá contar con información base proveniente del cliente u organización que permitirá esbozar las primeras ideas de lo que se quiere obtener. También será necesario desarrollar un documento que autorice formalmente el proyecto y defina las condiciones básicas que se deben cumplir para lograr el éxito del mismo.

Si nos basamos en la Guía de PMBOK se comenzaría desarrollando el Acta de Constitución donde se recoge las principales conclusiones de la reunión de lanzamiento del proyecto. A partir de los principales requisitos del cliente se establece cuáles son aquellos requisitos de alto nivel, los objetivos principales del proyecto, los entregables, calendario e hitos estimativos, fecha probable de término y resumen presupuestario. Si bien la mayoría de estos datos tienen un grado de incertidumbre aún son la base para arrancar con el desarrollo del proyecto.

Con la metodología BIM ocurre algo similar donde a partir de las necesidades del cliente se desarrolla un Pre-BEP en el cuál se fija los objetivos que se quieren conseguir, cuales son los usos BIM que se utilizarán y los requisitos a satisfacer por los agentes que serán parte del proyecto.

Como ambos documentos poseen la misma información base para iniciar el proyecto, se decide unificarlos (Acta de Constitución + Pre-BEP) con el objetivo de evitar errores desde un comienzo y duplicar la documentación. Igualmente habrá un apartado donde se detallen requisitos especiales de cada una de las metodologías.

Por otra parte se comenzará a identificar a los interesados o *Stakeholders* que pueden influir de manera directa o indirecta en el proyecto. Se elaborará un Registro de interesados, con sus intereses y necesidades

para ir gestionando sus expectativas. El mismo se irá completando a medida que se avance en el proyecto.

3.3.2 Procesos de Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control

Los procesos de Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control son aquellos que hacen posible concretar el proyecto. Todas las áreas de conocimiento necesitan una Planificación para poder establecer el curso de acción para alcanzar los objetivos, por lo tanto, de cada una de ellas se obtendrá un Plan de Gestión específico. Ese Plan deberá ser ejecutado según esté determinado y será necesario supervisarlos continuamente durante todo desarrollo del proyecto y se deberá actualizar si fuese necesario.

Para comenzar con la Planificación, se deberá desarrollar el Plan integral que defina todo el trabajo que habrá que realizar y que la misma sea entendida por todos los agentes que forman parte del proyecto. Por un lado el Project Manager y su equipo elaborarán el Plan para la Dirección del Proyecto, donde se establecerá el procedimiento para alcanzar los objetivos propuestos. Por otro lado el BIM Manager y el resto de los agentes elaborarán el Plan de Ejecución BIM (BEP) que contiene todas las instrucciones para ejecutar el BIM. Al igual que en el Proceso de Inicio, como ambos documentos poseen mucha información del proyecto en común (información general del proyecto, objetivos, contactos claves, entre otros), se propone reunir ambos planes en un único documento (Plan de Proyecto + BEP) con la información base del proyecto que sirva para todo los intervinientes que trabajan en el mismo proyecto. Luego habrá una sección con la información precisa de cada plan de proyecto o plan de ejecución BIM. Por ejemplo, en el Plan de Proyecto se podrá especial atención en la gestión de los interesados, mientras que en el BEP, se detallará los procesos de intercambio de información, control de la calidad del modelo, los software a utilizar, etc.

También será fundamental definir e incluir en este nuevo documento los canales de comunicación y los niveles de la información que será intercambiada. Esto permitirá que además de las facilidades de comunicación que permite la tecnología BIM, quede establecido un protocolo de cómo se desarrollarán las comunicaciones entre los distintos agentes del proyecto.

Cada una de las Áreas de conocimiento desarrollará su propio Plan de Gestión que luego se incorporará al Plan de Proyecto del Proyecto + BEP.

En el próximo apartado se desarrollará en detalle cada uno de los Planes principales (Alcance, Cronograma, Costo, Riesgos e Interesados) y sus flujos de trabajo con la incorporación de BIM.

3.3.2.1 GESTIÓN DEL ALCANCE

Definir el alcance permite determinar todo el trabajo que será necesario realizar para completar satisfactoriamente el proyecto (Figura 20).

Para comenzar a desarrollar el alcance se debe contar con ciertos documentos que nos permitirán empezar a desarrollar la planificación del alcance. Entre estos documentos se encuentran el contrato (que determina el vínculo legal entre las partes), el acta de constitución (con los principales requisitos) y el plan de proyecto (las acciones a realizar para concretar el proyecto).

A partir de los objetivos del proyecto y el análisis inicial de los interesados del proyecto se podrán definir los requisitos que deberán ser satisfechos a lo largo de la ejecución del proyecto para que este sea exitoso. Es importante identificar muy bien las necesidades de los interesados ya que nos permitirá determinar cómo gestionarlos de la mejor manera.

Una vez que se recopilan tanto los requisitos de los interesados como los requisitos legales se puede comenzar a definir el alcance del proyecto. A su vez con la implementación de los usos BIM se podrá estudiar a través del modelo virtual los requisitos previamente establecidos y obtener a partir de ello información sobre las condiciones existentes, análisis del emplazamiento, verificar si se cumple con los códigos y normativas vigentes, el asoleamiento y estudio volumétrico, entre otros.

Una vez definido el alcance se podrá hacer una revisión de diseño, es decir, comprobar mediante el modelo virtual si se cumple o no con los requisitos iniciales antes de continuar con el proceso. Si cumple con los requisitos se comenzará a crear la EDT; si no se cumple con los requisitos tendrá que volver a definirse el alcance.

Luego de obtener una definición completa del alcance y, a partir de ella, se construirá la EDT del proyecto. A partir de la misma se definirán todos los paquetes de trabajo que conformen el proyecto, sus entregables, y se elaborará un diccionario de la EDT para incluir especificaciones de cada uno de los entregables. De esta manera quedará definida la línea base del alcance, que servirá como referencia para el desarrollo del proyecto.

Una vez que el proyecto comience a ejecutarse, se establecerá un plan de validación de los entregables y un plan de control del alcance del proyecto. Estas medidas nos permitirán ir evaluando la ejecución del proyecto y, además, poder reprogramar el trabajo restante en caso de que fuera necesario.

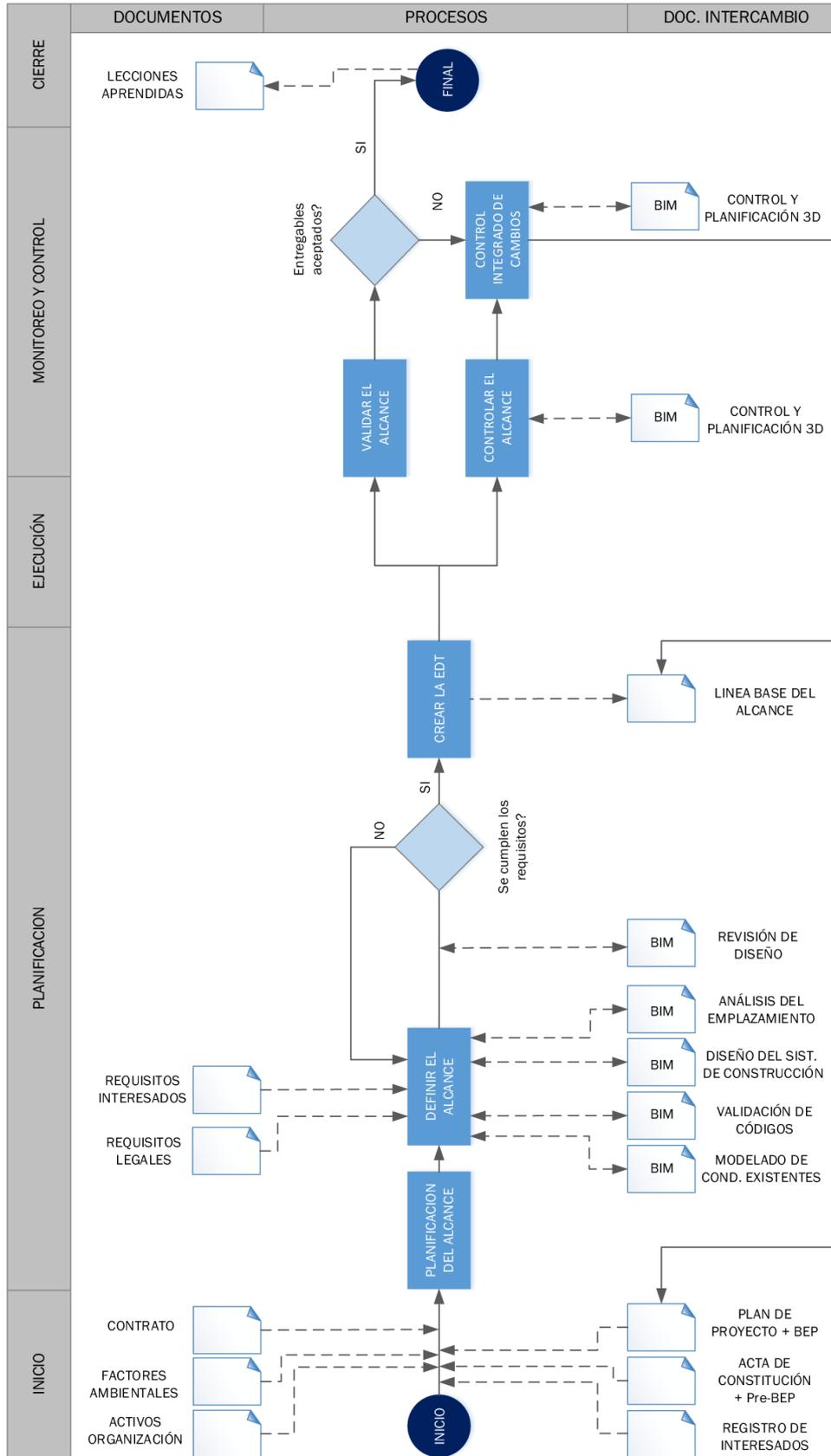


Figura 20. Flujo de trabajo de la Gestión del Alcance con implementación BIM. Elaboración propia.

En el caso que los entregables no fueron aceptados se deberá realizar una solicitud de cambio a través del proceso realizar el control integrado de cambios. A su vez este proceso permitirá acceder al modelo virtual para revisar el estado del proyecto y solicitar hacer las modificaciones correspondientes. De esta manera se actualizará la información para el resto de los procesos que estén relacionados.

3.3.2.2 GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Una de las características fundamentales de los proyectos de construcción es la programación o gestión del cronograma, es decir, definir las actividades que se deben realizar para concretar obtener el producto o servicio deseado (Figura 21).

La gestión del cronograma implica un desafío complejo debido a la gran cantidad de partes interesadas que participan en el proyecto. A su vez la gran cantidad de actividades y la interrelación que existe entre ellas, hace necesario una planificación sumamente detallada a comparación de otras industrias. Para comenzar es necesario documentar como se va a planificar, desarrollar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.

Para iniciar con la planificación se deberá considerar el acta de constitución y el plan de proyecto como información base, además de los factores ambientales propios de la empresa y los activos de la organización.

El plan de gestión define el proceso de descomposición para identificar las actividades requeridas por el equipo de proyecto para completar los entregables del proyecto. Para ello se toma la EDT (Estructura de desglose de trabajo) que debe abordar completamente el alcance y los requisitos del contrato. A partir de la descomposición de los paquetes y sub-paquetes de la EDT se definirán las distintas actividades necesarias para completar el trabajo del proyecto. El nivel de detalle dependerá de cada proyecto, pero por lo general en la construcción el mínimo viable medido está dado por unidades de trabajo, semanas de trabajo, días de trabajo u horas de trabajo.

La implementación de BIM en esta parte del proceso es muy importante ya que al complementarse con el uso BIM de modelado 3D le permitirá al Project Manager y al equipo de trabajo poder visualizar de una mejor manera la totalidad del proyecto y verificar que estén incluidas todas las actividades que se deben realizar. De igual forma, si la actividad definida previamente no fue considerada en el modelo, esta información se podría añadir al mismo.

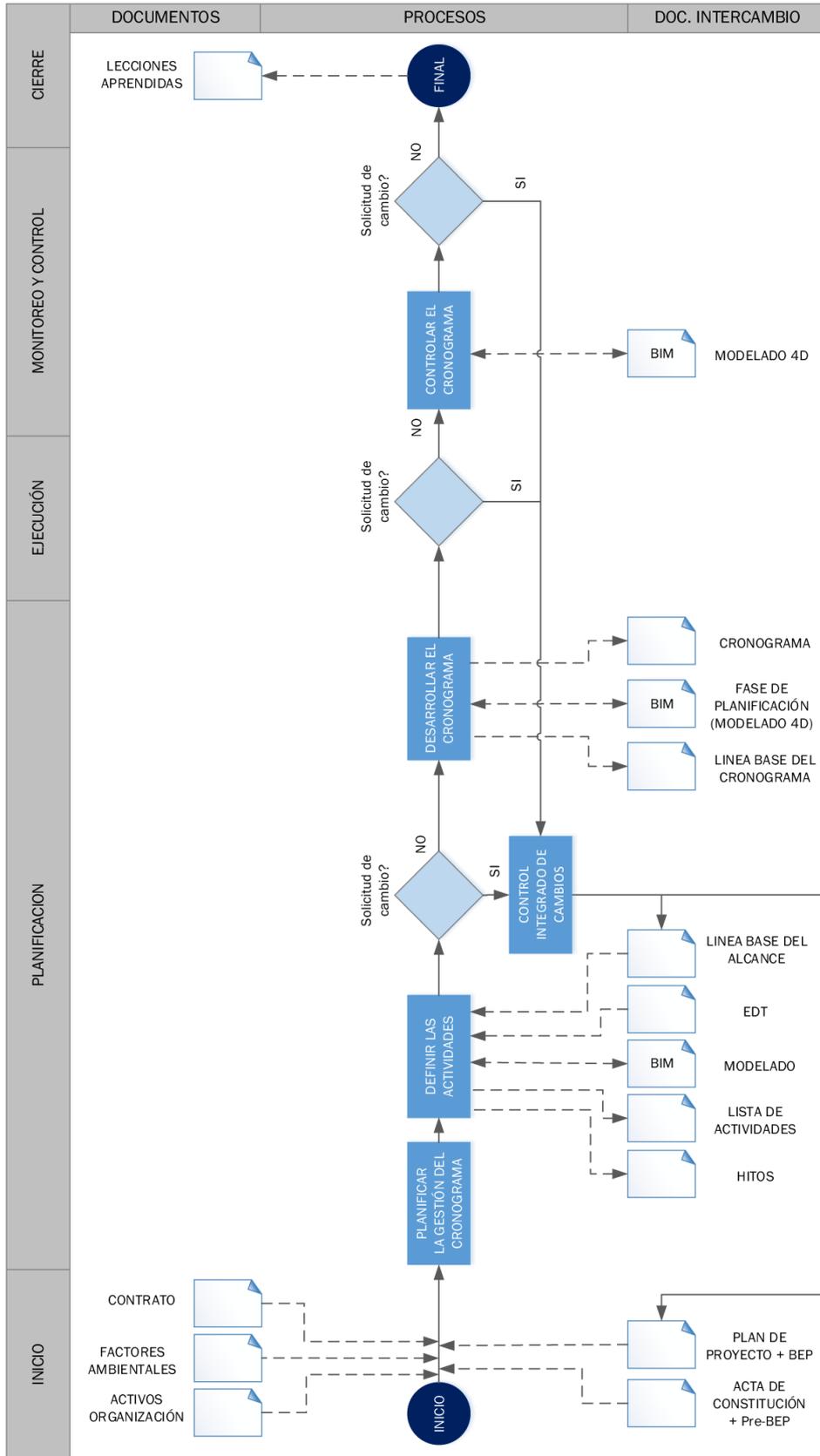


Figura 21. Flujo de trabajo de la Gestión del Cronograma con implementación BIM. Elaboración propia.

Cuando se empieza a definir las actividades para poder concretar los entregables puede pasar que muchas de ellas no hayan sido consideradas previamente y pueden afectar las líneas base del proyecto. En ese caso será necesario hacer una solicitud de cambio por medio del proceso control integrado de cambios para su revisión y tratamiento.

A partir de la lista de actividades se deberán identificar y documentar las relaciones entre ellas definiendo así la secuencia lógica de trabajo para obtener la máxima eficiencia y reflejar la estrategia de construcción.

Luego se deberá estimar la duración de las actividades, es decir, la cantidad de períodos necesarios para completar dicha actividad en función de la disponibilidad de los recursos. Dependiendo el tipo de tarea y recurso se podrá definir en horas, días o semanas. La estimación de la duración se elabora de manera progresiva, a medida que están disponibles los datos más detallados y precisos sobre el trabajo a realizar, van aumentando la exactitud y la calidad de las estimaciones de la duración.

El beneficio de poder trabajar de manera colaborativa con la tecnología BIM permite a los distintos agentes participar del proceso, por ejemplo la constructora con su experiencia y conocimiento podrá revisar si la secuenciación es adecuada o si la estimación de duración es correcta y recomendar si es necesario hacer cambios o modificar la planificación. Otra de las ventajas que tiene la participación de la constructora desde la planificación es poder involucrar a los subcontratos con los que trabajan para que estén al tanto del cronograma desde un principio y así poder coordinar con ellos cuando comenzarían con los trabajos.

Una vez analizadas las secuencias de las actividades, sus duraciones, los recursos y restricciones, se podrá desarrollar el cronograma, es decir, establecer las fechas de inicio y fin de cada una de las actividades que lo componen. El desarrollo del cronograma es un *proceso iterativo*, que como involucra a numerosas partes interesadas, se deberá coordinar más de una vez con los distintos procesos que involucran la realización del proyecto. Como se ve en la figura 18, la implementación de BIM a través del uso del modelado 4D permite integrar la programación del tiempo en el BIM. De esta forma se vincula el cronograma al modelo BIM de manera de poder visualizar como se desarrollará el proyecto en tiempo real, es decir, una simulación de las distintas fases del proyecto. Esto se logra gracias a los distintos softwares como pueden ser Navisworks, Synchro o Vico, que procesan la información de sus mismos programas u otros a través del archivo de intercambio IFC. De esta forma se complementa la programación habitual de un diagrama de Gantt con la información del modelo 3D obteniendo una planificación

colaborativa, realizada entre varios o todos los agentes del proyecto y combinando distintos intereses en busca de la mejor optimización del tiempo.

A medida que el proyecto comienza a ejecutarse se llevará a cabo el control del cronograma que consiste en evaluar el progreso real del proyecto con respecto a lo programado (línea base del cronograma) y administrar los cambios, es decir, tomar alguna acción correctiva o preventiva en el caso que sea necesario. Si fuese necesario realizar un cambio se procesará su revisión y tratamiento a través del proceso de realizar el control integrado de cambios.

En esta parte del proceso la implementación de BIM será de mucha ayuda ya que permitirá evaluar lo construido hasta el momento e ir verificando con el modelo virtual si se cumple con lo planificado.

3.3.2.3 GESTIÓN DEL COSTO

Otra de los aspectos fundamentales para que el proyecto sea exitoso es la gestión del costo. Para ello será necesario establecer procedimientos y documentación para poder planificar, ejecutar y controlar los costos del proyecto (Figura 22).

Es importante realizar una planificación de gestión de costos al comienzo del proyecto ya que eso establecerá el marco para una gestión eficiente y coordinada. Para ello será necesario contar con el acta de constitución y plan de proyecto, además de la información propia de la organización. Su principal función será ocuparse del costo, es decir, de todos los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. Esto incluye mano de obra, materiales, equipos, servicios e instalaciones, así como también categorías tales como la inflación, el costo del seguro del proyecto y los costos de contingencia, entre otros.

A partir de la estimación de costos se obtendrá una aproximación de los recursos monetarios necesarios para construir el proyecto. Se realiza al inicio del proyecto y normalmente se requiere para la toma de decisiones de alto nivel. La implementación de BIM en este proceso es muy importante ya que aunque el modelo sea muy básico todavía se pueden obtener mediciones de volumetría, superficies construidas y superficies de envolvente. Si bien esto ya se podía realizar con el sistema CAD la diferencia radica en que estos datos ya están vinculados al modelo, de manera tal que las modificaciones que se realicen a partir de ese momento se actualizarán en las mediciones de manera automática. De esta forma se podrá analizar la viabilidad económica del proyecto en función de los requisitos iniciales.

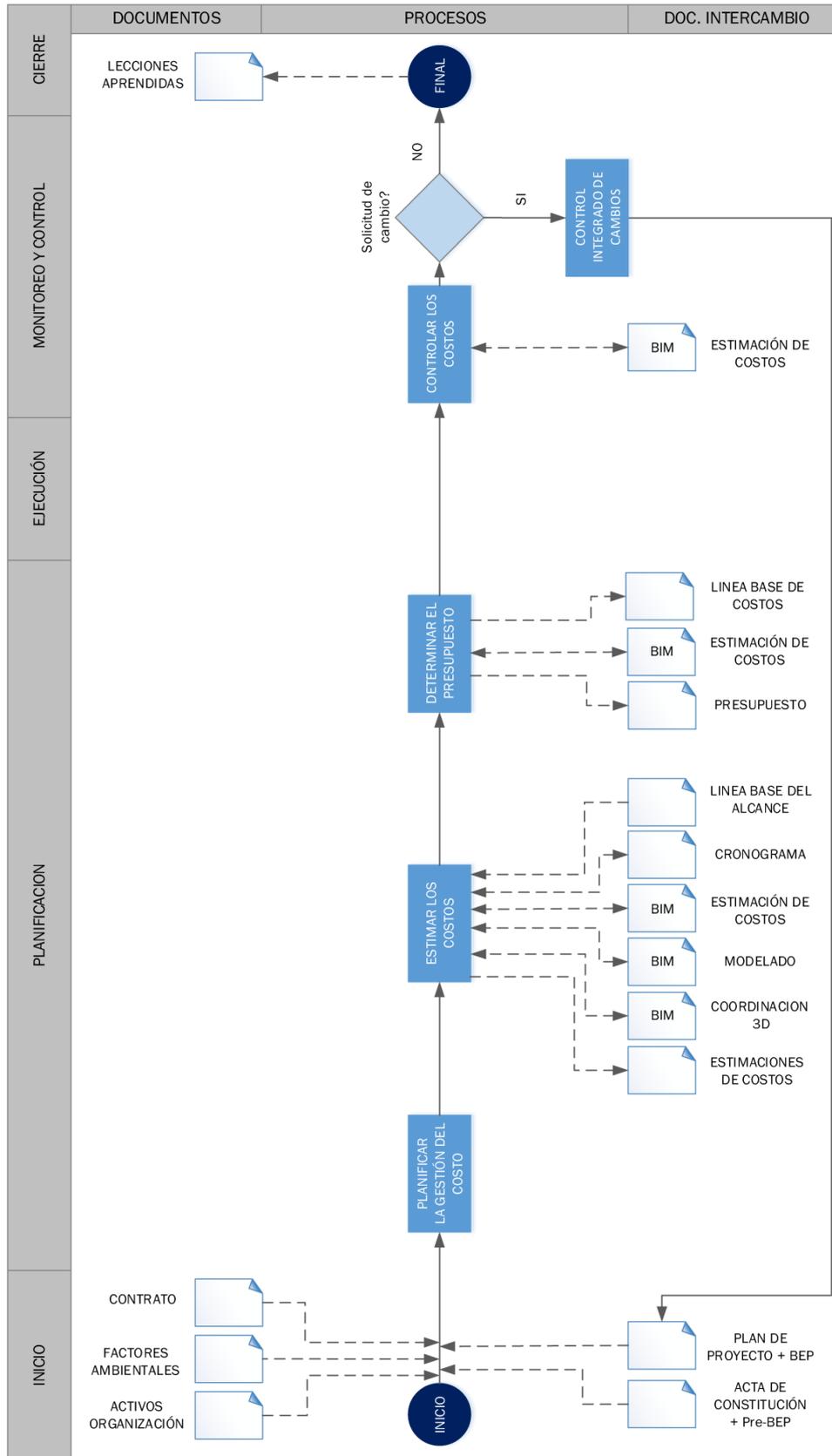


Figura 22. Flujo de trabajo de la Gestión del Costo con implementación BIM. Elaboración propia.

Una vez aprobada la estimación de costos se podrá determinar el presupuesto que consiste en sumar los costos estimados de cada de las actividades o paquetes de construcción para establecer la línea base de costos.

La implementación de BIM en esta parte del proceso es muy útil ya que cualquier modificación que se hiciera en el modelo por parte de alguna de las ingenierías o arquitectura, como parte del proceso de trabajo, se actualizaría en el presupuesto de manera inmediata. De igual forma si se estableciera alguna actualización o modificación en las partidas del presupuesto se podría actualizar en el modelo por el hecho de estar sincronizados.

Una vez que comienza a ejecutarse el proyecto se realizará el control de los costes que consiste en analizar la relación entre los fondos del proyecto consumidos y el trabajo efectuado correspondiente a dichos gastos. La metodología BIM permitirá en esta fase ir verificando los costos realizados hasta el momento con respecto al presupuesto original. A su vez toda la documentación de pagos, garantías y notas de cambio se pueden incorporar al modelo lo que facilita al momento de entregar la obra con toda la documentación correspondiente de una manera mucho más ordenada y eficiente. Si durante el proceso fuese necesario realizar algún cambio se hará la correspondiente solicitud y tratamiento de los cambios a través del proceso realizar control integrado de cambios.

Es fundamental que la programación temporal (4D) y estimación de coste (5D) se realicen de forma conjunto, a diferencia de la forma tradicional de gestionar el coste y el tiempo de manera individual, ya que retrasarse en tiempo, significa tener mayores costos.

3.3.2.4 GESTIÓN DE LOS RIESGOS

Otra de las áreas mayormente influenciadas por el uso de la metodología BIM es la gestión del riesgo. Como su nombre lo indica se ocupa de gestionar los riesgos que no fueron contemplados en los demás procesos de la dirección de proyectos. La gestión del riesgo tiene como objetivo aumentar o mejorar los riesgos positivos (oportunidades) y disminuir o evitar los riesgos negativos (amenazas) del proyecto. Las amenazas no gestionadas pueden dar lugar a cuestiones o problemas tales como retrasos, sobrecostos, déficit en el desempeño o pérdida de reputación mientras que las oportunidades aprovechadas pueden conducir a beneficios tales como la reducción de tiempo y costo, mejora en el desempeño o buena reputación. La efectividad de la gestión de riesgos está directamente relacionada con el éxito del proyecto y debe aplicarse durante todo su ciclo de vida.

Planificar la gestión del riesgo es uno de los procesos más importantes ya que en él se define como se debe abordar y llevar a cabo las distintas actividades, proporcionando los recursos y tiempo suficientes para cada una de ellas y definiendo el nivel requerido para gestionar los posibles riesgos del proyecto (Figura 23). Para ello deberá contar con la información base del acta de constitución y el plan de proyecto. Además se deberá tener en cuenta otras consideraciones y documentos como pueden ser las licitaciones y contratos, métodos de organización, presupuesto, etc.

Luego se deberá identificar los riesgos, tanto los individuales como los generales y las fuentes del riesgo general. Es importante que además de los especialistas en el tema, todos los participantes del equipo de trabajo estén atentos a detectar los posibles riesgos que puedan surgir durante el proyecto. Cuando se identifique un riesgo individual se deberá utilizar un enunciado claro y preciso para que su análisis sea fácil y se pueda dar una respuesta concreta al mismo. Identificar los riesgos es un proceso iterativo ya que a medida que se avanza en el proyecto pueden ir surgiendo nuevos riesgos que no estaban considerados previamente.

La implementación de los usos BIM en este proceso es muy importante ya que continuamente se estará trabajando con el modelo, lo que permitirá reconocer posibles riesgos con anterioridad pudiendo así planificar la respuesta con mayor tiempo y a un menor costo que si fuera resuelto en obra. Por ejemplo el uso coordinación 3D que permite detectar los posibles interferencias entre las distintas instalaciones de manera anticipada. Esto se logra gracias a un trabajo colaborativo donde las distintas ingenierías realizan su trabajo pero a su vez pueden observar, mediante intercambio de archivos, los proyectos de los otros especialistas. De esta forma, al trabajar con la misma información (modelo) pueden establecer desde la planificación por donde pasará cada una de las instalaciones en pos del beneficio del proyecto en su conjunto. Es muy importante destacar esto ya que por lo general no suele suceder en los procesos tradicionales y es un gran beneficio para el proyecto, ya que no solo anticipa posibles riesgos, sino también que permite ahorrar dinero y tiempo en obra y cumplir con las expectativas de los interesados. De este proceso se obtendrá un registro de riesgos el cuál se seguirá desarrollando durante el resto de procesos.

Otro de los usos BIM importantes en este proceso es el modelado de las condiciones existentes. El mismo proporciona a través del modelo 3D información del lugar, las condiciones ambientales y topográficas del entorno, edificaciones existentes, entre otros, permitiendo así identificar si existen posibles riesgos que puedan afectar al proyecto y que no se hayan detectado antes. Luego se deberá realizar el análisis cualitativo de riesgos, que consiste en evaluar la importancia de los riesgos identificados previamente y

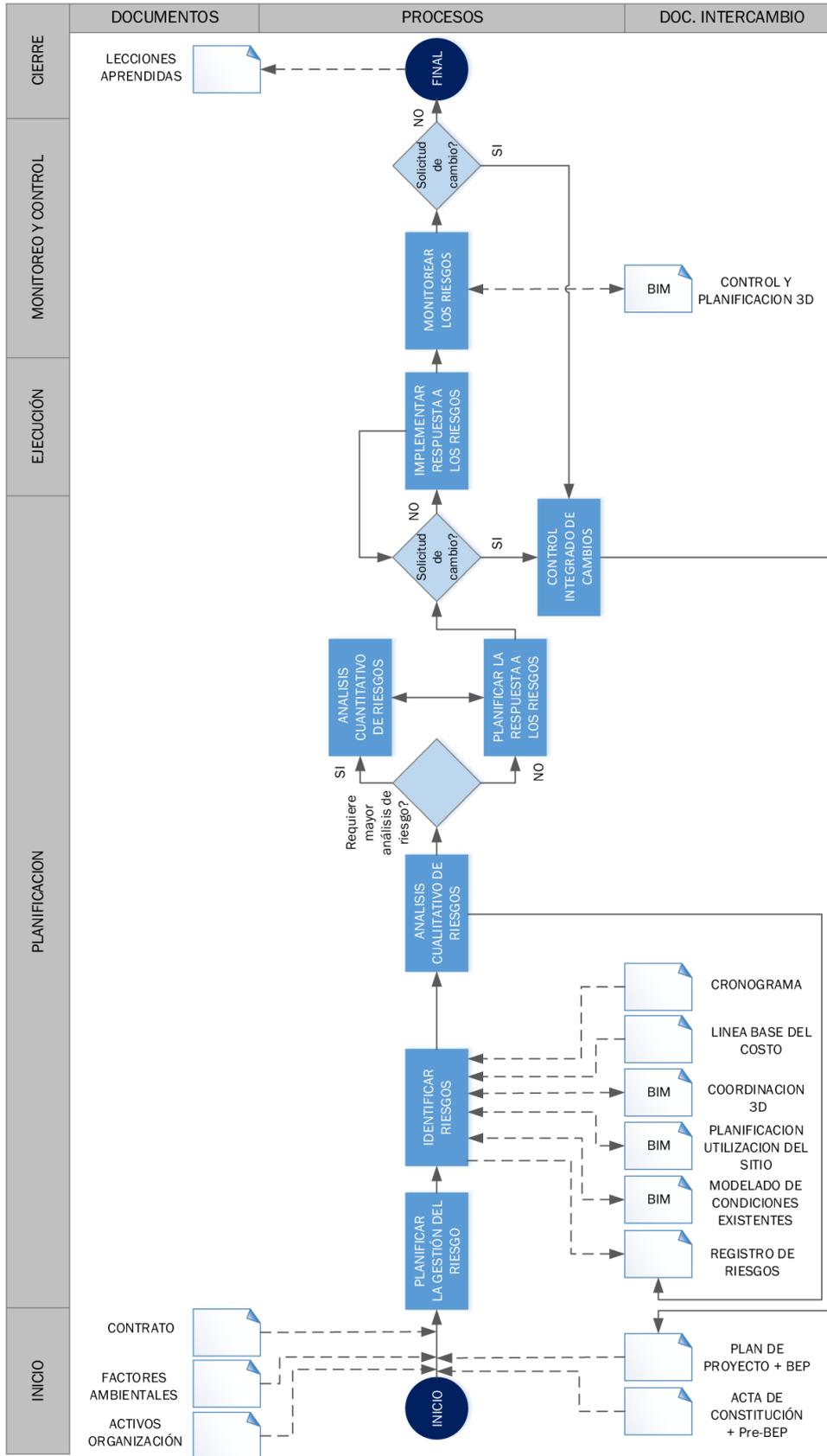


Figura 23. Flujo de trabajo de la Gestión de los Riesgos con implementación BIM. Elaboración propia.

establecer prioridades para planificar las respuestas a dichos riesgos. Esto se consigue a través de la matriz de probabilidad e impacto, donde se analiza la probabilidad de ocurrencia del riesgo y el impacto que tendría sobre el proyecto si sucediera. Como resultado de este proceso se actualizarán varios documentos del proyecto, entre ellos, el registro de riesgos con la evaluación de probabilidad e impacto para cada riesgo individual, su nivel de prioridad y categorización.

En el caso que fuese necesario seguir analizando los riesgos de manera más profunda, como ocurre en los proyectos de construcción grandes y con mayor complejidad, será necesario realizar el análisis cuantitativo de riesgos, que consiste en analizar numéricamente tanto la probabilidad de ocurrencia de los riesgos como su impacto sobre los objetivos del proyecto. Por lo general se utiliza un software especializado, como puede ser Crystal Ball de Oracle, que desarrolla la simulación de Montecarlo permitiendo obtener resultados más exactos que si se hace manualmente.

Una vez finalizado el proceso de análisis se comenzará a planificar la respuesta a los riesgos. Para ello se deberá plantear las posibles acciones y estrategias a tomar en caso que esos riesgos se hagan efectivos. Existen distintas técnicas de respuesta para mitigar los riesgos negativos: evitar, transferir, mitigar y aceptar. La respuesta a riesgos puede generar costos adicionales y causar efectos sobre el cronograma, por lo que será necesario tener una reserva para contingencias e incluir en la planificación del cronograma los posibles desencadenantes, para poder supervisarlos y controlarlos a lo largo de todo el proyecto. La participación de subcontratistas en proyectos de construcción hace que la planificación de respuesta al riesgo sea aún más compleja. Es muy común que en los proyectos de construcción se utilicen distintos tipos de seguros como instrumento principal de transferencia. Las respuestas planificadas pueden dar como resultado tener que realizar algún cambio en el plan de proyecto, por lo cual se deberá solicitar a través del proceso realizar control integrado de cambios para su análisis y tratamiento.

Una vez que se comienza a ejecutar el proyecto se deberá implementar, cuando sea necesario, las respuestas a los riesgos, asegurando que se ejecuten tal como fueron planeadas previamente. Si fuese necesario solicitar un cambio se deberá hacer mediante el proceso realizar control integrado de cambio.

La gestión de riesgos es un proceso dinámico y como tal va evolucionado continuamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Es importante realizar el monitoreo de los riesgos en todo momento durante el desarrollo del proyecto ya que los riesgos pueden cambiar o surgir nuevos. En

este sentido la aplicación de BIM es de mucha importancia ya que el poder consultar en tiempo real la información actualizada del modelo nos permitirá actuar de manera más rápida. Si bien hasta el momento no existe un software de BIM para análisis y seguimientos de riesgos de una obra, se puede obtener información útil que nos permitirá trabajar sobre ello.

3.3.2.5 GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

Gestionar correctamente los *Stakeholders* o las partes interesadas de un proyecto puede determinar el éxito o fracaso del mismo. Para comenzar se deberá identificar a todas aquellas personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectadas por el proyecto, con el objetivo de saber cuáles son sus necesidades y a partir de eso poder gestionar sus expectativas. Es importante que el director de proyecto y su equipo identifiquen e involucren a todos los participantes del proyecto desde el inicio. Como se puede ver en la Figura 24 este proceso se inicia una vez que el acta de constitución fue aprobada o durante el desarrollo de la misma. Por otra parte se deberá contar con otros documentos como acuerdos, factores ambientales de la organización y activos de los procesos de organización. Mediante el análisis de distintas técnicas se obtendrá el registro de interesados, que es un documento con toda la información de los interesados, su identificación, evaluación y clasificación según sus expectativas. El proceso de identificar e involucrar a los interesados en beneficio del proyecto es iterativo, es decir, se repite varias veces durante todo el ciclo de vida del proyecto.

En los proyectos de construcción se puede clasificar las partes interesadas como *directas* o *indirectas* de acuerdo su nivel de participación en el proyecto. Como se puede ver en la Figura 25 las *partes interesadas directas* son aquellas que están directamente involucradas en la ejecución del proyecto, por ejemplo, el promotor, el Project manager, BIM manager, arquitectos, ingenieros, contratista, subcontratistas, proveedores, etc. Por su parte las *partes interesadas indirectas* no están directamente involucradas con el proyecto pero pueden influir en la ejecución del mismo, por ejemplo los sindicatos, autoridades reguladores, asociaciones profesionales, vecinos, otras constructoras, etc.

Planificar el involucramiento de los interesados al proyecto consiste en desarrollar las estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación de los interesados a lo largo del ciclo del proyecto de una manera eficaz. De esta forma se completará el registro de interesados con esta nueva información. Este proceso se realiza de manera periódica durante todo el desarrollo del proyecto, según sea necesario.

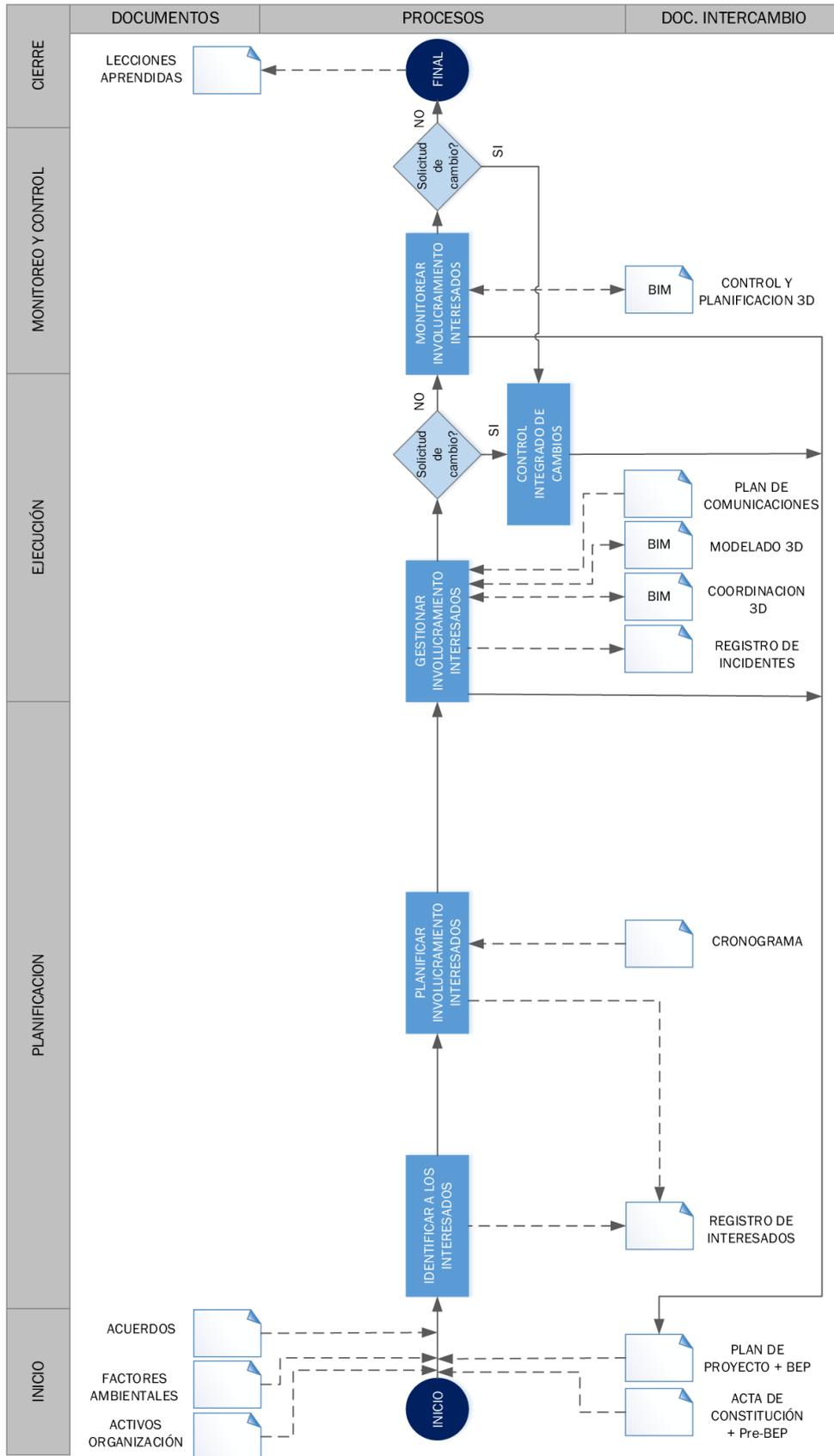


Figura 24. Flujo de trabajo de la Gestión de los Interesados con implementación BIM. Elaboración propia.

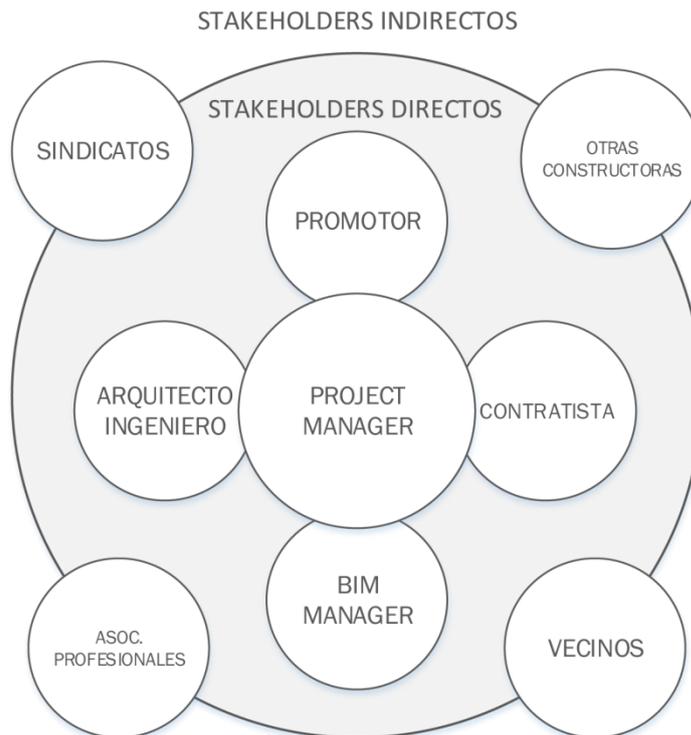


Figura 25. Stakeholders directos e indirectos. Elaboración propia.

Una vez que se comienza a gestionar el involucramiento de los interesados se podrá asegurar que los interesados comprenden claramente los objetivos, beneficios y riesgos del proyecto. Las comunicaciones son fundamentales para este proceso y para todo el ciclo de vida del proyecto, ya que de ellas depende la conexión entre las distintas partes interesadas para lograr un trabajo exitoso. La implementación de BIM aporta la plataforma para que los distintos agentes interactúen y trabajen de forma colaborativa. Debe quedar establecido en el BEP cómo serán esas comunicaciones y los responsables de cada especialidad antes de comenzar el proyecto.

Como se mencionó al principio del trabajo, muchas veces la implementación de la metodología BIM no es utilizada con un objetivo directo, sino que mediante los distintos usos se pueden obtener distintos beneficios. La importancia que tiene BIM para la gestión de los interesados radica en que al trabajar mediante una plataforma colaborativa todas las partes interesadas están en conocimiento del trabajo de los otros, es decir, se maneja un nivel de transparencia que permite que todos los Stakeholders estén en conocimiento del estado real del proyecto. Esto es muy importante sobre todo para el promotor quien querrá saber por ejemplo cómo será el edificio antes de construirse. Gracias a la utilización del modelado 3D, entre otras, se podrá obtener una primera representación de lo que será la obra en realidad

permitiendo así verificar si cumple con los requisitos del cliente y si satisface sus necesidades.

Es posible que como resultado de gestionar el involucramiento de los interesados se necesite hacer algún cambio en el proyecto. Para ello se deberá pedir una solicitud de cambio y mediante el proceso realizar el control integrado de cambio se procederá a su revisión y tratamiento.

Por último, se deberá monitorear las relaciones de los interesados del proyecto y ajustar las estrategias para involucrar a los interesados con respecto a las modificaciones de los planes de involucramiento, incrementando así la participación de los interesados a medida que el proyecto evoluciona.

A continuación se desarrollará los Planes de Soporte de la Gestión de Proyectos: Calidad, Recursos, Comunicaciones, Adquisiciones, HSSE y Gestión Financiera:

3.3.2.6 GESTIÓN DE LA CALIDAD

La Calidad es fundamental para la Dirección de Proyectos de Construcción ya que la mayoría de los entregables son visibles y deberán ser aceptados por el cliente. Pero el éxito del proyecto en cuanto a calidad no estará dado solamente por la aprobación de los entregables sino que también dependerá de cómo se gestione la calidad en todos los procesos del proyecto, incluyendo la gestión del costo y del cronograma. Por lo tanto la calidad en Construcción dependerá mucho de los sistemas de gestión para garantizar que se cumpla con todos los requisitos establecidos

Para gestionar la calidad en BIM existe lo que se denomina LOD o Nivel de Desarrollo. El LOD es lo que determina la calidad de un Modelo BIM, es decir, la información relevante que sirve para tomar decisiones en el proyecto. Existen distintos niveles de LOD (100, 200, 300, etc.), a medida que aumenta la cifra, aumenta la información. Por ejemplo un LOD 400 (fase de construcción, 80% información) de un objeto modelizado proporciona parámetros de un modelo concreto, un fabricante, un número de serie, su coste, etc. Esto es importante ya que a medida que el modelo va evolucionado, y adquiriendo mayor información, permite llegar a mejores definiciones y verificar que se está cumpliendo con los requisitos establecidos en un principio.

Al igual que otras industrias, los proyectos de construcción deben cumplir con estándares de calidad que están compuestos por códigos de proyecto, regulaciones y estándares. Una de las ventajas que tiene el uso de BIM es que permite gestionar de una mejor manera la documentación referida a la calidad tanto de los productos como de los procesos.

La Calidad en la construcción depende de los sistemas de gestión del proyecto para garantizar que el mismo cumpla con todos los aspectos previstos. Para ello será necesario implementar los siguientes procesos:

- Planificar la Gestión de la Calidad: se deberá establecer los estándares de calidad que deberán cumplir los entregables.
- Gestionar la Calidad: se deberá auditar que se están realizando los procedimientos establecidos en el Plan de Gestión.
- Controlar la calidad: se deberá comprobar si se cumple con los requisitos y normas y solicitar algún cambio si fuese necesario.

3.3.2.7 GESTION DE LOS RECURSOS

Los recursos, tanto físicos como humanos, son claves al momento de desarrollar un Proyecto de Construcción ya constituyen la mayor parte del costo, por lo tanto, deberán ser administrados cuidadosamente para que el proyecto alcance sus metas a tiempo y sin sobrecostos.

La implementación de BIM permite una gestión más eficaz de los recursos humanos ya que gracias al trabajo de forma colaborativa, cada uno de los miembros del proyecto podrá ver en tiempo real el trabajo del resto, con total disponibilidad de tiempo y de lugar. Para llegar a eso será indispensable contar con recursos que ya manejen las herramientas BIM de modo que el trabajo sea fluido.

A su vez en el documento Plan de Proyecto-Pre BEP deberá estar la Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI), donde se indicará que persona se ocupa de que cosa y el nivel de autoridad. Gracias a la herramienta BIM es posible calcular el tiempo trabajado en el proyecto, lo que sirve por un lado para revisar el rendimiento de los recursos de la organización y también poder registrar las lecciones aprendidas.

Si bien se deben asignar roles y responsabilidades específicos a cada miembro del equipo de gestión y a todos los agentes que forman parte del proyecto, la participación de todos los miembros en la toma de decisiones y en la planificación del proyecto es beneficiosa, ya que aportan su experiencia al proceso y fortalece su compromiso al proyecto.

La figura del BIM manager será muy importante durante estos procesos ya que se ocupará de monitorizar el desempeño de cada uno de los agentes y mejorar sus competencias en cuanto a la tecnología.

Para alcanzar una óptima gestión de los recursos de deberá realizar los siguientes procesos:

- Planificar la gestión de los Recursos: se deberá estimar los recursos necesarios (miembros del equipo, suministros, materiales, equipos, servicios e instalaciones) y definir el nivel de trabajo requerido para poder concretar el proyecto.
- Efectuar la Gestión de los Recursos: se deberá adquirir los recursos previamente definidos, desarrollar y dirigir al equipo de trabajo.
- Monitorear y controlar los Recursos: se deberá asegurar que los recursos físicos estén disponibles en el momento adecuado y reasignar los recursos de acuerdo a las necesidades del proyecto.

3.3.2.8 GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Como se comentó anteriormente la gestión de las comunicaciones es fundamental para el éxito del proyecto debido a la cantidad y diversidad de participantes y la necesidad de comunicar información de manera oportuna y precisa.

Desarrollar un Plan de comunicaciones es fundamental en cualquier tipo de Proyecto ya que permite definir como se abordará a los distintos interesados, pero sobre todo en los proyectos colaborativos, donde los integrantes de las distintas áreas trabajan en un mismo modelo. Para conseguir trabajar de manera ordenada el BIM Manager deberá establecer los protocolos de comunicación BIM, los criterios de intercambio de información, así como quien será el responsable de cada tarea, entre otras cosas, para conseguir alcanzar los objetivos planteados. Mediante la plataforma BIM la comunicación se realiza de manera más dinámica y proactiva. Si bien los otros medios se siguen usando, el desarrollo de los distintos softwares proporciona herramientas que se adecuan más a determinados procesos.

El avance de la tecnología y el desarrollo de los distintos softwares BIM permiten gestionar las comunicaciones con nuevas herramientas como puede ser los renders, PDF tridimensionales o vídeos con recorridos por el modelo, o desarrollos más avanzados como puede ser las simulaciones de realidad aumentada o realidad virtual.

Para gestionar las comunicaciones se deberá realizar los siguientes procesos:

- Planificar la Gestión de las Comunicaciones: según las necesidades de información se deberá definir cómo se abordarán las comunicaciones a través de un Plan de Comunicaciones.

- Gestionar las Comunicaciones: se deberá implementar el plan, notificando a los interesados sobre el rendimiento del trabajo del proyecto a través de informes de desempeño, mediciones de avance y proyecciones.
- Monitorear las Comunicaciones: se deberá evaluar si el plan actual satisface las necesidades de información de los interesados.

3.3.2.9 GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

La gestión de las Adquisiciones es un tema clave en la construcción, ya que casi todos los procesos dependen de la adquisición de un servicio o producto. Si bien en la Guía PMBoK la gestión de las adquisiciones aparece la relación comprador-vendedor, en los proyectos de construcción, el comprador puede ser el propietario, cliente, promotor, desarrollador, contratista general o agencia gubernamental y el vendedor puede referirse al diseñador, arquitecto, ingeniero, contratista, subcontratista o proveedor.

La relación comprador-vendedor en un proyecto pequeño puede ser sencilla, pero cuando el proyecto adquiere mayores dimensiones, el proceso de contratación se empieza a multiplicar generando muchos subcontratos de los cuales habrá que llevar un control realizando previamente una planificación adecuada de cómo se llevará a cabo.

La implicación de los subcontratos por parte de la Constructora desde el inicio del proyecto, permite que estén involucrados desde un principio con el mismo, definiendo en que momento ingresarán a la obra a realizar su trabajo, logrando así que todos los agentes puedan organizarse de mejor manera.

Para lograr gestionar adecuadamente las adquisiciones se deberá realizar los siguientes procesos:

- Planificar la Gestión de las Adquisiciones: se deberá realizar una planificación adecuada según las necesidades del proyecto con los servicios a contratar.
- Efectuar la Gestión de las Adquisiciones: a partir de las respuestas obtenidas de los vendedores se seleccionará un proveedor calificado y se adjudicará un contrato a dicho servicio.
- Controlar la Gestión de las Adquisiciones: se deberá supervisar que la ejecución de los servicios corresponda con lo establecido en el contrato de manera tal ambas partes queden conformes con el trabajo realizado.

3.3.2.10 GESTIÓN DE LA SALUD, PROTECCIÓN, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (HSSE)

Es conocido que los Proyectos de Construcción consideran en la práctica un plan de seguridad dentro de su planificación, pero establecer un plan de Gestión de la Salud, Protección, Seguridad y Medio Ambiente (HSSE) tal como aparece en la extensión de construcción, es indispensable para garantizar la seguridad de los trabajadores y del medio ambiente entorno al proyecto.

En muchos casos la implementación de estos procesos se realiza además con el objetivo de cumplir con las normativas o regulaciones obligatorias que existen en algunos proyectos o por solicitud de patrocinadores o propietarios. Es importante destacar que la ausencia de un programa o sistema de gestión de HSSE no necesariamente significa que el sistema empleado por la organización ejecutante sea inefectivo, así como también contar con un programa de gestión ambiental no significa que la organización ejecutante cumplirá con todo los aspectos establecidos acerca de los trabajos.

Para asegurar la correcta gestión de Salud, Protección, Seguridad y Medio Ambiente será necesario realizar los siguientes procesos:

- Planificar la Gestión de los proyectos HSSE: se establece las condiciones que se deben cumplir para proporcionar un entorno de trabajo seguro y saludable para evitar daños a las personas o daño al medio ambiente.
- Efectuar la Gestión de los proyectos HSSE: se implementan los diversos planes de HSSE y se evalúa regularmente los resultados de la gestión.
- Monitorear la Gestión de los proyectos HSSE: se controla si las actividades de la organización ejecutante cumplen con los requisitos de seguridad y medio ambiente preestablecidos.

3.3.2.11 GESTIÓN FINANCIERA

Es importante que los directores de proyectos en construcción conozcan los fundamentos de la gestión financiera con el fin de comprender mejor y poder asesorar al promotor con las decisiones financieras a tomar acerca del proyecto.

Dependiendo del tamaño de los proyectos de construcción dependerá el tipo de financiación que pueda tener en efectos de corto o largo plazo. Cada uno de estos aspectos repercute en los acuerdos de financiación y en la

financiación de proyectos de construcción y soluciones adoptadas para el proyecto.

Dentro de la organización, la gestión financiera se ocupa de la gestión eficiente y eficaz de fondos de manera tal que se alcancen los objetivos organizacionales.

Para lograr llevar una buena Gestión Financiera se deberá realizar los siguientes procesos:

- Planificar la Gestión Financiera: se deberá identificar y proporcionar todos los requisitos financieros para el proyecto, asimismo se deberá asignar recursos para asegurar que las tareas financieras se completen a tiempo.
- Monitorear la Gestión Financiera: se deberá llevar un efectivo control financiero y de costos para garantizar que todos los elementos estén dentro del presupuesto y la previsión de efectivo financiero. Esto se consigue a partir de informes periódicos de avance.

3.3.2.12 GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

La Gestión de la Integración, tal como su nombre lo indica, integra a todos los procesos y actividades dentro del Plan integrador (Plan de Proyecto + BEP) y que son fundamentales para alcanzar el éxito del proyecto. Esta área es específica del Director del Proyecto ya que él es el único que tiene la visión general del proyecto.

Dentro de esta Área de conocimiento se encuentran los siguientes procesos:

- Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: como se desarrolló previamente durante este proceso comenzará a elaborarse el Plan para la Dirección del Proyecto dentro del Plan Integrador.
- Dirigir el Proyecto: se deberá ejecutar el trabajo definido en el Plan de Proyecto e implementar los cambios que fueran aprobados por el control integrado de cambios.
- Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto: se deberá supervisar el avance general del proyecto para comprender el estado en el que se encuentra y así poder visibilizar las acciones futuras.
- Realizar el control Integrado de Cambios: se deberá revisar las solicitudes de cambio recibidas, y a partir de ello, aprobar y gestionar los cambios a entregables, documentos de proyecto y los distintos Planes de

Proyecto, comunicando las correspondientes decisiones. Este proceso se realiza desde el principio del proyecto hasta su finalización.

3.3.3 Procesos de Cierre

El desarrollo de estos procesos está relacionado con el fin de las actividades del proyecto o una fase en particular. Durante este proceso se finaliza con el trabajo planificado y a partir de la información obtenida de los distintos procesos se desarrollan las Lecciones Aprendidas que servirán para tener en cuenta en futuros proyectos.

Los procesos de cierre son:

- Cerrar el Proyecto: se finalizará las actividades del proyecto, fase o contrato.
- Cerrar la Gestión de los Recursos: a medida que finalizan las obras, se deberá reasignar los recursos del proyecto, tanto físicos como humanos, a otras obras o ser devueltos.
- Cerrar la Gestión de las Adquisiciones: este proceso es propio de la construcción y consiste en que a medida que van finalizando los trabajos, se pueden ir cerrando ciertos contratos, independientemente de la finalización del proyecto general.

A continuación se esquematizan todos los procesos y Áreas de conocimiento que componen la Metodología propuesta:

Áreas de conocimiento	Grupos de proceso de gestión de proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
Gestión de la Integración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Acta de constitución del Proyecto + Pre-BEP 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Dirección de Proyecto + Plan de Ejecución BIM (BEP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigir el Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto • Realizar el control Integrado de Cambios 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar el Proyecto o Fase
Gestión del Alcance del Proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el Alcance • Definir el Alcance • Crear la EDT 		<ul style="list-style-type: none"> • Validar el Alcance • Controlar el Alcance 	
Gestión del Cronograma del Proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la gestión del Cronograma • Definir las actividades • Desarrollar el cronograma 		<ul style="list-style-type: none"> • Controlar el Cronograma 	
Gestión de los Costos del Proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la gestión del Costo • Estimar los costos • Determinar el presupuesto 		<ul style="list-style-type: none"> • Controlar los Costos 	
Gestión de los Riesgos del Proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la Gestión del Riesgo • Identificar los Riesgos • Análisis Cualitativo • Análisis Cuantitativo • Planificar la Respuesta a los Riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la respuesta a los Riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear los Riesgos 	
Gestión de los Interesados del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a los interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el Involucramiento de los Interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar el Involucramiento de los Interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear el Involucramiento de los Interesados 	

Áreas de conocimiento	Grupos de proceso de gestión de proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
Gestión de la Calidad del Proyecto		• Planificar la gestión de la Calidad	• Gestionar la Calidad	• Controlar la Calidad	
Gestión de los Recursos del Proyecto		• Planificar la gestión de los Recursos	• Efectuar la Gestión de los Recursos	• Monitorear y controlar los Recursos	• Cerrar la Gestión de los Recursos
Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		• Planificar la Gestión de las Comunicaciones	• Gestionar las Comunicaciones	• Monitorear las Comunicaciones	
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		• Planificar la Gestión de las Adquisiciones	• Efectuar la Gestión de las Adquisiciones	• Controlar la Gestión de las Adquisiciones	• Cerrar la Gestión de las Adquisiciones
Gestión de salud, seguridad, protección y medio ambiente (HSSE) del proyecto		• Planificar la Gestión de los proyectos HSSE	• Efectuar la Gestión de los proyectos HSSE	• Monitorear la Gestión de los proyectos HSSE	
Gestión financiera del proyecto		• Planificar la Gestión Financiera		• Monitorear la Gestión Financiera	
	Guía de PMBOK® Áreas de conocimiento y grupos de procesos incluidos en la extensión de construcción.				
	Áreas de conocimiento y grupos de procesos específicos de la construcción exclusivos de la extensión de la construcción.				
A	Implementación Usos BIM a Procesos				

Tabla 4. Esquema de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento de IBCM. Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

Al principio del trabajo se explicó la situación actual de gran parte del sector de la Industria de la Construcción y la necesidad de actualizar sus procesos en la Dirección de Proyectos. Por otro lado se analizó la Metodología BIM y la gran cantidad de ventajas que ofrece esta tecnología a partir de los usos BIM. Al analizar ambas metodologías se podía ver que muchos de los procesos coincidían, por ejemplo la Gestión del Cronograma y la Planificación 4D, por lo que se estaba duplicando la información. Si bien existen otras metodologías como IPD, que ofrece una metodología colaborativa incorporando BIM, se considera que el Project Manager pasa a ser un agente más y pierde su lugar de liderazgo y gestión global del proyecto. La propuesta de crear una nueva metodología que incorpore los usos BIM a los flujos de trabajo permite por un lado delegar al BIM Manager toda la gestión tecnológica de los procesos de construcción, mientras que el Project Manager se aboca a gestionar todos los procesos que forman parte del proyecto sirviéndose de BIM.

A partir de esta introducción y luego del desarrollo del presente trabajo se llega a las siguientes conclusiones:

Se puede observar como los procesos van evolucionando dado el rápido crecimiento tecnológico y es importante saber cómo estas pueden impactar y mejorar en los procesos de la gestión de proyectos de construcción.

Se puede ver claramente como los distintos usos BIM ayudan y complementan al Project Management durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Si bien se puede destacar que la implementación de BIM aporta mayores beneficios en cuanto a la programación (4D) y estimación de coste (5D), también es fundamental para enriquecer el alcance, los riesgos y sobre todo a los interesados que es fundamental para el éxito del proyecto.

Otro de los grandes beneficios para el Project Management es la comunicación, ya que mediante la tecnología BIM se proporciona el medio para que todos los agentes compartan la misma información al mismo tiempo de manera que se mejora la transparencia en el trabajo en equipo.

De esta manera con la incorporación de los usos BIM en esta nueva Metodología se eliminan las duplicidades buscando simplificar la Gestión de Proyectos de construcción que cada vez son más complejos.

A pesar del desarrollo de la tecnología BIM, aún sigue habiendo áreas que no son incorporadas en los software y eso abre la posibilidad a nuevos desarrollos tecnológicos para seguir mejorando la gestión.

A partir de las conclusiones elaboradas se proponen las siguientes líneas de investigación:

- Como se comentaba en el apartado de riesgos, si bien BIM proporciona información que ayuda a mejorar la gestión de los riesgos, se podría desarrollar un software que permita identificar los riesgos y realizar el análisis cualitativo y cuantitativo sin tener que recurrir a otros programas.
- Lo mismo ocurre con la gestión de la calidad, se podrían desarrollar un tipo de software que a partir de ciertos parámetros iniciales permita gestionar, junto con el LOD de BIM, los requisitos establecidos desde un principio.
- Desarrollar un sistema de logística, que vincule las adquisiciones, previamente modelados en BIM, con la programación y los proveedores, de manera tal que quede todo sincronizado.
- Analizar cómo esta nueva metodología se podría adaptar para el desarrollo de proyectos de pequeña envergadura.

BIBLIOGRAFIA

AIA, T. A. I. of A. (2007) 'Integrated Project Delivery: A Guide', *Integrated Project Delivery: A guide*. doi: 10.1016/j.autcon.2010.09.002.

Bennett, N. A. (2017) 'PRINCE2'.

buildingSMART alliance® (2010) *BIM Project Execution Planning Guide*. Available at: <https://www.nibs.org/page/bsa>.

European Commission (2016) *PM² Project Management Methodology*. doi: 10.1201/b15518-3.

International Organization for Standardization (2012) 'ISO 21500', 2012, p. v+40.

Juan Felipe Pons Achell (2014) *Introducción a Lean Construction Introduccion a ean construction*. 1ª edición. Edited by Fundación Laboral de la Construcción.

Lean Construction Institute (2019). Available at: <https://www.leanconstruction.org/>.

Pennsylvania State University (2010) 'Building Information Modeling Execution Planning Guide - Version 2.0', *The Computer Integrated Construction Research Program (CIC)*. Available at: http://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/downloads/Guide/BIM_PxP_Guide-V2.0.pdf.

Project Management Institute, I. (2016) *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. Project Management Institute, Inc. Available at: www.PMI.org.

Project Management Institute, I. (2017) *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Project Management Institute, Inc. Available at: www.PMI.org.

Reyes; Cordero; Candelario (2016) *BIM, Diseño y Gestión de la Construcción*. 2016th edn. Madrid: EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA.

es.BIM. (06 de 2019). Obtenido de <https://www.esbim.es/>

BIMnD. (06 de 2019). Obtenido de <https://www.bimnd.es/>

Portal Ondac. (06 de 2019). Obtenido de <https://portal.ondac.com>