



REVISTA INGENIO

Propuesta de gestión para la adopción de BIM en empresas fabricantes

Management proposal for the adoption of BIM in manufacturing companies

Alex Mauricio Guzmán Flores | Universidad Central del Ecuador
Mohammadfarid Alvansazyazdi | Universidad Central del Ecuador

ARTICLE HISTORY

Received: 20/07/2022
Accepted: 23/12/2022

PALABRAS CLAVE

BIM, fabricantes, proveedores, PMI, gestión, objetos BIM.

KEYWORDS

BIM, manufacturers, suppliers, PMI, management, BIM objects.

RESUMEN

La adopción de BIM en el sector de la construcción ha generado en los diseñadores de proyectos la necesidad de información precisa, fiable y detallada sobre los componentes que utilizarán en sus modelos, y los fabricantes de estos componentes pueden proporcionar esta información mediante catálogos de objetos BIM. Al proporcionar esta información, es más probable que los diseñadores usen sus productos en proyectos que aplican esta metodología, lo que genera más oportunidades comerciales. El presente artículo propone un modelo de gestión para implementar BIM en empresas fabricantes, en el que se consideran las recomendaciones realizadas por el Project Management Institute (PMI) en su Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos y, además, se propone un estándar para la creación de objetos BIM que permita su interoperabilidad y garantice la calidad de la información de un catálogo BIM.

ABSTRACT

The adoption of BIM in the construction sector has generated in project designers the need for precise, reliable and detailed information about the components that they will use in their models, and the manufacturers of these components can provide this information through object catalogs BIM. By providing this information, designers are more likely to use your products in projects that apply this methodology, leading to more business opportunities. This article proposes a management model to implement BIM in manufacturing companies, which considers the recommendations made by the Project Management Institute (PMI) in its Guide to the Fundamentals for Project Management, and also proposes a standard for the creation of BIM objects that allow their interoperability and guarantee the quality of the information in a BIM catalogue.

I. INTRODUCCIÓN

El modelado de información para la construcción (BIM) o building information modeling, es una metodología que permite simular virtualmente cómo se verá el proyecto a lo largo de su ciclo de vida, lo que permite una planificación más precisa y una mejor ejecución [1]. BIM trabaja bajo el concepto de interoperabilidad y permite que el desarrollo de un proyecto se lleve a cabo de manera integrada y colaborativa entre los involucrados. Un modelo BIM contiene toda la información gráfica y no gráfica de los componentes del proyecto, es decir, los datos geométricos, espaciales, geográficos, así como las

especificaciones técnicas, normas de referencia, peso, limitaciones, rendimientos, entre otras.

Un mejor entendimiento de la secuencia constructiva, manejo más eficiente de la información, integración interdisciplinaria del proyecto, detección de interferencias, mejor manejo de cantidades de obra y presupuesto, entre otros, los principales beneficios de la adopción BIM y dan como resultado una mejor calidad final del proyecto [2]. Los proyectos BIM, no solo se basan en modelar un diseño, sino su verdadero concepto incluye también análisis, fabricación, simulación, gestión, etc. [3].

En consecuencia, los diseñadores requieren información precisa, fiable y detallada sobre los componentes que utilizarán en sus proyectos, y los fabricantes de estos componentes pueden proporcionar esta información mediante catálogos de objetos BIM. Al proporcionar esta información, es más probable que los diseñadores usen sus productos en proyectos que aplican esta metodología, lo que genera más oportunidades comerciales.

La presente propuesta, considera los aspectos organizacionales que implica la adopción de BIM en empresas fabricantes y proporciona una guía de cómo convertir sus catálogos tradicionales en catálogos BIM.

2. MÉTODO

Se propone un modelo de gestión para implementar BIM en empresas fabricantes, en el que se consideran las recomendaciones realizadas por el Project Management Institute (PMI) en su *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*, PMBOK. Además, se propone un estándar para la creación de objetos BIM, basado tanto en el formato IFC, tomando consideraciones del estándar eCOB, y la guía planteada por Bimética. La adopción de estos estándares garantiza que la información contenida en los objetos BIM mantengan un nivel de calidad, sin importar cuál sea su origen. El estándar propuesto detalla los fundamentos esenciales para la creación de objetos BIM y simplifica el entendimiento de los diferentes aspectos que se deben considerar previo a entregar un objeto BIM [2].

La estandarización de los datos en un objeto BIM facilita la interoperabilidad del proyecto. El estándar BIM con mayor reconocimiento es el Industry Foundation Class (IFC), el cual es un estándar abierto para representar toda la información en un modelo que se pueda intercambiar y compartir entre soluciones de software diferentes y viene definido por la Norma ISO 16739, Industry Foundation Classes for data sharing in the construction and facility management industries [4]. Otro de los estándares más reconocidos es el estándar de creación de objetos BIM, eCOB, el mismo que ha sido elaborado por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (ItC) y se presenta como una herramienta que facilita la interoperabilidad entre todos los agentes que participan en un proyecto de construcción, ya sea de edificación o de obra civil [5]. Otro estándar de amplio reconocimiento es el propuesto por Bimética con su Guía de desarrollos de objetos BIM, la misma que presenta una estructura de datos y parámetros globales combinados con diferentes conceptos, tales como las fases, dimensiones y niveles del BIM dentro de un proyecto [6].

2.1. BIM PARA FABRICANTES

Una empresa fabricante que decida adoptar BIM en el catálogo de productos debe considerar aspectos iniciales, tal como se detalla en la tabla 1 (ver Tabla 1).

2.1.1. Fundamentos para la creación de contenido BIM

El conocimiento de BIM es imprescindible para cualquier empresa fabricante que quiera implementar esta metodología en su catálogo de productos. De acuerdo con las normas ISO 19650-1:2021 e ISO 19650-2:2021, la información BIM debe ser generada con un propósito específico, para que algún actor pueda hacer uso de ella [7]. En consecuencia, los fabricantes que adopten BIM deberán digitalizar sus catálogos de productos basados en un estándar que garantice que las características del producto puedan ser correctamente interpretadas por la persona que los utilice. Para ello, es importante definir las dimensiones y niveles de BIM que se necesitan durante las diferentes fases del proyecto.

Fases, dimensiones y niveles de BIM

Fases del proyecto

Las fases de un proyecto corresponden a la línea de tiempo de un proyecto de construcción desde la planificación inicial hasta su demolición. La tabla 2 describe brevemente cada fase del proyecto (ver Tabla 2).

Dimensiones BIM

BIM considera las dimensiones que se detallan en la tabla 3 (ver Tabla 3):

Niveles BIM

Nivel de desarrollo (LOD) o Level of development, es el criterio del cual se desprenden dos subconceptos: nivel de geometría (LOG) y nivel de información (LOI) [8].

Niveles de desarrollo LOD

En la tabla 4 se describen los niveles de desarrollo (ver Tabla 4).

Niveles de geometría (LOG)

Los niveles de geometría son descritos en la tabla 5 (ver Tabla 5).

Tabla 1*Aspectos iniciales a considerar por una empresa fabricante*

ASPECTOS	CONSIDERACIONES
Productos a digitalizar	Si el fabricante tiene varias líneas de productos, se recomienda que en el desarrollo del catálogo BIM, la inversión inicial sea cautelosa y avance paso a paso. Si realiza inversiones incrementales, las mejoras pueden detectarse e incorporarse a la estrategia general del proyecto.
Inversión requerida y retorno	Depende de la cantidad de objetos BIM y las variantes e idiomas de formato de software requeridos, así como el mercado al que pretende ingresar. El retorno dependerá de las metas que se plantee la empresa, estas pueden ser: presencia en el mercado, número de descargas de los catálogos o participación directa en proyectos.
Calidad de la información	El fabricante tiene que verificar que la información contenida en el objeto BIM sea correcta y también tiene que verificar su usabilidad en el proyecto. Si un fabricante no realiza un control de calidad de la información que incluye en su catálogo BIM, no solo pierde la inversión que ha realizado, sino que proporciona información errónea a sus potenciales clientes, lo que a la larga conlleva un perjuicio para la empresa.
Estrategia de prescripción BIM	Una estrategia es brindar servicios de apoyo a los profesionales a través de un departamento de soporte BIM que ayude a los usuarios a utilizar su catálogo.
Requerimientos legales de una biblioteca BIM	La información de los objetos BIM puede ser legalmente vinculante para el fabricante. Por lo tanto, es importante que los fabricantes validen la información contenida en sus bibliotecas BIM antes de ingresar al mercado.
Derechos de autor de una biblioteca BIM	Es muy importante que los derechos de propiedad intelectual pertenezcan al fabricante, de lo contrario el desarrollador del catálogo puede restringir el uso de la biblioteca BIM. Los objetos BIM deben ser originales, es decir, no una copia desarrollada por un tercero o de la biblioteca de otro fabricante.
Responsable del desarrollo del catálogo BIM	El responsable del desarrollo de catálogos BIM debe ser personal capacitado. Si la empresa no dispone de recursos internos, puede subcontratar el trabajo a empresas que se especializan en el desarrollo de objetos BIM.

Nota. [2].**Tabla 2***Fases de un proyecto*

No.	FASE
F1 - Fase 1	Planificación y programa
F2 - Fase 2	Diseño
F3 - Fase 3	Coordinación y análisis
F4 - Fase 4	Documentos constructivos
F5 - Fase 5	Licitación
F6 - Fase 6	Construcción
F7 - Fase 7	Gestión y mantenimiento
F8 - Fase 8	Reforma/demolición y reciclaje

Nota. [6]**Tabla 3***Dimensiones BIM*

DIMENSIÓN	Nombre
D3 - Dimensión 3	Modelo BIM
D4 - Dimensión 4	Construcción
D5 - Dimensión 5	Costes
D6 - Dimensión 6	Sostenibilidad
D7 - Dimensión 7	Gestión
D8 - Dimensión 8	Seguridad y salud

Nota. [6]

Tabla 4*Niveles de desarrollo LOD*

Nombre	Descripción
LOD 100	Geometría con información y símbolos aproximados.
LOD 200	Anteproyecto. Se identifica las disciplinas de trabajo. Información aproximada.
LOD 300	Documentos constructivos. Se tiene información para comenzar tareas de presupuesto y licitaciones.
LOD 350	Coordinación. El nivel donde se conecta el mismo nivel de información en todas las disciplinas.
LOD 400	Construcción. Detalles sobre fabricación y ensamblaje de los sistemas.
LOD 500	Gestión del edificio. Contiene información sobre costos, tiempos de operación, mantenimiento, garantía y proveedores de servicio.
LOD 600	Contiene información sobre desmontaje, demolición, reforma y reciclado de los materiales.

Nota. [6]

Tabla 5*Niveles de geometría LOG*

Nivel	Descripción
Básico	Se representa esquemáticamente el volumen que ocupa un objeto en el proyecto.
Medio	Se detalla la geometría dimensional del elemento de manera simplificada.
Detallado	Se representa de manera detallada todas las características geométricas del elemento.

Nota. [5].

Tabla 6*Niveles de información LOI*

Nombre	Descripción
LOI 100	Información suficiente para aproximar productos y sistemas constructivos. Nivel anteproyecto.
LOI 200	Información necesaria para desarrollar los documentos constructivos e iniciar procesos de licitación y presupuestos.
LOI 300	Información que reúne todos los datos del proceso constructivo.
LOI 400	Información para la gestión y mantenimiento del edificio.

Nota. [6].

Niveles de Información (LOI)

Los niveles de información se describen en la tabla 6 (ver Tabla 6).

RELACIONES CON EL FORMATO IFC

Todo elemento BIM cumple una función específica en un proyecto y se organizan según su tipología. De acuerdo al estándar IFC, los datos se organizan en base a grupos de propiedades o «Psets» (forma abreviada de property sets) que son identificados en el esquema IFC. La clasificación de los Psets se muestra en la tabla 7 (ver Tabla 7).

OBJETOS BIM

Los objetos BIM se organizan por clases, tipos, elementos y materiales y se describe en la tabla 8 (ver Tabla 8).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

GUÍA PARA LA CREACIÓN DE OBJETOS BIM

Los objetos BIM deben cumplir los siguientes requisitos generales:

- Los objetos BIM deben tener como mínimo un nivel de información LOI 200 y lo recomendable es un LOI 300.
- Los objetos BIM deben tener al menos un nivel de geometría, al menos correspondiente a un LOG medio.
- Los objetos BIM deben identificarse de acuerdo a la plataforma de modelado para la que fueron creados.
- El objeto BIM se clasificará asignando la clase IFC correspondiente.
- Los objetos BIM se identificarán utilizando un tipo BIM, que describe un grupo de elementos que tienen características comunes de sus clases IFC. Todos los objetos del proyecto deben pertenecer a un tipo BIM [2].

Tabla 7*Estructura property sets*

No.	Nombre Pset
1	Pset: Identificador
2	Pset: Identidad legal
3	Pset: Ifc element
4	Pset: Especificación
5	Pset: Prescripción
6	Pset: Análisis
7	Pset: Clasificación
8	Pset: Logística
9	Pset: Gestión y mantenimiento
10	Pset: Seguridad y salud
11	Pset: Sostenibilidad y ciclo de vida

Nota. [6].

Tabla 8*Organización de los objetos BIM*

CLASES BIM	Agrupación más general en la que se puede clasificar los elementos de un proyecto.
Tipos	Cada uno de los grupos de elementos de un modelo BIM estructurados de un mismo modo y que tienen la misma forma general y propiedades principales. Cada uno de los tipos tienen cabida dentro de una clase.
Elementos	Son cada uno de los elementos que componen un proyecto y tienen información única que los diferencian de otros elementos del mismo tipo.
Materiales	Representan la materia que constituye un elemento BIM. De acuerdo al formato IFC, las propiedades mínimas que debe contener un material son: nombre, color, espesor y en el caso de elementos multicapa se debe especificar el orden de disposición de cada capa.

Nota. [2].

FORMATO O SOFTWARE DE DESARROLLO

Existen diferentes softwares que utilizan la metodología BIM. La empresa fabricante debe analizar cuál es el de mayor adopción de acuerdo a la disciplina a la que pertenece su producto.

IDIOMA DE LOS OBJETOS BIM

Esto dependerá de los países en los que pretenda distribuir la biblioteca y, en algunos casos, de la funcionalidad del propio software. Si es una estrategia global se recomienda el desarrollo en el idioma inglés.

PESO DE LOS OBJETOS BIM

Un objeto BIM es demasiado pesado, puede suponer una carga innecesaria para todo el modelo del proyecto, lo que reduce el rendimiento del software y dificulta el trabajo de los profesionales. La importancia de un objeto BIM radica en la información de valor que aporta al pro-

yecto [6]. El peso medio recomendado para un objeto BIM está entre 450 y 650 kb. [2].

CRITERIOS DE NOMENCLATURA

Los criterios de nomenclatura para un objeto BIM se detallan en la tabla 9 (ver Tabla 9).

VALORES DE LAS PROPIEDADES

- Los valores de las propiedades pueden ser:
 - Ángulo (medido en grados)
 - Booleano (sí /no)
 - Número entero (2, 3, 4...)
 - Etiqueta (texto preconfigurado)
 - Fecha (dd/mm/aaaa)
 - Número (decimales y coma separadora)
 - Texto
- Los valores numéricos que se le asignen a las propiedades no deben contener su unidad de medida, ya

Tabla 9*Criterios de nomenclatura para objetos BIM.*

NOMBRE	CRITERIO DE NOMENCLATURA
Forma de escritura	Las descripciones de los elementos BIM se generarán usando la forma de escritura denominada «CamelCase»
Nombre del tipo BIM	[NombreTitular]_[DescripcionAbreviada]_[ProductoMaterial]_[Año/VersionPrograma]*
Nombre del material BIM	[Codigo]_[NombreMaterialBIM]_[FormaMaterial]_[(ProductoMaterial)]*
Nombre de las geometrías BIM	En los casos en que los tipos BIM tienen diferentes geometrías es necesario dar un nombre específico a cada variable de geometría. Por ejemplo, columnas: dimensión X x dimensión Y
Nombre de las propiedades	Se debe especificar su unidad de medida sin superíndices o subíndices y se la colocará a continuación del nombre separada por un guion bajo. Por ejemplo: Peso_(kg)

Nota. [2].

que esta debe estar especificada en el nombre de la propiedad.

- En caso de que el valor numérico no sea un número entero, sino un número decimal, el separador de decimales debe estar separado con una coma.
- El número de decimales debe limitarse al estrictamente necesario para la adecuada interpretación de la propiedad.
- Las propiedades deberán tener como unidad de medida las pertenecientes al Sistema Internacional de Unidades, salvo las propiedades cuya unidad sea estrictamente necesario expresar en otro sistema de medida.
- Se deben utilizar las unidades del Sistema Internacional de Unidades que estén especificadas en la normativa para cada tipo BIM, o en caso de que no estén normadas, se debe usar la más apropiada para su correcto entendimiento.
- Se declararán en milímetros las unidades de longitud básicas que se utilicen para definir largos, anchos, espesores y profundidad.
- Las propiedades cuyos valores sean específicos para cada proyecto, deberán ser declarados SP, que quiere decir, según proyecto.
- Las propiedades que no sean aplicadas para un determinado tipo, deben ser declaradas n/a, que significa no aplica.

REQUISITOS DE INFORMACIÓN

Los requisitos de información de cada objeto están vinculados a la clase IFC a la que pertenece. Una propiedad solo puede tener una única aparición o instancia dentro de los grupos de propiedades o Psets que definen el objeto. Si una propiedad puede tener varias apariciones o instancias, se incluirá en el primer Pset que sea posible contenerla según el orden establecido por el formato IFC [5].

Para cada propiedad se da:

- El nombre en el idioma establecido
- El formato de los datos
- La unidad de medida
- Información sobre la propiedad y la obtención del valor a consignar

REQUISITOS GRÁFICOS

Los objetos BIM deben estar estructurados de tal manera que representen su geometría dentro del modelo virtual y deben cumplir los requisitos que se detallan en la tabla 10 (ver Tabla 10).

REQUISITOS DE USABILIDAD

Los objetos BIM deben ser creados, de tal manera que sin importar cuál sea el software o la plataforma de modelado, cumplan parámetros que garanticen su óptima funcionalidad e incorporación a proyectos elaborados bajo la metodología BIM [9].

- Un objeto BIM se crea para que funcione adecuadamente en la plataforma de modelado en la que se va a aplicar.
- La inclusión de un objeto BIM sobre un objeto BIM anfitrión no modificará la utilidad del objeto BIM anfitrión, ni obstaculizará el adecuado funcionamiento del modelo BIM total.
- Los objetos BIM deben elaborarse de forma que conecten correctamente con otros objetos que forman parte del modelo digital, de forma que la resolución constructiva sea coherente y no esté en contra de la práctica constructiva o de la normativa vigente [5].

NOMBRES DE LOS ARCHIVOS

Cada archivo tendrá un nombre único utilizando los criterios de nomenclatura descritos previamente. La extensión del archivo dependerá del software para el que ha sido creado [2].

IDENTIFICACIÓN GRÁFICA DEL OBJETO

Para identificar un objeto BIM dentro de una librería, se debe utilizar imágenes que representen gráficamente al elemento, para ello se puede usar imágenes ráster y en el

Tabla 10*Requisitos gráficos de los objetos BIM*

Geometría general del elemento constructivo que representa	Los objetos deben ser representados en escala 1:1 Los objetos tendrán geometría paramétrica proporcionada por sus clases IFC correspondientes. Se debe representar las dimensiones y se debe definir los puntos adecuados para la correcta inserción del elemento en el modelo virtual. Las dimensiones deben ser declaradas en milímetros.
Forma y dimensiones	El objeto BIM debe ser modelado de tal manera que se pueda visualizar los detalles y el contorno del mismo. Es decir, se deben apreciar aberturas, vacíos o demás particularidades que tenga el elemento con el fin que el elemento BIM represente de manera adecuada las características de forma del elemento.
Escalas de representación previstas	Los objetos BIM deberán ser creados de tal manera que permitan su representación gráfica en modelos 2D, 3D y que puedan ser visualizados en escalas 1:20, 1:50 y 1:100.
Símbolos	Se permite utilizar símbolos o íconos en los objetos BIM cuando sea necesario detallar conceptos adicionales a su forma y geometría, como, por ejemplo, flechas para representar sentidos de flujo.
Límites espaciales	En los objetos BIM que se precise detallar el espacio en los que influye su desempeño, o el necesario para su instalación y mantenimiento, se debe detallar un entorno 2D O 3D que lo delimite, como, por ejemplo, el espacio que cubren los rociadores antiincendios o el espacio que iluminan las lámparas.
Materiales y superficies	De acuerdo al formato IFC, los materiales deben estar representados con colores pertenecientes a la escala RGB. Además, se debe definir las transparencias que se consideren adecuadas a las capas del objeto. En el software de modelado también se pueden añadir texturas e imágenes raster que sean útiles para la mejor visualización de los objetos en el modelo virtual del proyecto.
Conexiones y relaciones con otros elementos	Acorde al nivel de detalle que se requiera, los objetos BIM pueden tener conexiones o estar relacionados a otros. Por ejemplo, tuberías y accesorios.

Nota. [2].

caso de materiales BIM, se puede utilizar una imagen que represente su superficie o textura.

así como a estructurar el plan de trabajo y define procesos de evaluación, control y monitoreo.

TRANSMISIÓN Y ENTREGA DE OBJETOS

Previo a la publicación en una biblioteca web de objetos BIM, se debe entregar los siguientes contenidos:

- ADP: el archivo de plataforma de modelado. El objeto BIM.
- DIO: documento de instrucciones del objeto en formato PDF, en el que se debe precisar el alcance del objeto, su funcionalidad y sus instrucciones para el modelado.
- IGO: identificación gráfica del objeto.
- FTO: ficha técnica del objeto, que debe ser presentado en formato xls.

PROPUESTA DE GESTIÓN PARA LA ADOPCIÓN DE BIM EN EMPRESAS FABRICANTES

La propuesta de gestión considera las recomendaciones realizadas por el Project Management Institute (PMI) en su *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*, PMBOK. El uso de esta guía incrementa la posibilidad de éxito del proyecto, además, ayuda a definir el modelo de gestión a emplearse en cada una de las fases del proyecto,

INICIO DEL PROYECTO

Los proyectos requieren un proceso de iniciación formal, en esta etapa es importante identificar al patrocinador, al director y a los interesados del proyecto.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INTERESADOS

Los interesados de un proyecto son todos quienes se ven afectados de manera directa o indirecta por su desarrollo [10]. En la tabla 11 se han identificado a los interesados en un proyecto de adopción BIM en empresas fabricantes, en la que se ha incorporado la importancia e interés de los mismos y el estilo de dirección requerido con cada uno de ellos para una adecuada gestión de las expectativas (ver Tabla 11).

DEFINICIÓN DEL TRABAJO

Se determinan los objetivos, el alcance, el método de implementación, el presupuesto y los plazos.

Tabla 11*Interesados del proyecto*

CATEGORÍA	INTERESADO	INFLUENCIA	INTERÉS	ESTILO DE DIRECCIÓN
Patrocinador	Gerente general	Alta	Alto	Son los interesados más importantes para el proyecto. Estos individuos y grupos deben manejarse muy de cerca y mantenerse plenamente involucrados en el proyecto. El equipo debe hacer los mayores esfuerzos para satisfacer sus necesidades.
Director del proyecto	Ingeniería de proyectos	Alta	Alto	
Equipo del proyecto	Gerencia técnica	Alta	Alto	
	Gerencia de calidad			
	Gerencia comercial			
	Jefe de diseño y proyectos	Media	Alto	
	Jefe de sistemas			
	Adquisiciones			
Proveedor	Jefe de producción y mantenimiento			
	Personal de ventas			
	Colaboradores internos			
Proveedor	Proveedores de servicios BIM	Alta	Alto	
Clientes	Distribuidores y ferreterías	Media	Alto	
	Empresas constructoras			
	Ingenieros civiles			
	Arquitectos			
	Personas naturales			
	Gobiernos locales			
Financiamiento Terceros	Entidades bancarias	Baja	Bajo	Estos individuos y grupos deben ser manejados de cerca para asegurarse de que se satisfacen sus necesidades, pero se debe evitar hacerlo de manera excesiva.
	Competencia local	Baja	Bajo	
	Competencia regional			
	Mercado local			
	Mercado regional			
	Cámaras y colegios			
	Sociedad			

Nota. [2].**OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- Desarrollar un catálogo de objetos BIM de calidad
- Adaptar a la empresa a los procesos de la implementación de BIM
- Desarrollar un plan de marketing para posicionar los productos en el entorno BIM
- Definir procesos de evaluación, control y seguimiento de todos los procesos de gestión de proyecto

ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance según la etapa del proyecto se detalla en la tabla 12 (ver Tabla 12).

ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN

En la tabla 13 se propone un ejemplo de estimación del tiempo de duración del proyecto (ver Tabla 13).

ESTIMACIÓN DEL COSTO

En la gestión de costos, la empresa fabricante debe identificar todos los aspectos en los que se deberá invertir durante el ciclo de vida de proyecto. Estos aspectos pueden ser: talento humano capacitado, equipos de cómputo, licencias de software, estrategias de marketing, digitalización del catálogo, entre otros. Un ejemplo de los costos que deben estimarse para la adopción de BIM se muestra en la tabla 14 (ver Tabla 14).

El costo de digitalización de un catálogo BIM depende de factores como: el software de desarrollo, idioma, cantidad de líneas y variantes para cada producto, además, se debe analizar si se cuenta con recursos propios para realizar la digitalización o si existe la necesidad de exteriorizar el trabajo.

Tabla 12*Alcance del proyecto*

Inicio	Propuesta de proyecto Presupuesto referencial Validación del proyecto Prefactibilidad financiera Plan de gestión
Planificación	Análisis de productos a digitalizar Formato o Software de desarrollo Conformación del equipo de trabajo Idioma de los objetos BIM Estimación del presupuesto Estimación del cronograma Gerencia de proyecto
Ejecución	Generación de información de los productos Selección de proveedores Digitalización del catálogo Recepción de entregables Control de calidad de información gráfica Control de calidad de información no gráfica Control de calidad de la información Inclusión en librerías BIM Registro de derechos de autor de objetos BIM Implementación de las estrategias de marketing BIM
Monitoreo y Control	Control de calidad Reporte de descargas Reporte de ventas generadas Nivel de satisfacción de los usuarios Actualización de información
Cierre	Lecciones aprendidas Reporte de descargas del catálogo BIM Reporte de ventas generadas a partir de la prescripción del producto en proyectos BIM

Nota. [2].**ROLES Y FUNCIONES DEL EQUIPO DE TRABAJO**

Las responsabilidades de cada miembro del equipo de trabajo se observan en la tabla 15 (ver Tabla 15).

PLAN DE DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Las principales actividades que conlleva la gestión del proyecto de adopción BIM en una empresa fabricante se detalla en la tabla 16 (ver Tabla 16).

INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión ayudan al director a comprender el estado del proyecto, realizar un seguimiento del progreso y realizar ajustes en el curso del proyecto [11]. Los indicadores de gestión se utilizan para garantizar que

se cumplan los objetivos del proyecto y que el proyecto esté encaminado. En la tabla 17 se plantean indicadores que pueden aplicarse en un proyecto de adopción BIM (ver Tabla 17).

Las empresas fabricantes de insumos de la construcción son un eslabón muy importante en la cadena de suministro de cualquier proyecto civil, por ese motivo se vuelve indispensable la digitalización de sus productos para que puedan ser utilizados en los modelos virtuales que desarrollan los diseñadores de proyectos. De esta manera los fabricantes generan mayores oportunidades de negocio a la vez que mejoran la reputación de su marca al estar en la vanguardia tecnológica que la industria de la construcción requiere.

Figura 1

Estimación de la duración del proyecto.

FASE	DURACIÓN (MESES)	ENTREGABLES	MES												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Inicio	1	Plan de trabajo	■												
		Presupuesto referencial	■												
Planificación	2	Plan de gestión	■	■											
		Cotizaciones	■	■											
		Contratación de profesional BIM	■	■											
		Selección de proveedor de servicios BIM		■	■										
Ejecución	10	Fichas técnicas de los productos			■										
		Fotografías de los productos				■	■	■	■						
		Archivo de plataforma de modelado (objeto BIM)							■	■	■	■	■	■	
		Documento de instrucciones del objeto en formato PDF								■	■	■	■	■	
		Identificación Gráfica del Objeto									■	■	■	■	
		Registro en librerías BIM												■	■
		Invitaciones a eventos BIM													■
Monitoreo y control	Durante todo el proyecto e indefinido	Reporte de control de calidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		Reporte de asistencia eventos BIM													■
		Reporte de descargas													■
		Reporte de ventas generadas													■

Nota. [2].

Tabla 14

Estimación de costos del proyecto

Actividad	Descripción
Contratación de personal	Salario de un ingeniero civil modelador BIM
Licencias de software	Costo de la licencia del software elegido
Hardware	Ordenadores
Digitalización	Depende del número de líneas de producto y variantes a digitalizar.
Capacitación	Capacitación departamento técnico Capacitación personal de ventas
Marketing	Eventos BIM Publicación en librerías BIM Gastos administrativos Publicidad en medios

Nota. [2].

Es importante que la implementación de la metodología BIM en empresas fabricantes de insumos de la construcción se la realice considerando los principios que están delineados en la Guía de fundamentos para la Dirección de Proyectos del Project Management Institute, ya que así se puede establecer un plan de gestión en el que se consideren todas las áreas que están implicadas en el desarrollo del proyecto.

4. CONCLUSIONES

Se propone un modelo de gestión para implementar la metodología BIM en empresas fabricantes, considerando los lineamientos que recomienda el Project Management

Institute en la guía del PMBOK en sus sexta y séptima ediciones y se detalla un plan de dirección del proyecto en el que se determinan responsables, actividades, tiempos de ejecución y se establecen estrategias que permiten al director del proyecto, tener una comprensión clara del alcance y del tiempo de trabajo y detectar posibles conflictos, incluso antes de que comiencen.

La Guía para la creación de contenido BIM detalla los requisitos generales de información que tienen los objetos BIM para garantizar interoperabilidad y proporcionar una estructura de datos fiable. La información gráfica comprende: geometría general del elemento constructivo que representa, forma y dimensiones, escalas de representación previstas, símbolos, límites espaciales, materiales y superficies, conexiones y relaciones con otros elementos.

Tabla 15*Responsabilidades del equipo del proyecto*

CATEGORÍA	INTERESADO	RESPONSABILIDADES
Patrocinador	Gerente general	Financiamiento del proyecto Autoridad y responsabilidad mayor en el proyecto Dirección y visión de alto nivel Aprobación de solicitudes de cambios
Director del Proyecto	Ingeniería de proyectos	Gestionar el plan de trabajo a fin de garantizar que las tareas necesarias sean asignadas y completadas en el período de tiempo, en el tiempo establecido y con el presupuesto disponibles.
Equipo del Proyecto	Gerencia técnica	Coordinar la generación de información gráfica y no gráfica para la elaboración de objetos BIM
	Gerencia de calidad	Controlar la calidad de información generada durante todo el proyecto
	Gerencia comercial	Poner en marcha la estrategia comercial
	Jefe de diseño y proyectos	Trabajar en conjunto con el director del proyecto para la implementación de procesos BIM
	Jefe de sistemas	Publicación de librerías BIM en el portal empresarial y portales de servicios BIM
	Adquisiciones	Mantener el control de compras de software, hardware y servicios
	Jefe de producción	Colaborar en la implementación de procesos BIM
	Personal de ventas	Utilizar el catálogo BIM como herramienta de ventas
	Colaboradores internos	Colaborar en el proyecto.
Proveedor de servicios BIM	Proveedores de Servicios BIM	Digitalización de catálogos BIM

Fuente: [2]

Tabla 16*Plan de gestión para la adopción de BIM en empresas fabricantes*

GESTIÓN DE COSTOS Y TIEMPO DEL PROYECTO	<p>Verificar cumplimiento de las actividades en el tiempo establecido</p> <p>Evaluar el progreso del proyecto y verificar que el proyecto avanza de acuerdo con el plan de trabajo</p> <p>Verificar continuamente que el presupuesto esté alineado con el cronograma del proyecto</p> <p>Identificar imprevistos que interfieren con la ejecución del proyecto</p> <p>Si los cambios en el plan de trabajo son necesarios implementarlos en el tiempo, el costo y el alcance</p>
ESTRATEGIA DE MARKETING BIM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biblioteca BIM: desarrollo de un catálogo BIM de calidad 2. Difusión: difusión de la biblioteca BIM en plataformas y medios especializados 3. Promoción: promocionar de la marca en entornos BIM especializados 4. Servicios: ofrecer servicios BIM técnicos para participar en proyectos BIM 5. Captación: captar datos de profesionales y proyectos BIM para generar oportunidades de ventas 6. Prescripción: prescripción directa de los productos en proyectos BIM 7. Networking: alianzas con otros fabricantes de productos para presentar soluciones conjuntas
GESTIÓN DEL ALCANCE	<p>Identificar solicitud de cambio de alcance</p> <p>Determinar el impacto de la solicitud</p> <p>Informar al Patrocinador</p> <p>Agregar trabajo y costo incremental al cronograma</p> <p>Documentar y comunicar</p>

GESTIÓN DEL RIESGO	<p>Identificar todos los riesgos potenciales</p> <p>Analizar los riesgos utilizando técnicas cualitativas por probabilidad e impacto</p> <p>Analizar los riesgos utilizando técnicas cuantitativas por calendario, esfuerzo y costos</p> <p>Establecer un plan de gestión del riesgo que los administre de manera exitosa</p> <p>Monitoreo y control de riesgo</p>
GESTIÓN DE ADQUISICIONES	<p>Definir el proceso de adquisiciones</p> <p>Definir requisitos para gestionar la contratación de los recursos necesarios</p> <p>Roles y responsabilidades</p> <p>Identificar las necesidades de contratación</p> <p>Identificar los plazos y costos de los recursos solicitados</p> <p>Establecer los procesos a manejar con los proveedores</p>
GESTIÓN DE LA CALIDAD	<p>Para asegurarse que los entregables del proyecto sean de calidad se consideran los siguientes aspectos:</p> <p>Revisión de productos finales</p> <p>Inspecciones periódicas de todos los entregables del proyecto</p> <p>Verificar la información que se ha colocado en el catálogo BIM</p> <p>Métricas para el producto</p> <p>Se debe establecer indicadores que permitan medir el nivel de calidad de los objetos BIM</p> <p>Pruebas de calidad técnicas para verificación del cumplimiento de los estándares de calidad.</p>

Tabla 17

Indicadores de gestión

TIPO	INDICADOR	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
Tiempo	Predictibilidad de tiempo		Precisión de la estimación de la programación comparada a la duración real del proyecto
	Tiempo por unidad		Tiempo promedio por unidad producida
	Tiempo por defecto		Tiempo promedio gastado para rectificar/rehacer defectos y errores
	Atrasos		Porcentaje de actividades completadas sin atraso
	Número de objetos BIM		Número de objetos BIM creados por semana
	Input de datos		Número de entradas de datos no geométricos por semana
	Tiempo de modelado		Cantidad de HH de modelado por línea de producto
Costo	Predictibilidad de costo		Precisión de la estimación de costos comparada a costos reales del proyecto
	Sobrecosto		Costo de modificaciones de proyecto como % de costos del proyecto
	Costo por defecto		Costo de mano de obra y materiales para rectificar/rehacer defectos y errores.
	Implementación BIM		Presupuesto para implementación de BIM en relación al presupuesto total de inversión en tecnología

Ganancias	Contribución de negocio	Porcentaje ventas totales de proyectos BIM en relación a ventas totales
	Licitaciones ganadas	Porcentaje de licitaciones ganadas
Calidad	Deficiencias	Número de warnings (advertencias) en relación con el número de objetos BIM
	Consistencia de documentos	Porcentaje de inconsistencias en documentos en relación con el número de objetos
	Modificaciones de proyecto	Impacto porcentual de modificaciones de proyecto en el costo total
	Efectividad de modelado	Número de operaciones de modelado en relación con el total de objetos

Nota. [2].

La información paramétrica de cada objeto está vinculado a la clase IFC a la que pertenece. En función de si el objeto BIM es genérico o industrial contendrá los Pset que recomienda el estándar IFC.

La estructura de la información de los objetos BIM deben mantener relación con los property sets establecidos en el formato IFC (Industry Foundation Classes), un estándar común para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información independientemente de la aplicación de software que se esté utilizando.

Las estrategias empresariales de una empresa fabricante que quiere implementar BIM a su catálogo de productos no se basa únicamente en la digitalización, además de aquello es importante plantear estrategias, tales como la gestión de la calidad de la información que es compartida en sus objetos BIM, la difusión y promoción del catálogo en plataformas y medios especializados, ofrecer servicios técnicos de asesoría BIM a los usuarios, capacitación constante al departamento técnico y al departamento de ventas para que puedan utilizarlo como herramienta para poder aumentar las oportunidades de negocio de la empresa y cumplir los objetivos del proyecto.

Un director de proyecto tiene a su disposición una variedad de indicadores de gestión que utiliza para tomar decisiones informadas sobre el proyecto. Los indicadores de gestión pueden ayudar al director a comprender el estado del proyecto, realizar un seguimiento del progreso y realizar ajustes en caso de ser necesario.

REFERENCIAS

- [1] R. Volk, J. Stengel y F. Schultmann, *Building information modeling (BIM) for existing buildings*, 2014, pp. 109-127.
- [2] A. Guzmán, *Modelo de gestión para la implementación de la metodología BIM en empresas proveedoras de materiales de construcción, caso de estudio: Plásticos Rival*, Universidad Central del Ecuador, Quito, 2022.
- [3] A. Arévalo y J. Soto, *Building information modeling (BIM) y su desarrollo en la industria de la construcción*, Universidad de Piura, Piura, 2022.
- [4] AENOR, *Informes de normalización. Estándares en apoyo del BIM*, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2021.
- [5] ITeC, *Estándar de creación de objetos BIM*, Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya - ITeC, Barcelona, 2021.
- [6] BIMÉTICA, *Guía de desarrollo de objetos BIM*, Bimética Parametric Design Services, s. l., Madrid, 2019.
- [7] Building Smart, *Guía BIM para propietarios y gestores de activos*, Building Smart Spain, Madrid, 2021.
- [8] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks y K. Liston, «*BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*», John Wiley & Sons, EE. UU., 2011.
- [9] BIM Forum, «*Level of development (LOD) specification part I & commentary*», in Bim-Bep [03-12-2020]. [En línea]. Available: <http://www.bimforum.org/lod>.
- [10] Project Management Institute, *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*, 6.^a edición, PMI, 2017.
- [11] C. Monfor, *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2015.