
GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
MEDIANTE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)
E INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD). ANÁLISIS Y
ESTUDIO DE DOS CASOS EN EE.UU

09 sep. 16

AUTOR:

JUNIOR OGBAMWEN

TUTOR ACADÉMICO:

DR. VÍCTOR YEPES PIQUERAS

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil



Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos – UPV

Agradecimientos

Me gustaría dedicar este espacio para agradecer a aquellas personas que sin su ayuda no habría sido posible llegar hasta aquí.

En primer lugar a mi tutor de tesis, Dr. Víctor Yepes Piqueras por su interés y dedicación mostrados a lo largo del desarrollo de este proyecto fin de máster.

A mis compañeros de máster, en especial a Alex y a Fernando con los que he compartido grandes momentos.

Finalmente y en especial a mi familia por haber dedicado este apoyo permanente y acompañado de una dosis de cariño, por el cual me ha sido posible llegar hasta donde a día de hoy estoy.

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos – UPV

Resumen

El presente proyecto fin de máster ha tenido como propósito analizar el uso de las metodologías de Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD) para la gestión de proyectos de edificación y determinar el estado actual del tema.

El aspecto más perseguido en cualquier proyecto es el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En la actualidad, Building Information Modeling (BIM) y su integración con el sistema Integrated Project Delivery (IPD), en adelante BIM e IPD, son áreas de investigación en auge puesto que estas metodologías de trabajo reducen notablemente los plazos y costes de construcción, aumentando la productividad y reduciendo el grado de incertidumbre en el sector como se ha podido observar en el desarrollo de este proyecto.

Mediante este proyecto se pretende analizar situaciones comparativas en los métodos tradicionales de gestión de proyectos y la implementación del BIM junto con el IPD, determinando así las posibles causas de la optimización en los sistemas de gestión de proyectos, mientras que se identifican los agentes que intervienen en estas actividades y directamente la influencia de éstos al momento de proyectar y desarrollar el proyecto.

La combinación de estos dos sistemas de gestión de proyectos, ayuda a detectar incidencias y/o errores que se podrían encontrar en la fase de diseño del proyecto. En esta fase de diseño se puede subsanar cualquier error en el proyecto sin mayor dificultad. Sin embargo, sino se detectan estas incidencias en la fase de diseño y se detectan en la fase de ejecución esto provocara estancamiento del flujo de trabajo y soluciones

más cara, dando lugar a un aumento del plazo y coste de ejecución del proyecto.

Finalmente se comenta sobre algunos proyectos reales gestionados con la metodología BIM, donde se analizan algunas experiencias profesionales de los agentes participantes en estos proyectos, exponiendo los beneficios significativos que ha tenido BIM en estos proyectos.

Palabras clave: BIM, IPD, Gestión de proyectos, Detección de interferencias.

Abstract

The present master's thesis has the purpose to analyze the use of Building Information (BIM) and Integrated Project Delivery (IPD) methodologies for the project management of building and to determine the current state of the topic.

The most pursued aspect in all building project is the fulfillment of the objectives of the project. Today, Building Information Modeling (BIM) and its integration with an Integrated Project Delivery (IPD) system, from now on BIM and IPD, are rising areas of investigation because of the fact that these working methodologies greatly reduce time and cost of construction, increasing productivity and reducing the degree of uncertainty in the construction sector as observed in the development of this project.

This project seeks to analyze comparative situations between traditional methods of project management and the implementation of BIM with IPD, identifying the possible causes of optimization in project management systems, and identifying the agents that take part in construction activities with their direct influence in the moment of designing and executing the project.

The combination of these two management systems, favors the detection of incidents that may occur during the design phase. It is at this stage where there is a greater scope for action against possible adversities. A subsequent detection of inconsistencies, ie, during execution of the project requires the use of more expensive solutions and stagnation workflow, causing delays in construction of the project and as a result, an increase in costs.

Finally, some comments made about real projects managed by BIM methodology, where some analysis about professional experiences of construction agents that took part in these project are made, stating significant benefits of BIM in these project.

Keywords: BIM, Clash detection, IPD, Project management.

Acrónimos utilizados

AIC: Arquitectura, Ingeniería y Construcción / Instituto Americano de Arquitectos.

BIM: Building Information Modeling / Modelado de Información en la edificación.

BEP: BIM Execution Plan / Plan de ejecución de BIM.

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador.

CIFE: Center for Intergrated Facility Engineering / Centro para la integración de servicios relacionado con la ingeniería.

CPM: Critical Path Method / Método del camino crítico.

EAM: Enterprise Asset Management / Gestión de activo de la empresa.

IPD: Integrated Project Delivery / Ejecución integral de proyectos.

ILC: Lean Construction Institute / Instituto de construcción lean.

IAI: International Alliance for Interoperability / Alianza internacional para la interoperabilidad.

JIT: Just In Time / Justo al tiempo.

PMBOK: Project Management Body of Knowledge / Gestión de proyectos organismos de conocimiento.

PMI: Project Management Institute / Instituto de gestión de proyectos.

Índice

Contenido

Agradecimientos.....	2
Resumen	4
Abstract	6
Acronimos utilizados	8
Índice	9
Introducción general	14
Objetivos.....	17
Objetivos generales	17
Objetivos específicos	17
Metodología de trabajo.....	19
MOTIVACIÓN	21
Capítulo 1.....	23
Gestión de proyectos.....	23
1.1 Breve historia sobre la gestión de proyectos	23
Capítulo 2.....	27
Building Information Modeling (BIM).....	27
2.1 Contexto	27

2.1.1 Características generales del sector de la construcción.....	27
Características económicas	29
Características sociales.....	30
Características del producto.....	30
Características del proceso constructivo.....	31
2.1.2 Agentes involucrados en los procesos constructivos	36
2.1.3 Sistemas de contratación de los agentes	38
2.2 Building Information Modeling (BIM).....	44
2.2.1 Definición del BIM	45
2.2.2 Origen del BIM.....	48
2.2.3 El uso de la metodología BIM en el mundo.....	51
El uso al nivel internacional	52
El uso al nivel Europeo.....	53
El uso de BIM en España.....	54
Capítulo 3.....	57
Estado de arte de la metodología BIM	57
3.1 Estado actual de la metodología BIM.....	58
3.2 Productos/ herramientas BIM	61
3.3 Los estándares BIM.....	67
3.3.1 Importancia de los estándares BIM.....	68
3.4 Interoperabilidad en la filosofía BIM	70
3.4.1 Medir la calidad del BIM.....	75

3.4.2 Especificaciones LOD – Level Of Development	78
3.5 Productividad.....	82
3.5.1 Productividad en el sector de construcción	83
3.6 Ventajas y desventajas de la metodología BIM.....	89
Capítulo 4.....	98
Integrated Project Delivery (IPD).....	98
4.1 Introducción.....	98
4.2 Diferencia entre el modelo tradicional y el modelo IPD	99
4.3 Configuración de un proyecto integrado.....	104
4.3.1 Formación del equipo de trabajo	105
4.3.2 La toma de decisiones del equipo de trabajo y la resolución de las disputas	106
4.3.3 Comunicaciones del equipo.....	107
4.3.4 Combinación de BIM e IPD	109
4.3.5 Información privada o reservada y su distribución, configuraciones legales	110
4.3.6 Compensación o recompensa	111
4.3.7 Asignación y abandono.....	112
4.3.8 Definición de roles.....	113
4.3.9 El alcance del servicio	113
4.3.10 Deberes multidireccionales	114
4.4 Casos de éxito y fracaso.....	115

Capítulo 5.....	118
Detección de incompatibilidades e interferencias en los proyectos....	118
5.1 Introducción.....	119
5.2 Sistemas de detección de incompatibilidades e interferencias	120
5.2.1 Detección automatizada. <i>Naviswork</i>	123
5.3 ROI y la detección de interferencias e incompatibilidades	126
5.4 Forma de actuación a detectar incidencias.....	128
Capítulo 6.....	130
Casos reales de proyectos hechos con BIM.....	130
6.1 Caso 1: Anaheim Regional Transportation Intermodal Center (ARTIC), California, Estados Unidos.	131
6.2 Caso 2: Proyecto de un hospital de rehabilitación.	152
Conclusiones.....	162
Capítulo 7.....	165
Referencias Bibliográficas.....	165
Capítulo 8.....	170
Futuras áreas de investigación	170

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Introducción general

A lo largo del tiempo el sector de la construcción ha experimentado diferentes avances tecnológicos. El surgimiento de nuevos sistemas de gestión, nuevas máquinas, materiales, recursos ha dado un gran paso para el aumento de la productividad en el sector de construcción.

Actualmente uno de los sistemas que se está utilizando para la gestión de las obras es el Building Information Modelling (BIM), que consiste en la gestión completa del ciclo de vida de un proyecto en todas sus partes mediante el uso de software y bases de datos específicas.

Básicamente se puede describir el termino BIM como una metodología de trabajo, basada en la representación de los procesos constructivos de manera digital, organizando las operaciones y actividades del proyecto, desarrolladas mediante una relación participativa y colaborativo de las diferentes partes y agentes involucrados, ofreciendo un alto nivel de información sobre el proyecto a través de herramientas digitales para la visualización del edificio, como el modelado 3D entre otros. Aunque es un sistema de gestión relativamente reciente, los beneficios que se han obtenido en las obras que han aplicado BIM son bastante significativos.

Hoy en día existen un gran número de publicaciones sobre el BIM, en su mayoría enfocadas en los grandes mercados globales de las industrias del AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) y del mismo modo introduciendo esta metodología en mercados de economías emergentes, así como pequeñas y medianas empresas.

La extensión del BIM como metodología para la mejora de la eficiencia en los procesos de trabajo en el sector de la construcción está llevando a muchos profesionales a interesarse sobre los múltiples aspectos (software, interoperabilidad, conceptos, tecnologías, etc.) involucrados con su uso y aplicación. Este tipo de inquietudes han motivado la creación de varios grupos de usuarios y asociaciones, entre los profesionales del sector con el objetivo de generar espacios de debate. Un ejemplo es el Grupo de usuarios de BIM de Cataluña (GuBIMCat), un colectivo formado por profesionales de diferentes ámbitos relacionados con el sector de la construcción, así como del mundo académico, los cuales se reúnen para compartir sus experiencias.

En la pasada edición del CONSTRUMAT Barcelona 19-23 de Mayo 2015 denominada Beyond Building Barcelona, hubo una presencia importante del tema BIM, y de cómo está metodología de trabajo. Dentro de las investigaciones enfocadas en el tema, se pudo encontrar muchas publicaciones, artículos, páginas web, charlas, audiovisuales, revistas, libros, etc. En su mayoría en inglés, esto para poder tener un alcance global del tema.

También hay un libro muy interesante sobre “Impacto de BIM en el proceso constructivo español” Begoña Fuentes Giner (2014) donde se habla sobre el tema del BIM y cuál es la influencia en los procesos constructivos en España. En el libro se hace mención de un gran interés de cambiar el modelo de gestión de la construcción en España para que haya un mejor manejo y producción en el sector ya que el sector ha sido afectado por la crisis financiera.

Se puede combinar varios sistemas de gestión de proyectos, como por ejemplo la combinación de BIM junto con Integrated Project Delivery

(IPD) donde se produce una cooperación mutua entre los diferentes agentes que participan en el proyecto, favoreciendo la detección de incongruencias en el proyecto constructivo y aumento de la producción en el sector de la construcción.

La detección de incidencias en la fase de diseño y ejecución de proyecto afecta en gran medida en el presupuesto y el tiempo de ejecución del proyecto. Con la aplicación de estos dos sistemas de gestión se pretende adelantar esa detección a la fase de diseño, donde existe un mayor margen de tiempo para resolver las incidencias.

En este proyecto fin de máster, se expondrán los sistemas de trabajo BIM e IPD, así como su impacto en algunos proyectos reales de edificación.

Objetivos

Objetivos generales

El objetivo principal de este trabajo es concienciar al lector de los beneficios y limitaciones/ complicaciones de implementar un programa de Building Information Modeling (BIM) junto al Integrated Project Delivery (IPD) en un proyecto de edificación, ofreciendo una visión global de los procesos constructivos, organización y ejecución. Determinar las incidencias que se puedan presentar en los proyectos, estableciendo las metodologías y sistemas de trabajos unipersonales para alcanzar el éxito del proyecto.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se pretenden conseguir con este trabajo son los siguientes:

- Describir los antecedentes históricos constructivos y de gestión de proyectos hasta la actualidad.
- Explicar la metodología BIM como sistema de gestión de proyectos.
- Mostrar la eficiencia que aporta el BIM a las actividades de la construcción y promover la adopción de esta metodología de trabajo para lograr los resultados óptimos.

- Destacar la importancia del recurso humano empleado en la construcción para el correcto funcionamiento de los procesos y el intercambio y producción de información.
- Describir la metodología BIM como sistema de gestión de proyectos. Conociendo en profundidad esta metodología de trabajo a nivel teórico: su origen, su uso, sus características, sus ventajas y limitaciones frente a la metodología tradicional.
- Describir el sistema de gestión IPD (Integrated Project Delivery) y su combinación con BIM
- Mostrar la eficiencia que aporta el BIM para la gestión de proyectos de construcción y promover la adopción de esta metodología de trabajo para lograr los resultados óptimos.
- Exponer la importancia de una detección temprana de incidencias de proyecto.

Metodología de trabajo

La metodología seguida para realizar este proyecto fin de máster son los siguientes pasos:

- Primeramente para realizar este trabajo, se realizó un trabajo de investigación acerca de los antecedentes históricos sobre la gestión de proyectos, el método utilizado ha sido realizar un análisis de acercamiento preliminar por medio de internet buscando libros, publicaciones, seminarios, artículos y documentos que traten la gestión de proyectos en general.
- Posteriormente se introdujo el estado de arte de los procesos constructivos y sus debilidades, explicando características generales del sector de la construcción, la estructura de los procesos constructivos, los agentes que interviene en los procesos, documentos de proyecto, sistemas de contratación y trabajo, llegando a una conclusión sobre el tema.
- Se habló sobre el estado de arte de la metodología BIM con sus beneficios.
- Se realizó una introducción con el funcionamiento IPD y su conjunción con BIM.
- Se investigó sobre la importancia de la detección de interferencias antes de la fase de ejecución.

-Finalmente se examinaron una serie de proyectos reales hechos mediante los sistemas de gestión BIM e IPD, a modo de ejemplo donde se podía apreciar beneficios obtenidos.

MOTIVACIÓN

No cabe ninguna duda de que Building Information Modeling (BIM) y su integración con Integrated Building Delivery (IPD) es el futuro y el presente del sector de la construcción, sobre todo en el sector de la edificación.

El termino BIM está en mi vocabulario desde hace dos años cuando recibí una charla sobre el tema en una clase de máster, desde entonces me interesó tanto el tema que hice un curso – de Revit para aprender a manejar las herramientas del BIM.

En poco tiempo que estuve haciendo el curso, fue suficiente para darme cuenta del enorme potencial de esta tecnología y pronto supe que debía aprender más sobre ella.

El presente trabajo fin de máster, se presentó como una gran oportunidad de profundizar en las metodologías BIM e IPD de una forma más completa, puesto que no solo aprendería a usar el software, sino también entendería todos los aspectos de la metodología, su origen y aplicación práctica.

Me di cuenta que mediante los sistemas de gestión BIM e IPD, no solo se consigue una gestión paramétrica, si no que se evitan posibles errores que serían más difícil de detectar con un sistema tradicional, donde no hay relación entre los documentos del proyecto. Por otra parte, BIM y su integración IPD han conseguido establecer una nueva configuración de equipos de trabajo, que cada vez se está implementando en mayor medida en las grandes y medianas empresas, aportando mayor

colaboración entre agentes y aumentado la producción en la gestión de proyectos.

En definitiva la metodología BIM e IPD representan un cambio positivo que puede traer numerosos beneficios en diferentes aspectos de gestión de proyectos y provee mayor seguridad a la hora de controlar un proyecto constructivo.

Capítulo 1.

Gestión de proyectos

“La gestión de proyecto, entonces, es el uso del conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente. Se trata de una competencia estratégica para organizaciones, que les permite vincular los resultados de un proyecto con las metas comerciales para posicionarse mejor en el mercado”. (La definición oficial proporcionada por el Instituto de Gestión de Proyectos (PMI, 2013)).

1.1 Breve historia sobre la gestión de proyectos

A pesar de la aparición de nuevos estándares en la dirección de proyectos, y de los cambios tecnológicos a través del tiempo, el objetivo de la Gestión de Proyectos se ha mantenido intacto a lo largo del tiempo que es la entrega de proyectos exitosos de una manera clara y eficaz.

La gran pirámide de Giza, construida en el año 2550 antes de cristo, fue la primera construcción sobre la que se tiene conocimiento de que haya existido una planificación y gestión controlada. Más tarde, en el año 206 antes de cristo, fue la gran muralla China, donde el emperador Qin Shi Huang organizó el proyecto por grupos de trabajo (soldados, gente común y criminales), integrados por millones de personas. (Haughey, 2013)

En el año 1896, el economista polaco Karol Adamiecki, uno de los padres modernos de la gestión de proyectos. Fue uno de los fundadores de la ciencia de la organización y gestión. Se formuló la ley: la selección de la armonía, armonía acciones de trabajo colectivo, la producción óptima, que además de la división de derechos del trabajo y la concentración se han convertido en los fundamentos teóricos de la ciencia de la organización y gestión. También fue el primero en utilizar grafico de barras para mostrar la relación entre actividades y el tiempo.

En el año 1912, Henry Gantt, estableció el diagrama de Gantt, una herramienta para el control de tiempos de un proyecto. El diagrama de Gantt, trajo consigo una serie de ventajas que nunca antes se habían conseguido. Hasta el día de hoy si sigue utilizando el diagrama de Gantt para la gestión de proyectos.

Mediante el diagrama de Gantt, se consiguió controlar las actividades de un proyecto mostrando gráficamente mediante figuras en forma de barras, las precedencias y dependencias de cada actividad, facilitando la comprensión visual a los participantes del proyecto. *(Charles Sturt University, 2014)*

Antes de la segunda Guerra mundial se producen varios avances teóricos y tecnológicos sobre la gestión de proyectos, entre ellos, Sakichi Toyodad estableció la técnica de los “5 whys” (*5 por qué*). Esta técnica fue usada dentro de Toyota Motor Corporation durante la evolución de sus metodologías de fabricación. Es un componente crítico del entrenamiento a la resolución de problemas, impartido como parte de la inducción en el sistema de producción Toyota. El arquitecto del sistema de producción Toyota, Taiichi Ohno, describió el método de los 5 ¿Por qué? como las bases de un enfoque científico de Toyota... mediante la

repetición de los 5 porqués, la naturaleza del problema así como su solución se hace clara.⁴ La herramienta ha tenido un uso extendido más allá de Toyota, y ahora es usada dentro de Kaizen, manufactura esbelta y Six Sigma.

Esta técnica dará lugar a los principios de Lean Manufacturing y los sistemas de producción con inventario cero o JIT (Just in Time). (A.García, 2011).

En el año 1957 los ingenieros DuPont y Remington diseñaron el sistema de Critical Path Method (CPM), un método que calcula las actividades requeridas para completar un proyecto y la duración de cada fase. Este sistema se utilizó para gestión de mantenimiento de una fábrica química en los Estados Unidos y en el proyecto la empresa se ahorró un millón de dólar en su primer año de implementación.

Fuente: www.unnewsuniversitydirectory.com

Más adelante se fueron desarrollando diferentes sistemas de control de proyectos durante todo el siglo XX, que introducían mejoras continuas respecto a los sistemas anteriores. En 1962 se creó el sistema Work Breakdown Structure (WBS), que dividía el proyecto en componentes más pequeños y los organizaba en tres estructuras jerárquicas. (Mavenlink, 2012).

Entre los años 1970 y 1980 aparecen los primeros programas informáticos para la gestión de proyectos, no siendo tan perfectos en un primer momento y teniendo diferentes fallos que se fueron solucionando a lo largo del paso del tiempo. (Wikipedia, 2014).

A mediados de los años 80. Autodesk lanzó por primera vez al mercado el AutoCAD que supuso una revolución en cuanto a la modalidad de trabajos de los arquitectos, ingenieros y constructores. Se pasó del lápiz y papel al lápiz virtual y papel digital, ofreciendo mayor rapidez y más eficiencia.

Durante toda la historia, la gestión de proyectos ha evolucionado con la intención de favorecer los objetivos y resultados del proyecto. Actualmente, aparece un sistema de gestión que permite la relación de todos los elementos de gestión (materiales, costes, tiempos, comunicaciones y relaciones, recursos). A este sistema se le conoce como BIM (Building Information Modeling) y aún está en evolución constante.

Capítulo 2.

Building Information Modeling (BIM)

2.1 Contexto

2.1.1 Características generales del sector de la construcción

Para tener una visión clara sobre el contexto en el que surgen las herramientas BIM y su importancia, se debe realizar un análisis previo del sector de la construcción. El sector de la construcción en España se encuentra en crisis, causado por un factor coyuntural (el pinchazo de la burbuja inmobiliaria a finales de 2007) y también por un factor estructural, que es el modelo productivo y competitivo en el que se ha basado siempre. Entonces cabe preguntarse si existen otras formas de hacer las cosas para que el sector sea más productivo y más competitivo. A raíz de esas preguntas es donde aparece el BIM (Building Information Modeling) como una alternativa metodología de trabajo.

A lo largo de la historia, el sector de la construcción siempre ha sido un sector de innovación y progreso de cada época, ya que con la construcción se medía el grado de desarrollo de una sociedad y era el

motor que motivaba la industria y la fabricación de productos relacionados con el sector, pero a partir de finales de s. xx, la construcción es uno de los sectores que menos cambios ha sufrido y menos avances aporta.

El sector de la construcción representa aproximadamente 9% del PIB mundial y emplea un 7% de la mano de obra de la población activa mundial (Horta 2013, p.38 impacto de BIM en el proceso constructivo español), afectando al sector primario, secundario y terciario. También afecta de los derechos fundamentales de las personas.



Figura 1: el sector de la construcción (imagen propia).

(Fuentes Giner, B, 2014) Describe en su libro, las características generales del sector de la construcción. También especificó que la finalidad última de la actividad de la construcción, como de cualquier actividad de producción económica se basa en la elaboración y acabado de un producto para su posterior venta en el mercado. Sin embargo en la actividad constructiva el propio mercado de la construcción tiene peculiaridades específicas que es necesario resaltar, pues condiciona la existencia, estructura y funcionamiento de la industria. Estas características se pueden clasificar de la siguiente manera:

Características económicas

La construcción es uno de los sectores productivos más importantes en cualquier país. Afecta a todos los sectores productivos de la economía:

- **Sector primario:** el sector de la construcción afecta a las industrias extractivas como canteras y minerales.
- **Sector secundario:** empresas constructoras, equipamiento, maquinarias, materiales procesados y manufacturados, etc.
- **Sector terciario:** oficinas de ingeniería y arquitectura, agentes de propiedad, agentes inmobiliarios, etc.

Características sociales

Es un sector que también afecta directamente a los derechos fundamentales de las personas:

- Derecho a trabajo
- Derecho a vivir
- Derecho a la preservación del medio ambiente.

Su importancia social está directamente relacionada con su importancia económica, ya que su actividad vertebra dota a la sociedad de viviendas y espacios comunes con equipamientos para la comunidad, así como de las infraestructuras necesarias para garantizar un adecuado nivel de bienestar, en la rama industrial, de producción. La heterogeneidad de actividades que se concentran en el sector de la construcción abre la posibilidad de absorber un gran volumen de mano de obra, desde la más cualificada a la muy poco cualificada.

Características del producto

El edificio es un producto resultante del sector de la construcción. Las principales características del producto son las siguientes:

- Es que es un producto único, heterogéneo que no se puede fabricar en serie. Esta diferencia hace que el presupuesto final sea muy variable.
- El inmueble resultante del proceso productivo es por definición inmovible.

- Elevado tiempo de producción /maduración del producto, que conlleva un alto grado de incertidumbre por los cambios que podrían suceder en dicho período y que pueden afectar el proceso, al resultado final de producción o a su comercialización.
- La vivienda es uno de los bienes más duradero, su elevada durabilidad hace que se deba gestionar durante su vida útil y llevar a cabo tareas de mantenimiento.
- El producto puede ser definido por el usuario, por ello la singularidad de la demanda de productos especializados, búsqueda estética y el respeto al medio ambiente del producto final entre otras son algunas de las características más importantes.

Características del proceso constructivo

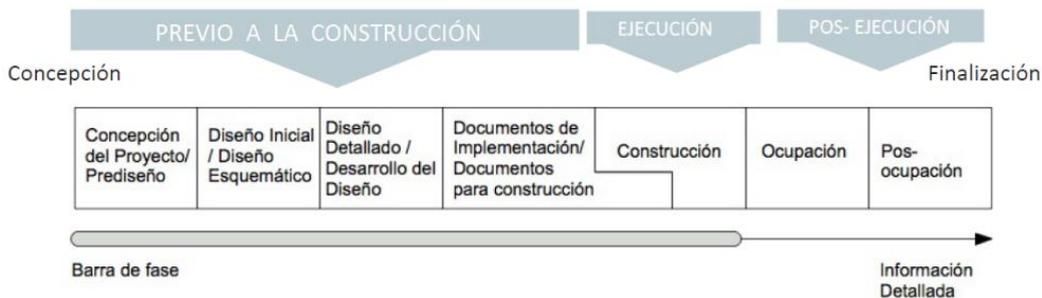
“Se define Proceso Constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar”.

Fuente: Artículo Ingeniería Sin Fronteras en el marco del Programa de Afiliados de la Construpedia. El contenido pertenece a la publicación Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo (Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A.).www.construmatica.com.

Debido a la singularidad de la construcción el proyecto debe ser gestionado de manera que pueda cumplir con las exigencias, requisitos y condiciones establecidas. Para establecer un orden en de los procesos

constructivos, desde la concepción del edificio hasta su finalización, podemos utilizar el siguiente esquema como ejemplo. Se pudiera decir que los procesos constructivos se dividen en tres modelos organizativos:

- Procesos previos a la construcción
- Procesos durante le ejecución de la construcción
- Procesos posteriores a la construcción



Fuente: Esquema del proyecto constructivo – BIM and Construction Management 2015

Estas fases se utilizan para agrupar otras sub-etapas que existen en los proyectos constructivos.

Basado en la interpretación del esquema del proyecto constructivo (Ver figura anterior), se hace una división de las etapas representadas, dentro de las fases de la estructura general de los procesos constructivos:

- **Definición de proyecto:** En esta etapa a la concepción y desarrollo de las ideas iniciales del proyecto se realiza una

investigación y se definen necesidades, condiciones, requisitos, lugar de emplazamiento, función, etc.

- **Planificación, diseño y desarrollo:** En esta etapa se produce la información para el proyecto. Surgen las primeras aproximaciones del diseño definitivo del proyecto, esquemas de formas, diseño inicial y diseño esquemático. Mediante el progreso de estos primeros pasos en la definición formal del proyecto se desarrolla el diseño detallado y se pasa a la documentación para implementar en el proyecto.
- **Construcción:** En esta etapa toda la documentación para la construcción está desarrollada y definida para iniciar la etapa constructiva del proyecto. La mayoría de los documentos para la ejecución son definitivos, aunque en el proceso de obra existan detalles por definir.
- **Finalización:** Ya terminada la etapa constructiva del edificio se da paso a detalles de terminación, establecer el mantenimiento de la edificación y orientación pos-ocupación.



Figura 2: Estructura general del proceso constructivo

Diagramación: Autor del proyecto

ETAPAS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

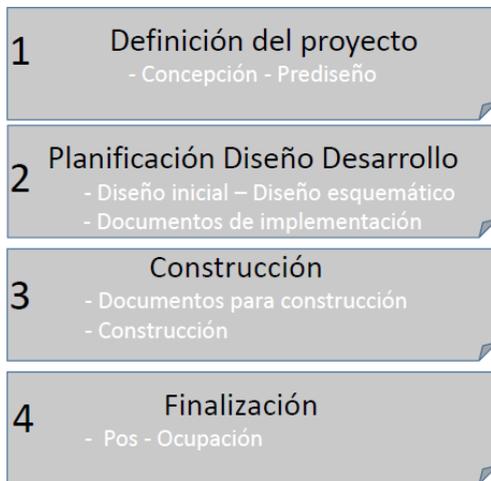


Figura 3: Etapas de los procesos constructivo

Diagramación: Autor del proyecto

2.1.2 Agentes involucrados en los procesos constructivos

(*Tunstall, 2009*), Señala las partes, factores y etapas del proceso de edificación. Esto se utilizara como referencia para identificar los agentes involucrados en el proyecto y su organización:

- **Uno o varios clientes:** usuarios, propietarios, comités, representantes.
- **Projectistas:** responsables de costes, arquitectos, ingenieros, tasadores, gestores, expertos en levantamientos, otros especialistas.
- **Constructores:** Gestores del proyecto, contratistas, subcontratistas, administración y finanzas, topógrafos, operarios.
- **Autoridades:** autoridades locales, agencias medioambientales, inspección del trabajo, Ayuntamiento, Policía, Proveedores de servicios (suministros), Organismos gubernamentales, servicio de bomberos, etc.

(*Tunstall 2009*) Sugiere que procesos constructivos son trabajados por equipos de desarrollo, que se definen:

- **Equipo de desarrollo** se utiliza para referirse a cualquiera que esté implicado en el proyecto de principio a fin.
- **Equipo de proyecto:** está compuesto por los responsables del diseño y la preparación de los documentos de información para la ejecución.
- **Equipo construcción:** se encarga de llevar a cabo la ejecución de la obra de construcción.

En España lo habitual del proceso constructivo es que el agente profesional que recibe el poder de llevar a cabo el proyecto contacta con otros profesionales para que desarrollaran las partes necesarias del proyecto, cuando esté terminada le remiten de vuelta y la inserten en la documentación del proyecto con las consecuentes desventajas e incongruencias que surjan de ello. A raíz de ello no se garantizan la coherencia y la integridad de las documentaciones que conforman el proyecto. Con esta práctica puede llegar a producirse la no actualización de la información ya que puede haber un profesional trabajando sobre un documento del proyecto que ya ha sido cambiada.

El hecho de que no haya una comunicación global y constante desde el principio entre los agentes profesionales durante la redacción del proyecto dificulta la coherencia de las soluciones que el definen el producto resultante.

Una práctica habitual en España, es que la empresa constructora no participa en el proceso constructivo hasta que el proyecto esté completamente redactado y se hayan concedidos los permisos para poder empezar a construir. Esta fragmentación se traduce en aumento costes y plazos de ejecuciones de la obra.

2.1.3 Sistemas de contratación de los agentes

- **Sistema de contratación tradicional (Diseño – Licitación – Construcción):** el promotor o promotores contrata a la empresa consultora para el diseño del proyecto para luego ofertarlo a las empresas constructoras. Mediante un proceso de licitación, se elegirá a constructora que aporta mejor oferta o la que mejor experiencia lleve trabajando en el sector. Este es el sistema habitual en España.

SISTEMA DE CONTRATACIÓN TRADICIONAL

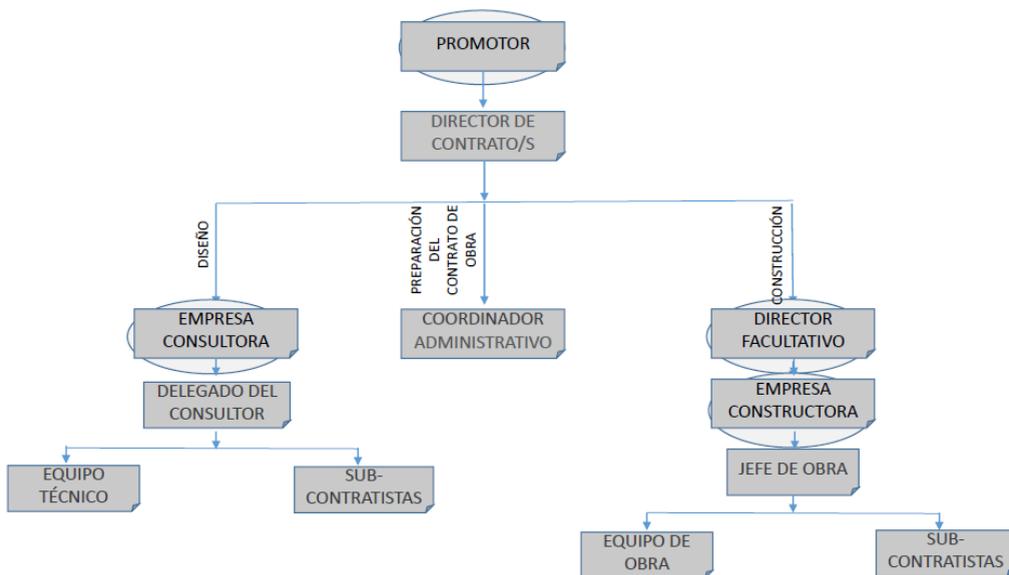


Figura 4: Esquema de contratación tradicional – apuntes de Administración y Gestión de proyectos MAPGIC. Diagramación: Autor del proyecto

- **Sistema de contratación tipo “Proyecto y Obra:** Sistema de contratación tipo “Proyecto y Obra”: Este sistema consiste en que el promotor/es contrata a una empresa consultora para el diseño y la redacción del proyecto básico, después se contrata mediante licitación o no a una empresa constructora que se encargara de la redacción del proyecto ejecutivo y la posterior ejecución de las obras. Este sistema no es habitual en España.

SISTEMA DE CONTRATACIÓN TIPO “PROYECTO Y OBRA”

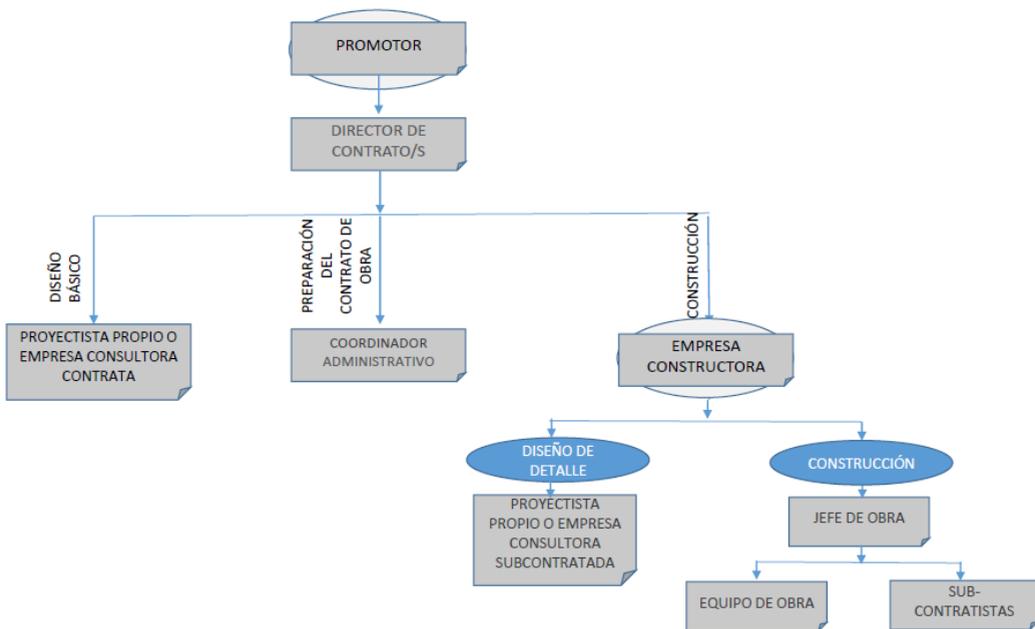


Figura 5: Esquema de contratación tipo “proyecto y obra” – apuntes de Administración y Gestión de proyectos MAPGIC. Diagramación: Autor del proyecto

- **Sistema de contratación tipo “Project Management” (Gestión de la construcción o Construction management):** Este sistema consiste en que el promotor/es contrata a una empresa de gestión de la construcción para el diseño y la redacción del proyecto, también la misma empresa se encargará de la gestión de la construcción de la obra. Este modelo prácticamente no se da en España.

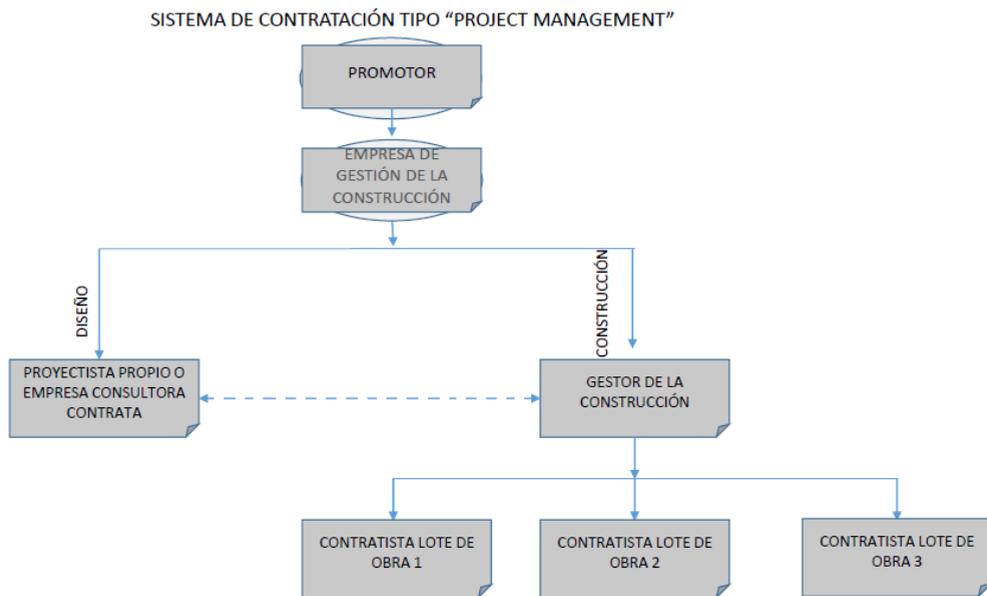


Figura 6: Esquema de contratación tipo “Project management” – apuntes de Administración y Gestión de proyectos MAPGIC. Diagramación: Autor del proyecto

En España la mayoría de las de construcción siguen utilizando el sistema de contratación tradicional, y esto se traduce en incumplimiento de plazos y un aumento en el presupuesto inicial, así como conflictos entre los principales agentes participantes (promotor, equipo de proyecto y constructor) durante la fase de ejecución del proyecto.

SISTEMA DE CONTRATACIÓN TRADICIONAL

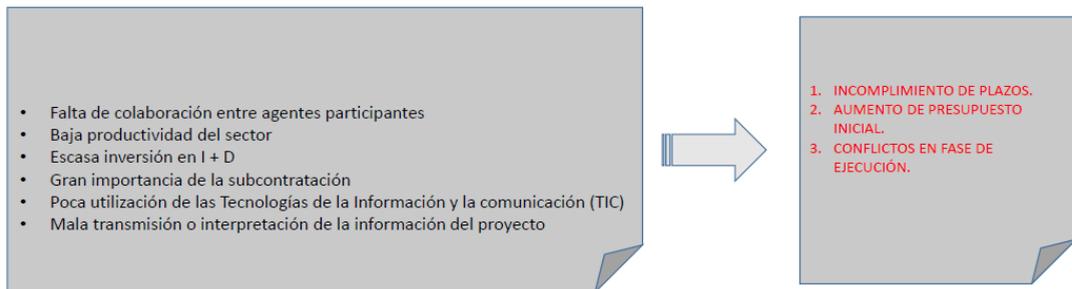


Figura 7: Inconvenientes de la contratación tradicional” – apuntes de Administración y Gestión de proyectos MAPGIC. Diagramación: Autor del proyecto.

Uno de los principales problemas en este sector es el poco interés en la inversión I (Investigación) + D (Desarrollo), por ello, la mayor competitividad del sector pasa por la mejora del proceso proyecto – construcción (PPC). Por esta razón es necesario un nuevo sistema de contratación basado en la colaboración de todos los agentes intervinientes, compartiendo riesgos y beneficios.

Ante estas inconveniencias surgen otros sistemas de gestión del proyecto y por tanto mayor productividad en el sector.

Últimamente están surgiendo nuevas metodologías, filosofías y herramientas para la gestión de los proyectos de construcción. Algunas de estas nuevas metodologías de gestión son las siguientes:

- Project and Construcción Management:

Según la Guía del PMBOK (2004) La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La dirección de un proyecto incluye:

- Identificar los requisitos.
- Establecer unos objetivos claros y posibles de realizar.
- Equilibrar las demandas concurrentes de calidad, alcance, tiempo y costes.
- Adaptar las especificaciones, los planes y el enfoque a las diversas inquietudes y expectativas de los diferentes interesados.

Esta metodología está enfocada a estandarizar la dirección de proyectos para conseguir los objetivos mediante una rigurosa programación de fases, hitos y tareas. El equipo o la empresa de gestión se encargan de coordinar a todos los agentes que participan en el proyecto.

- Lean construction (“la construcción sin pérdida”):

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Esta metodología está enfocada a mejorar el proceso, hace participes a todos los que intervienen en el proyecto y lograr el máximo compromiso para cumplir los objetivos.

-Integrated Project Delivery (IPD):

Es una metodología que trata de promover la colaboración entre los agentes, haciendo que todos compartan el riesgo y participan conjuntamente desde el inicio hasta el final del proyecto.

En este trabajo fin de máster se hablará sobre la metodología BIM y su combinación con Integrated Project Delivery (IPD). Esta nueva metodología de gestión puede dirigir el proceso proyecto- construcción (PPC) de una obra. Es una metodología diferente a la tradicional ya que está enfocado en disminuir el grado de incertidumbre, potenciar la colaboración entre los agentes participantes y en definitiva mejorar la productividad del sector.

2.2 Building Information Modeling (BIM)

Desde que surge la metodología BIM se han desarrollado varias ramas del tema. En la actualidad el uso del BIM está enfocado para que sea un producto útil, para todas las personas involucradas en un proyecto constructivo. Es decir, por ejemplo, que el cliente que puede ser una persona o grupo de personas que no tengan formación en arquitectura, ingeniería o construcción tenga a su alcance, un recurso que les permita tener toda la información sobre el proyecto, expresado de manera legible y eficiente.

La metodología BIM, se representa a través de modelos digitales 3D que contienen elementos dotados de información. Estos elementos se combinan entre sí para permitir la producción de gráficos, programaciones, esquemas, mediciones, planos, estudios de eficiencia energética, etc. Logrando mediante esto una “construcción virtual “del proyecto edificable.

Para fines de este trabajo se centrara en analizar la eficiencia que representa el uso de BIM junto al Integrated Project Delivery (IPD) en un proyecto de construcción, observando cuales son las repercusiones que ha tenido esta metodología de trabajo en el manejo y producción pertinente de información para un edificio.

2.2.1 Definición del BIM

Según Eloi Colomar Picó (2008), BIM es el acrónimo de “Building Information Modeling” que se podría traducir como “Modelación de información del Edificio”. BIM es un concepto amplio que ha sido definido de varias formas en la literatura aunque todas coinciden en términos generales, por esta razón se citan algunas de las definiciones más representativas:

“BIM es un proceso que implica la creación y el uso de un modelo 3D inteligente para informar y comunicar las decisiones del proyecto. Diseño, visualización, simulación y colaboración habilitada por soluciones BIM brindan mayor claridad para todas las partes interesadas en todo el ciclo de vida del proyecto. BIM hace que sea más fácil alcanzar las metas del proyecto y de negocios”. (Autodesk, 2014).

“BIM es el conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compartibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretender diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, el uso de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc.” Eloi Coloma Picó (2008).

“BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As much it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decision during its lifecycle from inception onward”
<http://www.nationalbimstandard.org/faq.php> que se podría traducir Como: *Representación digital de las características físicas y funcionales*

de una infraestructura. Posee información total del edificio, es capaz de brindarlos conocimientos sobre las instalaciones y con ello forma una base fiable para todas las tomas de decisiones durante su ciclo de vida. (National Institution of Building Sciences (NIBS 2015))

“BIM es un proceso de representación que crea “vistas” multi-dimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y la optimización” Jerry Laiserin.

“Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión y la creación de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos los agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicional, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). BuildingSMART.

Lehtinen (2010), las siglas BIM puede utilizarse para referirse a un producto (modelo de información de edificios, es decir es un conjunto de datos estructurados que describen un edificio), o un sistema (construcción de gestión de la información, las estructuras empresariales de trabajo y comunicación aumentan la calidad y la eficiencia). El instituto Americano de Arquitectos ha definido BIM como una tecnología basada en el modelo conectado a una base de definición del proyecto (Golzarpoor, 2010).

La ejecución de un proyecto de construcción implica la participación de una gran diversidad de profesionales que deberían de estar continuamente en contacto para el intercambio de información a pesar de que tengan intereses comunes. Conocer estas circunstancias es fundamental para entender cuál es el interés general de la Tecnología BIM y cuáles son sus aplicaciones hoy en día. Esta metodología de gestión de proyectos debe sus orígenes en la búsqueda de soluciones a problemas relacionados con la comunicación y el control, aptitudes esenciales en la construcción de un edificio (Picó, 2011).

Las tecnologías BIM es un buen ejemplo de las tecnologías de colaboración, puesto que se utilizan para intercambiar información sobre proyectos y promover el trabajo colaborativo entre los diferentes agentes que participan en un proyecto de construcción (Lehtinen, 2010). BIM puede actuar como un lugar de trabajo común para los diferentes participantes del proceso de construcción, como se muestra en la Figura 8. (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010).

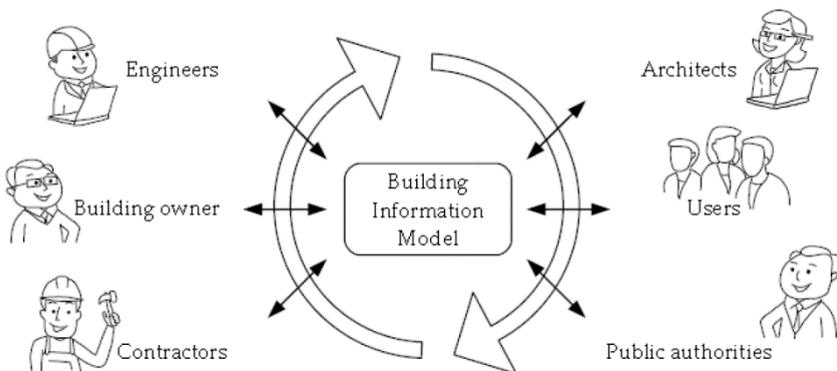


Figura 8. BIM y algunos de los participantes en el proceso de construcción (Anne Kathrine Nielsen, Søren Madsen, 2010).

BIM es una metodología de trabajo, una herramienta que facilita la permanente conexión de todos los agentes relacionados con la construcción, promotor/es, arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros, constructores, instaladores,... que deberían trabajar en equipo, pero la realidad no es así porque no hay una buena comunicación entre los diversos agentes del proyecto. Todos los que intervienen en cualquiera de las fases del ciclo de vida de un edificio suelen trabajar con herramientas que sólo permiten gestionar partes de la información muy reducidas y acotadas a ámbitos muy concretos (Picó, 2011).

2.2.2 Origen del BIM

La palabra BIM surgió sobre la década de los 70, donde se publicaron en numerosos libros, artículos y revistas académicos. Una de las pruebas de su aparición es que el profesor Charles M. Eastman describió su concepto “Building Description System” en el año 1975, en su libro “The Use of Computer Instead of Drawings in Building Design” con la siguiente expresión:

“interactively defining elements...deriving sections, plans, isometrics or perspectives from the same description of elements...Any change of arrangement would have to be made only once for all future drawing to be updated. All drawing derived from the same arrangement of elements would automatically be consistent...any type of quantitative analysis could be could be easily generated...providing a single integrated

database for visual and quantitative analyses...automated building code checking in city.” Que se podría traducir como:

“...definiendo interactivamente elementos, derivando secciones, planos, vistas isométricas o perspectivas de la misma descripción de elementos. Cualquier cambio o arreglo sería hecho solamente una vez para todos los dibujos. Todos los dibujos derivados de la misma disposición de elementos sería automáticamente consistente, cualquier tipo de análisis cuantitativo podría ser generado fácilmente, proporcionando una sola base de datos integrada para el análisis visuales y cuantitativos...”

Además Charles M. Eastman ya describía un modelo paramétrico, donde los contratistas podrían encontrar ventajosa esta información para realizar la programación del proyecto.

En 1957 Dr. Patrick J. Hanratty conocido como el “el padre de CAD” fue el primero en trabajar con programas informativos. En 1968 Donald Welbourn fue el primero en utilizar ordenadores para ayudar a dibujar elementos con formas tridimensionales complejas, y en 1973 se desarrolló la manera de construir sólidos 3D por ordenador.

En unos años después Mike y Tom crearon el primer software de CAD en 1979. Uno de los objetivos importantes de Autodesk en 1982 era desarrollar un programa de CAD para el pc, el mismo año ArchiCAD desarrollo la primera plataforma que utilizó BIM, con el nombre “Virtual Building Solution” traducido en español como “Edificios Virtuales”, pocos años después le siguió la empresa alemana Nemetschk con una plataforma informática llamada “Allplan”. En 1984 fue el comienzo de la Compañía Graphost, que empezó a desarrollar un programa de CAD en 3D. En 1985 Keith Bentley, de la empresa Bentley Systems, proporciona funciones avanzadas de diseño asistido por ordenador (Tjell, 2010).

La primera publicación que apareció con el término “Building Model” fue probablemente el que escribió Robert Aish en 1986, que se trataba de un software que permitía el modelado tridimensional a través de elementos paramétricos, extracción automatizada de documentación, bases de datos relacionales, planeamiento según fases, etc.

El software tuvo un gran éxito en el diseño y construcción de la terminal 3 del aeropuerto de Heathrow. Bastante más tarde, encontramos el término completo, “Building Information Model” en un artículo de G.A. Van Nederveen y F. Tolman “publicado en Diciembre de 1992” en la revista Automation in Construction. Se reconoce a Jerry Laiserin como el responsable de que el término BIM se popularizara a partir de su artículo “Comparing Pommies and Naranjas”, escrito en 2002 donde defendió su adopción universal para identificar las aplicaciones destinadas a crear modelos de información de edificios (Picó, 2011).

En el año 2002, Gehry Technologies, crea el software Digital Projects, su forma de trabajo se llamó “Integrated Project Models” (Modelo integral de proyectos). Ya en el 2002 Autodesk compró la compañía Revit Technology Corporation, con el objetivo de entrar en las plataformas BIM, con el software Revit. “Building Information Modeling” (El modelo de información de edificios) (BIM) es un término relativamente nuevo, para describir un enfoque innovador para el diseño de edificios y construcción. A continuación se puede observar el esquema sobre el origen del “BIM”.

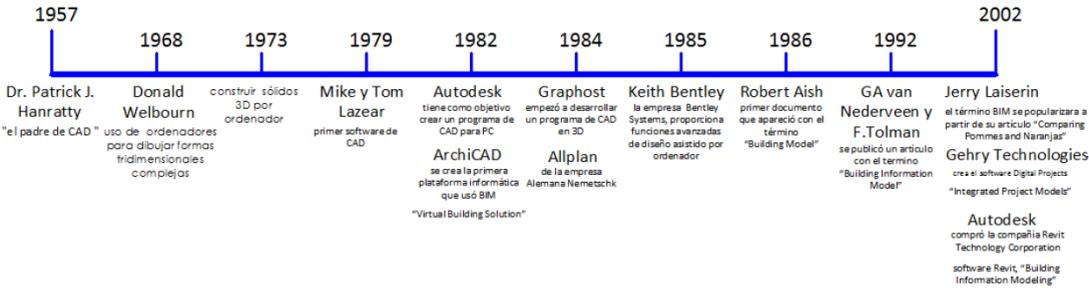


Figura 9 el origen del término BIM en el tiempo

2.2.3 El uso de la metodología BIM en el mundo



Figura 10. Uso del BIM en el mundo. Fuente: www.cadbim3d.com.

El uso al nivel internacional

Los países que más utilizan la metodología BIM en sus proyectos de construcción son los siguientes: Estados Unidos, Australia, China, Canadá y Finlandia.

En estados Unidos el uso de la metodología BIM en la fase de diseño, construcción y gestión es de carácter obligatorio desde el año 2005 mientras que el Institute for BIM en Canadá lo puso en vigor en el año 2007.

En China la metodología BIM se está impartiendo en las universidades. También hay que tener en cuenta que el sector de la construcción en China está en continuo crecimiento y esto ayuda en la implementación de la metodología. En el mismo continente de Asia, el país Corea del Sur tiene el objetivo de utilizar el BIM en todos sus proyectos públicos y todos los proyectos de más de 45 millones dólares para el 2016.

El gobierno de Singapuren 2008 apoyo la metodología BIM, creando una plataforma para poder realizar las entregas de proyectos mediante BIM, además exige el uso de BIM en todos los proyectos públicos a partir de 2015.

Porcentaje de contratistas con nivel alto de implementación de BIM en el mundo

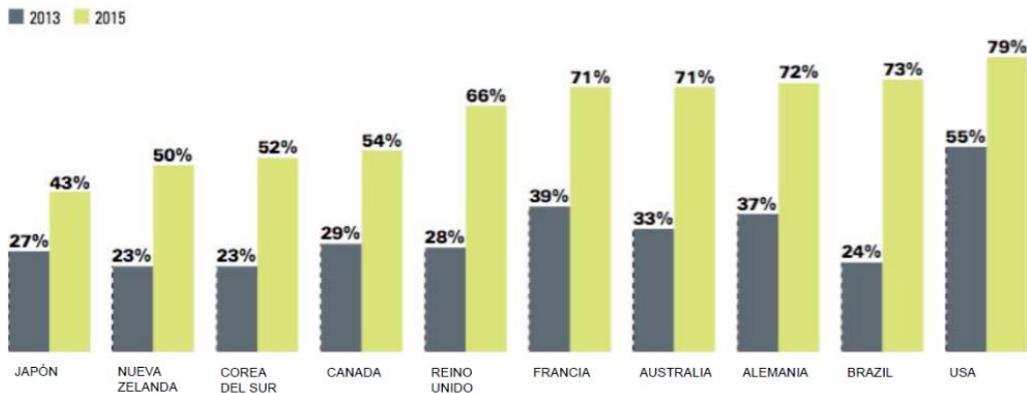


Figura 11. Fuente: McGrawHill Construction, 2013 -Smartmarket Report.

Traducción: Autor del proyecto

El uso al nivel Europeo

En Finlandia el uso del BIM en los proyectos se hizo realidad en el año 2007 cuando el gobierno exigió las entregas de cualquier proyecto de ejecución en archivos de IFC (Industry Foundation Classes).

En Noruega y Suecia tienen un gran nivel de desarrollo implementado BIM desde la universidad. La dirección de las Obras Públicas y de la propiedad del gobierno Noruego exige su uso en todos sus edificios.

Desde 2011 todos los proyectos para el ministerio de viviendas y construcción en Holanda deben emplear la metodología BIM. Mientras

en los proyectos que supere un millón de euros en Dinamarca deben utilizar modelos BIM.

En países como Inglaterra, Alemania o Francia se está empezando a implementarse de una manera activa.

No obstante, la Directiva sobre la Contratación Pública de la unión Europea (EUPPD) 2014/24/EU (European Parliament and Council of 26 February 2014), se recoge que todos los Estados miembros de la UE deben fomentar, precisar o imponer el uso de sistemas digitales en sus procesos de diseño y licitación de proyectos y obras para proyectos de construcción y de edificación financiados con fondos públicos en la Unión Europea para el año 2016.

“Por primera vez, la UE está pidiendo a sus Estados Miembros que consideren el uso de la tecnología para modernizar y mejorar los procesos de contratación pública. La reciente votación representa un gran paso adelante para la Unión Europea y sus estados miembros. La amplia adopción del BIM en la industria AEC europea no sólo reduciría el costo de los proyectos de construcción financiados con fondos públicos en el país, sino que también aumentaría tremendamente la competitividad global de la industria de la UE en la obtención de contratos internacionales de construcción”, dijo Roland Zelles, vicepresidente de Autodesk en Europa, Oriente Medio y África.

El uso de BIM en España

En España ya se está empezando a avanzar en uso de la metodología BIM, ya que parece inevitable el cambio de CAD a BIM. Sin embargo, las

comunidades más avanzadas en este aspecto son las comunidades de Cataluña, Madrid y Valenciana.

El 14 de julio de 2015, el Ministerio de Fomento constituye la comisión para la implantación de la metodología BIM en España. Algunos de los objetivos principales de esta comisión son los siguientes:

- Impulsar la implantación del BIM en el sector de la construcción española.
- Fomentar el uso del BIM en todo el ciclo de vida de las infraestructuras.
- Sensibilizar a las Administraciones Públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras.
- Establecer un calendario para adaptación de normativa para su uso generalizado.
- Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo.
- Realizar el mapa académico de formación BIM en España.
- Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo.

La hoja de ruta prevista es:



Figura 12. Estado actual del BIM en España.

La irrupción del BIM como metodología para la mejora de la eficiencia en los procesos de trabajo en el sector de la construcción está llevando a muchos profesionales a interesarse sobre los múltiples aspectos (software, interoperabilidad, conceptos, tecnologías, etc.) involucrados con su uso y aplicación. Este tipo de inquietudes han motivado la creación de varios grupos de usuarios y asociaciones en España, entre los profesionales del sector. Un ejemplo es el Grupo de usuarios de BIM de Cataluña (GuBIMCat), un colectivo formado por profesionales de diferentes ámbitos relacionados con el sector de la construcción, así como del mundo académico, los cuales se reúnen para compartir sus experiencias. Los temas de discusión abarcan desde temas técnicos y específicos del día a día hasta cuestiones más generales en el uso del BIM.

En la comunidad Valenciana también existe el Grupo de Usuarios Revit de Valencia (GURV), creado en 2010 con sede de reuniones en la Escuela Técnica Ingeniería de la Edificación, en la Universidad Politécnica de Valencia.

Capítulo 3.

Estado de arte de la metodología BIM

Mediante el BIM se puede analizar las diferentes situaciones que se presenten en el proyecto de una obra de edificación, previo a su construcción y posteriores a la finalización. Para cada fase del proyecto constructivo, existen varias herramientas que colaboran en el desarrollo y ejecución del mismo. Para poder desarrollar BIM como profesionales, fundamentalmente se requiere de la utilización de software con el potencial de visualización del proyecto, donde se puede simular mediante el modelado 3D, todas las características y condiciones del proyecto.

En el presente proyecto que se denomina “Gestión de proyectos de edificación mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)” se describirá con un nivel de detalle preciso los objetivos que persigue este proyecto, el estado actual de los conocimientos, productos, procesos y tecnologías existentes y los estándares BIM, su influencia sobre la productividad, identificando las ventajas y desventajas sobre el uso del BIM y las limitaciones de lo ya existente, mediante una metodología de investigación.

3.1 Estado actual de la metodología BIM

Desde el año 1994 el centro de instalaciones integradas de ingeniería de la universidad de Stanford, mejor conocido como CIFE (Center for Intergrated Facility Engineering) ha llevado proyectos de investigación CAD 4D y BIM. El primer proyecto realizado, involucró el desarrollo de un modelo 4D que comunicara el proceso constructivo de un proyecto de construcción de cuatro años de una instalación hospitalaria. Las investigaciones relacionadas con la modelación 4D y el modelado BIM han traído múltiples beneficios lo que le ha permitido continuar desarrollando y ensayando nuevas maneras de modelar, visualizar, analizar y evaluar el comportamiento multidisciplinario del diseño de proyectos de construcción, lo cual ha convertido a su centro de investigación en un líder mundial de proyectos de modelación 4D y realidad virtual en la industria de la construcción. (CIFE, 2011).

El desarrollo de la metodología building information modeling (BIM) durante el siglo XXI ha dado un salto muy importante en Europa, ya que se comienza a implantar en países como Inglaterra, Países bajo, Dinamarca, Finlandia y Noruega, mientras que en los Estados Unidos ya lleva un tiempo en el mercado. La necesidad de supervivencia del sector de la construcción pasa por una renovación profunda, como indicará en su artículo Carly Barrow (2012), en el cual, The Cabinet Office inglesa habla de que su gobierno requerirá modelos 3D colaborativos en BIM con todo el proyecto; es decir, con la información, documentación y datos de manera electrónica a partir de 2016. Es decir, en Inglaterra los sistemas de modelado de información para la edificación, en BIM, se deberán implantar de manera pronta y formarán parte de la documentación

obligatoria para su aprobación por parte de la administración en un periodo reducido de tiempo.

Con ello, se plantea cual es la situación actual para realizar un cambio de esta dimensión en el sector de la construcción. Según los datos del del Cabinet Office (2011) el trabajo informatizado representa casi el 40% del trabajo de la industria de construcción en el reino unido, siendo que el sector público es un inversionista clave en la industria contribuyendo en alrededor de un 8% del PIB.

Sin embargo, se encuentra frente a un sector dividido, de más de 300.000 empresas en las cuales se considera que el desempeño de la profesión es inferior; ineficiente al exigible en condiciones normales. Es decir, el sector de la construcción atraviesa un momento de crisis profunda, y debe renovarse por completo, ya que relativamente no ha sufrido cambios notables en los últimos años. Cuando Egan habló sobre la necesidad de mejorar (1998), describió la industria de la construcción como: *"uno de los pilares de la economía nacional... demasiado importante para que se permita que se estanque."* (Egan, J. 1998)

A mediados de marzo de 2011 el Grupo de la Industria BIM de Trabajo publicó un documento de estrategia para el gobierno de construcción Client Group, con la intención de hacer recomendaciones e informar al Government Construction Strategy. Como conclusión declaró que existe una gran evidencia que indica que el proceso de diseño, construcción de edificios puede traer beneficios sustanciales respecto a los modelos tradicionales, en términos financieros, a aquellos que adopten los principios BIM (GCCG, 2011) según indica Carly Barrow (2012).

Sin embargo, no todos están convencidos de cuál será la mejor estrategia para la aplicación generalizada de BIM según Robert Klaschka,

arquitecto y defensor confeso de la metodología BIM observaciones sobre el artículo de Winston, A (2010b) Por otro lado, la metodología BIM es descrita por muchos autores como un cambio radical, como fue la introducción del CAD en noviembre de 1982.

Según Murray. C en 2011, *“mirando a nuestro alrededor y siguiendo la situación económica actual, observamos como la ruta que viene marcada por el modelado 3D es la adecuada. No hay duda de que en un cierto periodo de tiempo; los arquitectos e ingenieros deberían dar el salto al modelado 3D integrado; si no la han hecho ya”*. Para entender el cambio inevitable, se realiza una comparación entre diferentes países, ya que sólo el 10% de los proyectos en el Reino Unido se realizan en un entorno BIM, en comparación con 60% en los EE.UU. según el Day (2010).

Esta aplicación de BIM tendrá un impacto sobre el papel del arquitecto y/o ingeniero en la presentación técnica y los desafíos culturales existiendo una clara posibilidad de que los procesos y procedimientos impliquen una nueva metodología que pueda influir en el diseño y la calidad. Por tanto, es de mucha importancia que los arquitectos / ingenieros y su educación arquitectónica sigan centrándose en el diseño de alto nivel.

Mediante la habilitación de soluciones que respondan a una solución, pero que también ofrezca un valor añadido, además del financiero, atribuible a la concepción y uso de un proyecto de construcción según nos dice Carly Barrow (2012), también continúa declarando como la plena aplicación de BIM en todos los proyectos del sector público necesitará de tiempo para evolucionar desde la situación normativa actual. El claro beneficio en el mayor valor para el cliente en lo que se refiere al costo en el mantenimiento y el control del ciclo de vida de un

edificio repercutirá en el apoyo incondicional de los gobiernos a este tipo de prácticas.

3.2 Productos/ herramientas BIM

Hoy en día en el mercado de la industria de ingeniería, arquitectura y construcción, existen un gran número de aplicaciones, herramientas y software basados en la representación en 3D de edificios. Sin embargo, estas herramientas han de ser utilizadas de manera colaborativo y bajo estándares de calidad para la edificación sino no se estaría ofreciendo un producto BIM.

El programa Revit es el mejor conocido y el líder en el mercado del BIM para el diseño de la arquitectura (Eastman et al. 2011). Fue introducido por Autodesk en 2002 y está formado por Revit Architecture, Revit structure y Revit MEP. Revit es una plataforma completamente separada de Autocad, con diferentes códigos básicos y archivos estructurales. También existen algunos programas populares en el mercado a día de hoy, como los siguientes:

- Bentley Systems
- ArchiCAD
- Digital Project
- Vectorworks
- Tekla Structures
- DProfiler

- AutoCAD-Based applications
- Vico Construction/Office Suite
- Solibri
- Synchro
- Innovaya

HITOS HISTÓRICOS DE LA TECNOLOGÍA BIM	
AÑOS	HERRAMIENTA
1960	2D A 2D Electrónico
1970	CAD Comercial
1975	BDS- Building Discription system
1980	3D Comercial (geometrias)
1984	Modelos 3D (Informatizados)
1987	Archicad - Virtual building
1994	IAI International Alliance of Interoperability (se funda el primer standard de intercambio IFC)
2003	GSA, Public Buildings Service (PBS) y Office of Chief Architect (OCA) establecen el programa nacional 3D-4D-BIM (EE.UU)
2005	IAI Ahora Building Smart
2007	EE.UU requiere como mínimo el programa espacial de proyectos en BIM
2011	Gabinet office UK, plan nacional utilización de BIM, para el 2016 proyectos deben estar en un nivel 2
2012	Building Smart Finlandia, pública COBIM - requerimientos BIM para proyectos nuevos, renovaciones y gestión de operaciones. BCA - Building and construction Authority de Singapur publica Guía BIM. Se funda Building Smart Spanish Chapter.
2016	Para este año en Reino Unido, todos los proyectos públicos serán presentados en BIM nivel 2

Figura 13. Fuente: - SIMBIM Group - Ciclo de Charlas sobre BIM, ETSEB 18 de marzo2015 // Spanish Journal of BIM 14/01. Introducción a la metodología BIM.

Recientemente G2 Crowd una empresa líder en la revisión de software para negocios, realizó un estudio donde se muestran los siguientes resultados con relación a la calidad que ofrecen estos productos, el nivel de satisfacción de los usuarios, la capacidad de interoperabilidad y la plataforma colaborativa que ofrecen.

(G2 Crowd, 2015a) El diseño de la construcción y el modelado para la información de edificios (BIM) como software incluyen diseño de productos (CAD) asistido por ordenador, de uso común dentro de las industrias de arquitectura y construcción. Muchos de estos productos ofrecen herramientas y bibliotecas destinadas específicamente para el diseño y la construcción arquitectónica, incluyendo aspectos mecánicos, eléctricos, y de plomería (MEP) y el modelado para la información (BIM).

Sort by: G2 Score

<input type="checkbox"/>	 Revit	82
<input type="checkbox"/>	 AutoCAD	79
<input type="checkbox"/>	 SketchUp	66
<input type="checkbox"/>	 AutoCAD Architecture	58
<input type="checkbox"/>	 DataCAD	58
<input type="checkbox"/>	 Vectorworks Architect	51
<input type="checkbox"/>	 ArchiCAD	49
<input type="checkbox"/>	 AutoCAD MEP	47
<input type="checkbox"/>	 MicroStation	26

Figura 14. Fuente: G2 Crowd, Softwares calificados para el reporte 2015.

G2 Crowd GridSM for **Building Design and BIM**

Winter 2015

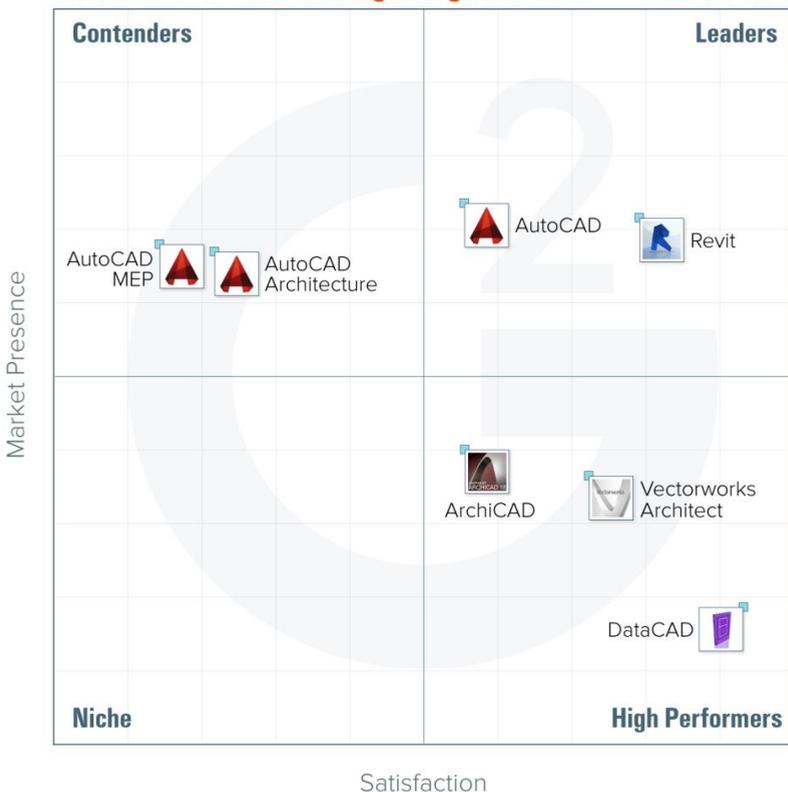


Figura 15. Fuente: Patricia Arcilla. "Report Ranks Best BIM and Building Design Platforms for 2015" 09 Feb 2015. ArchDaily

El software BIM ofrece un proceso basado en modelos para la gestión y el diseño de edificios e infraestructuras, yendo más allá de los planos de construcción para generar una representación digital de las propiedades funcionales de una instalación. Otros productos en esta categoría pueden ser utilizados para una variedad de propósitos CAD más allá de diseño arquitectónico, pero su clasificación dentro de esta red se centran exclusivamente en su uso como una herramienta en el diseño de edificios

Los mejores productos de software BIM se determinan por la satisfacción del cliente (basado en opiniones de los usuarios) y la escala (basado en la cuota de mercado, tamaño del proveedor, y el impacto social) y se colocaron en cuatro categorías en el siguiente esquema.

Según el reporte los líderes del mercado son:

- Revit y Autocad ambos software de la compañía AUTODESK, seguidos de Autocad MEP Y Autocad Architecture.

Otros mencionados como software de gran rendimiento:

- Archicad, Vectorworks Architect y Data Cad.

(Coloma, Eloi, 2008a) Hace tiempo que se desarrollan metodologías de trabajo y aplicaciones que van en la dirección de emplear modelos coordinados entre sí de tal manera que los errores y las tareas redundantes disminuyan. Básicamente se han ido incorporando automatismo y capacidades de gestión del conocimiento a las herramientas de representación; a la vez que los sistemas de vinculación de archivos han ido mejorando con el fin de poder aprovechar la misma información para diferentes vistas.

3.3 Los estándares BIM

Los estándares BIM, se puede definir como los lineamientos establecidos para el intercambio de datos entre los agentes de un proyecto BIM. Los primeros estándares creados para el BIM fueron los IFC Industry Foundation Classes.

Este estándar surgió a raíz de la alianza privada creada por Autodesk, en 1995 de doce compañías para demostrar los beneficios de la interoperabilidad. Estas empresas se dedican a la construcción de diseño, ingeniería, construcción y desarrollo de software, y se reunieron para dar su punto de vista, y con la voluntad internacional para invertir en el futuro de la Industria de la Construcción. International Alliance for Interoperability (IAI) que luego en el 2008 cambio su nombre a Building Smart.

ISO 16739: 2013 especifica un esquema conceptual de datos y un formato para el intercambio de archivos y datos de Building Information Model (BIM). El esquema conceptual se define en lenguaje de especificación de datos EXPRESS. El formato de archivo de intercambio estándar, para intercambiar y compartir datos, de acuerdo con el esquema conceptual utiliza la codificación de texto claro de la estructura de cambio. Se pueden utilizar formatos de archivo de intercambio alternativo, si se ajustan al esquema conceptual.

ISO 16739: 2013 representa un estándar internacional abierto para los datos de BIM que se intercambian y comparten entre aplicaciones de software utilizadas por los diversos participantes en un proyecto de construcción de edificios o la gestión de instalaciones.

3.3.1 Importancia de los estándares BIM

(Building Smart) Estamos creando un nuevo lenguaje digital para permitir el intercambio abierto y preciso de la información, para permitir la gestión del ciclo de vida eficiente y eficaz de nuestro entorno construido.

Hay beneficios muy sustanciales, potencialmente disponibles desde el desarrollo y la adopción de estándares interoperables para BIM. Estos beneficios sólo están totalmente disponibles si estas normas están abiertas e internacionalizadas. Estos beneficios van mucho más allá de las fases de diseño y construcción, un entorno construido, totalmente habilitado como una economía digital está previsto.

El éxito de BIM Building Information Modeling se maximizará si todas las partes implicadas en el proceso de integrar el modelo utilizando el mismo lenguaje, un protocolo compartido y objetos inteligentes que se basa en las normas de intercambio bien definidos. Por lo que debe mejorar la calidad de la comunicación entre los diferentes actores involucrados en el proceso de construcción y para que esto suceda tiene que haber un entendimiento común de los procesos y la información requerida.

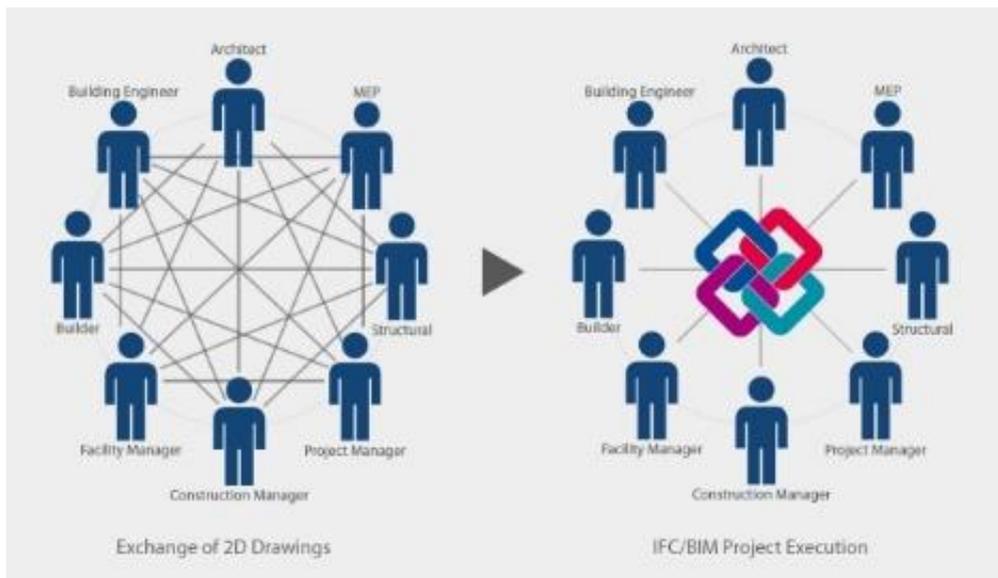


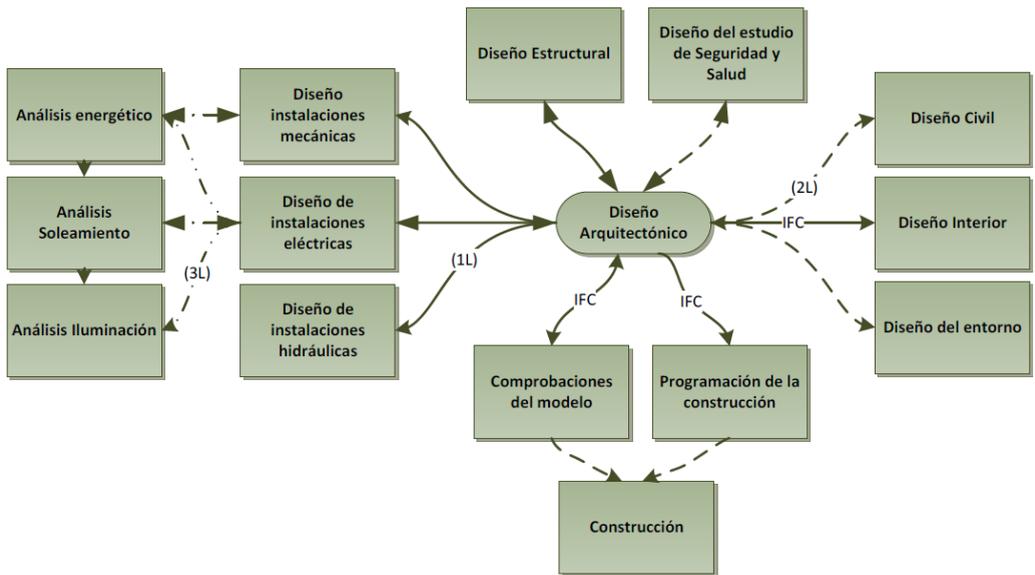
Figura 16. Fuente: www.ithinkbim.net/bim-building-information-modeling-interoperabilita/

3.4 Interoperabilidad en la filosofía BIM

Hay muchos aspectos positivos, negativos y desconocidos que hay que considerar a la hora de implementar BIM en un proyecto de construcción. En este capítulo se habla sobre la investigación realizado de los antecedentes de BIM, sus efectos positivos y negativos, y la mejora de productividad para la industria de construcción.

International Alliance for interoperability (IAI) fue fundado en septiembre de 1995, y desde que se fundó, ha realizado tres importantes publicaciones de la Industry Foundation Classes (IFC). Esto fue el principio de la configuración de estándares para el modelado de objetos basados en datos.

Un estudio reciente de McGraww Hill Construction formuló que en EEUU en 2008: “el 45% de los arquitectos, ingenieros, constructores y participantes del proceso de construcción usaban la filosofía BIM en más del 30% de sus proyectos.” (Steel, J. 2010) Una de sus principales características es la posibilidad de intercambiar información entre diferentes agentes relacionados en el proyecto, como se puede observar en el siguiente grafico a continuación.



1L- Transferencia de información 3D

2L-Transferencia información 2D

3L-Transferencia información datos

Figura 17. Actividades que se desarrollan en el proceso de diseño de un proyecto (Steel J. Drogemuller R. Toth B, 2010)

Según nos indica Steel, J (2010); la Industry Foundation Classes (IFC) es el formato standard para el intercambio de información entre modelos, fue creado en 1996 por la sociedad internacional de interoperabilidad, y ha sido revisado en varias ocasiones. Desde el punto de vista técnico, es definido según la ISO 10303. Esta normativa es un estándar internacional para la representación e intercambio de información de productos industriales.

El objetivo es proveer un mecanismo que sea capaz de describir la información de un producto a través del ciclo de vida del producto, independientemente de cualquier sistema en particular. La naturaleza de esta descripción la convierte en la adecuada no solo para un intercambio neutral de archivos, sino que también es una base para implementar y compartir bases de datos de productos y archivos.

La transición del papel a los modelos de diseño y a procesos basados alrededor de un modelo digital representa un importante avance en la industria de la construcción. Usando los modelos digitales se nos proporciona la posibilidad de crear automáticamente un gran número de análisis durante el diseño, con las importantes consecuencias para la velocidad y eficiencia del proceso de diseño, y también por la calidad de los resultados obtenidos.

En esta industria que es muy dependiente de la colaboración, aparecen los programas de interoperabilidad con el único fin de maximizar los beneficios. El IFC es un ejemplo ambicioso de los modelos basados en la interoperabilidad, que cubre un gran rango de información sobre el modelo, alrededor de una gran cantidad de subdominios.

El IFC se emplea durante el diseño y la construcción y representa un instructivo ejemplo para modelos basados en la interoperabilidad; también plantea soluciones para resolver problemas entre diferentes tipologías. Por la parte técnica, se podrían realizar transformaciones entre los diferentes modeladores, usando revisores de modelo, para evaluar la adecuación del modelo a las diferentes normas, con soporte para implementar el software a una guía de modelo más que restringirlo con el lenguaje según Steel, J (2010).

Según una investigación realizada por McGraw Hill en 2007, la mejora de la interoperabilidad entre los diferentes agentes que participan en un proyecto de construcción es uno de los factores que influyen el uso de BIM en los proyectos. Como se puede observar en la siguiente figura.

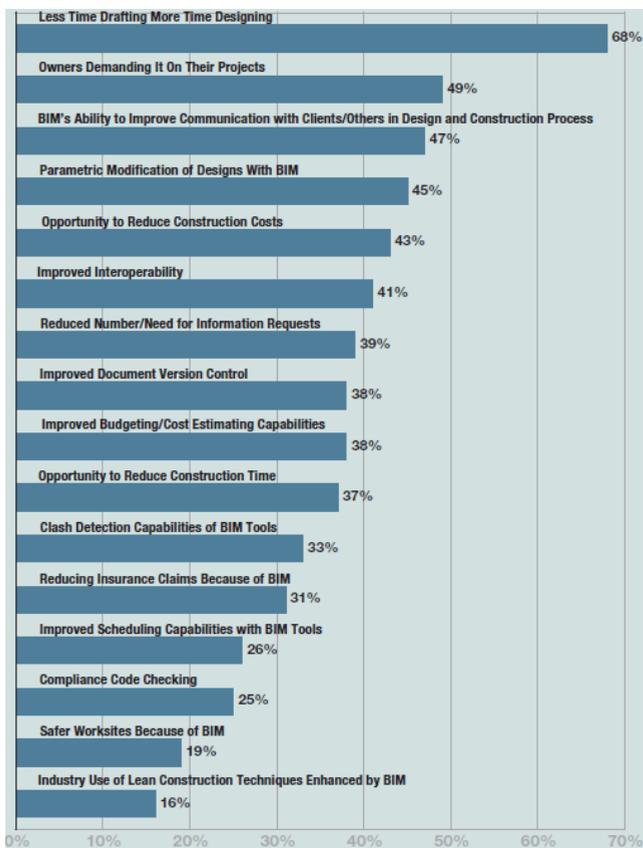
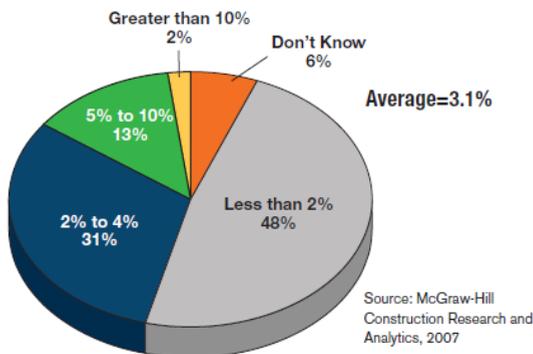


Figura 18. Fuente: McGraw-Hill Construction Research and Analytics, 2007.

Según McGraw Hill construction research and analytics 2007, la falta de interoperabilidad está aumentando costes en la industria de la construcción. Según esta investigación, se averigua que alrededor de 3,1% del presupuesto de un proyecto de construcción está relacionado con el uso de software sin interoperabilidad. A continuación se muestra el resultado de la investigación:

- casi la mitad de un equipo de construcción (48%) creen que la falta de interoperabilidad añade al menos un 2% al presupuesto, mientras que un 31% del equipo creen que aumenta entre un 2% y 4% el presupuesto inicial del proyecto.
- un 13% del equipo de construcción creen que la falta de interoperabilidad cuesta entre 5% y 10% del presupuesto mientras que 2% creen que lo aumenta más de 10%.
- Los ingenieros encuestados estiman que la falta de interoperabilidad tiene el impacto más elevado sobre el presupuesto, aumentando el presupuesto un 4%, mientras que los promotores estiman que lo aumenta un 2,5%.



3.4.1 Medir la calidad del BIM

“Madurez BIM” se refiere a la calidad y a los niveles de excelencia de los servicios BIM. En otras palabras, la Madurez BIM es la aptitud más avanzada para sobresalir en la realización de una tarea o prestación de un servicio y/o ejecución de un producto BIM.

Otro modelo para medir la calidad de los procesos BIM es el iBIM. Es el más utilizado, basado en estándares. Es el método adoptado por el Reino Unido.

(Succar, B, 2009a) Modelo de madurez de Datos de la construcción ModellingThe Ibim integrado Ibim introducido en Bew, Underwood, Wix, y Storer (2008) se ha ideado “para garantizar una clara articulación de las normas y notas de orientación, su relación entre sí y la forma en que se pueden aplicar a los proyectos y contratos en la industria. El modelo iBIM identifica objetivos específicos de capacidad (no hitos de rendimiento) para la Industria de la Construcción del Reino Unido que cubren la tecnología, normas, guías, clasificaciones y entrega (número total de temas no definido). Los objetivos para cada tema se organizan bajo una o niveles de madurez más definidos vagamente (0-3).

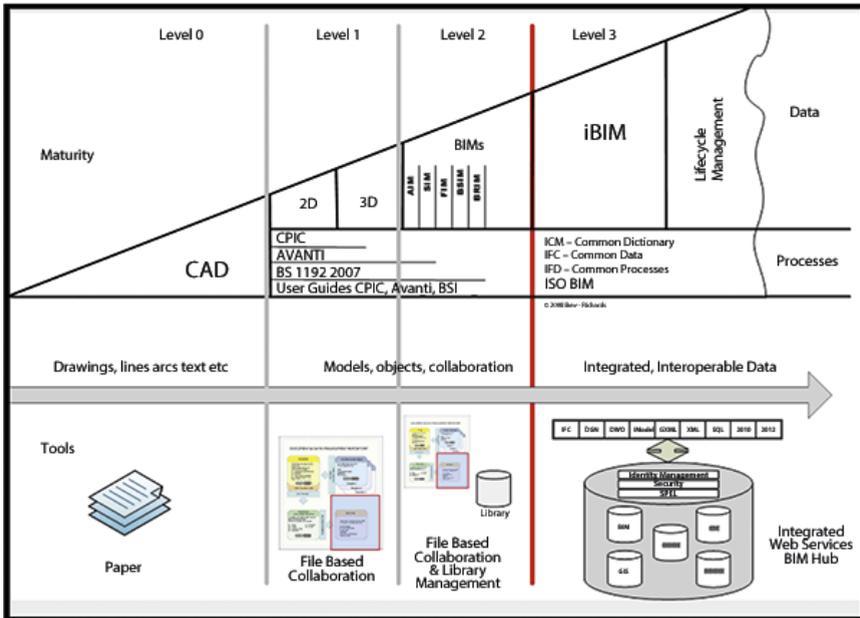


Figura 19. Madurez del BIM (BARLISH K, 2012)

En la figura anterior se puede observar como sería el grado de madurez en el caso de querer implantar la filosofía BIM en nuestro entorno de trabajo. Partiremos de un primer nivel 0. Donde el grado de implantación es nulo; emplearemos herramientas de trabajo en su gran mayoría de CAD, que serán dibujos con líneas, arcos, texto... entre los cuales no habrá relación alguna y nuestras herramientas trabajarán directamente con documentación en papel. Este es el método tradicional de trabajo.

En segundo lugar tendremos el nivel 1; donde comenzaremos con el trabajo en 2D y 3D y con el empleo de nuevas herramientas como el CPIC

o el AVANTI que nos ayudarán al trabajo colaborativo en pequeña medida y por lo tanto, a partir de estos programas y las guías de usuarios podremos crear modelos, objetos y crearemos relaciones de colaboración entre ellos. Se crearán archivos basados en la colaboración entre sí. Este tipo de trabajos se contemplan en la norma BS 1192; 2007 que tratará sobre la colaboración de la información de la arquitectura, ingeniería y construcción y su buena práctica.

En el segundo nivel aparecerá el empleo de diferentes plataformas que participen de la filosofía BIM. Entre ellas el BIM para la arquitectura, estructura o instalaciones. Donde ya no solo participarán de una colaboración directa entre los distintos programas sino que serán capaces de poseer librerías de control comunes, en las que se almacenará información de la construcción.

En un último nivel de madurez ya avanzada; tendremos el iBIM, es decir; se emplearán herramientas BIM que integren todos los datos, procesos y definiciones necesarias para controlar toda la información a partir de una colaboración integrada y creando una interoperabilidad completa entre los datos de proyectos; creando una única bases de datos común en la que se irá introduciendo información en diferentes formatos respetando las propiedades de direccionalidad y parametrización que son propias de esta filosofía. Pudiendo crear un sistema conectado incluso mediante servidores web que permita su trabajo desde diferentes localizaciones.

3.4.2 Especificaciones LOD – Level Of Development

Solo para hacer una referencia de otros factores que intervienen en la calidad de los modelos BIM, se hace mención de los LOD Level of Development o Niveles de desarrollo. Para profundizar en este tema, haría falta la descripción de otros conceptos y establecer definiciones más relacionadas a los software BIM.

La primera compañía de software en introducir el concepto “Level of Detail”, traducido al español “Nivel de detalle fue Vico Software, puesto que le era necesario para el desarrollo de sus funciones en el campo de las mediciones y presupuesto utilizando la metodología BIM.

LOD (Level of development o Niveles de desarrollo) es un término utilizado en varios sectores empresariales. En el caso del BIM, los LOD estarán definidos por el nivel de detalle de información, que presenten los elementos del modelo 3D. La definición de los LOD está recogida en AIA for the AIA G202- 2013 Building Information Modeling Protocol Form, donde se especifican los criterios que deben respetar los elementos dentro del modelo.

(Bim Forum, 2015a) El nivel de desarrollo (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la industria AIC para especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de datos de la construcción en modelos (BIM) en las distintas etapas del proceso de diseño y construcción.

Se define e ilustra las características de los elementos del modelo de los diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo. Esta clara articulación permite a los autores definir lo que en sus modelos

pueden ser fiables, y permite a los usuarios intermedios a entender claramente la utilidad y las limitaciones de los modelos que están recibiendo.

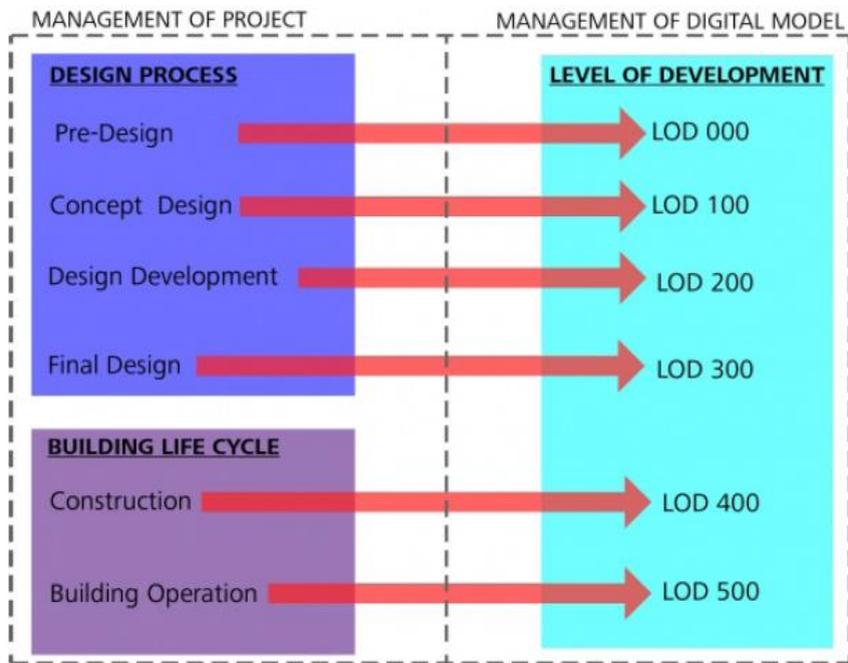


Figura 20. Fuente: www.sustainabilityworkshop.autodesk.com/

(Autodesk, education community) LOD, en el mundo BIM, oscila entre 100 (básica / conceptual) a 500 (muy detallada / precisos). Las fases LOD pueden resumirse como sigue.

LOD 100: elementos modelados están en un punto de desarrollo conceptual. La información puede ser transmitida con formas aglomerándose, narraciones escritas y símbolos 2D. A partir de este

nivel, se puede obtener el cálculo de costes basándose en la superficie total así como la estimación del tiempo de ejecución global del elemento. Este nivel puede servir para realizar el estudio de viabilidad y para la visualización del cliente.

LOD 200: elementos modelados tienen relaciones aproximadas a las cantidades, el tamaño, la ubicación y la orientación. Parte de la información todavía se puede transportar con narraciones escritas. El LOD 200 es casi lo mismo que nivel LOD 100, pero con la diferencia que ya se tiene una idea del acabado exterior y se puede plantear la división temporal de cada fase de la obra de una manera más clara y detallada.

LOD 300: elementos modelados se explican en términos de sistemas específicos, cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación. En este nivel ya se generan los documentos convencionales necesarios para componer el proyecto, incluye toda su normativa y justificación técnica, también se puede incorporar la programación inicial y el presupuesto estimado de cada unidad de obra.

LOD 400: Continuación de LOD 300 suficiente información añadida para facilitar la fabricación, el montaje y la instalación. Con este nivel se puede obtener toda la documentación gráfica correspondiente a arquitectura, estructura e instalaciones y permite verificar que no haya ninguna interferencia entre los elementos.

LOD 500: elementos modelados son representativos de las condiciones instaladas y pueden ser utilizados para la gestión de las instalaciones actuales.

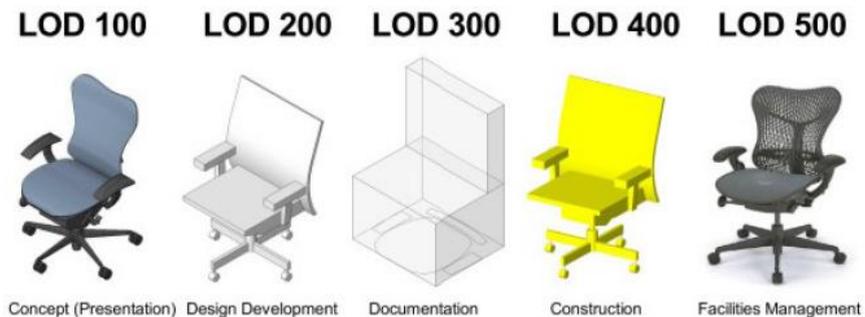


Figura 21. Fuente: www.draftechdevelopments.com

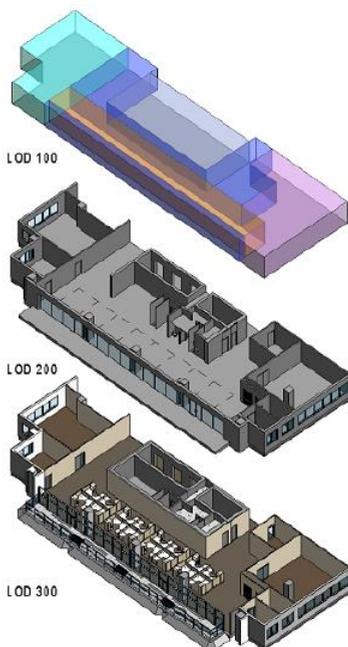


Figura 22. Fuente: www.bimfreak.com

3.5 Productividad

Teniendo en cuenta que el sector de construcción pertenece a un sector referido a la producción de bienes y servicios; además, de ser un sector altamente competitivo y que relativamente no ha sufrido cambios notables durante los últimos años.

Adrian, James (2004) escribió que durante los últimos años ha habido muchos avances tecnológicos en los procesos de construcción y esto ha aumentado el grado de construcción y ha eliminado complejidades en los procesos de construcción. Uno de los mayores impactos surgió a partir del uso de las grúas para elevar grandes elementos constructivos, puesto que gracias a esta invención se consigue transportar grandes cargas de manera más rápida en las obras. Con este avance tecnológico los rascacielos pudieron ser construidos, algo que era imposible de conseguir. El empleo de las grúas en las obras ha provocado un gran impacto sobre la productividad en la industria de la construcción, pero los procesos constructivos permanecieron inalterados.

Otro avance tecnológico fue la invención de los teléfonos móviles. Anteriormente se perdía mucho tiempo durante el intercambio de información de los agentes involucrados en la construcción pero hoy en día gracias a los teléfonos móviles y los correos electrónicos se consigue intercambiar información de una manera más fácil y rápida. Quizá sea este avance tecnológico uno de los más importantes para mejorar la productividad en la construcción pero lo que realmente ha aumentado la productividad es la metodología BIM.

BIM tiene el poder para revolucionar la industria de la construcción, aunque los beneficios que provee esta metodología aun no son totalmente conocidos puesto es nueva para esta industria. La productividad es uno de los mayores atributos de venta para la utilización de BIM en la industria de construcción; por lo tanto hay que realizar una investigación ya que existe escasa información sobre el impacto de BIM sobre la productividad.

3.5.1 Productividad en el sector de construcción

La productividad y la calidad en este sector se han ido disminuyéndose durante muchos años. De hecho el aumento de la productividad en este sector es la más baja en comparación con otros sectores según el Departamento de comercio de los Estado Unidos (Construction Review 2002). El aumento de productividad en el sector de construcción fue un 0,80% en 2002 (tabla 1). En un estudio realizado por Federal Price Commission, se llegó a la conclusión de que la capacidad para aumentar la productividad en un sector depende directamente de la configuración de unos estándares de productividad (Adrian 2002). La implementación de BIM en este sector ayudara a configurar los estándares de productividad a seguir.

El aumento de productividad en diferentes sectores (2002)

SECTOR	AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD (%)
Agricultura	3.64
Construcción	0.8
Transporte	4.6
Minería	3.17
Servicios públicos	5.4
Política	1.64

Tabla 1. Fuente: Construction Review, U.S. Department of Commerce, Washington D.C., 2002.

El mayor factor que reduce la productividad en el sector de construcción es la cantidad de tiempo empleado en tareas no productivas por los trabajadores. Como se puede observar en la siguiente tabla.

Industry-related factors	Labor-related factors	Management-related factors
Uniqueness of many projects	High percentage of labor cost	Poor cost systems and control
Locations at which projects are built	Variability of labor productivity	Poor project planning
Adverse weather and climate seasonality	Supply-demand characteristics of industry	Poor planning for measuring and predicting productivity
Dependence on the economy	Little potential for labor learning	
Small size of firms	Risk of worker accidents	
Lack of R & D	Union work rules	
Restrictive building codes	Low worker motivation	
Government labor and environmental laws		

Fuente: James J. Adrian, 2004

La mayoría de empresas constructoras que forman este sector son pequeñas y medianas empresas (PYME) que tienen menos de 15 trabajadores. Estas empresas no suelen invertir en investigación, desarrollo y óptimos programas informáticos para aumentar la productividad. Existen muchas razones por las que no suelen invertir en tecnología, investigación y desarrollo, algunas de esas razones son las siguientes:

- Miedo de riesgo
- Miedo al cambio
- Miedo a lo desconocido
- Costes de inversión inicial

- El tiempo necesario para aprender los nuevos programas informáticos etc.

Es necesario tanto la investigación como el desarrollo para implementar BIM en las empresas consultoras y constructoras, también se necesita una gran inversión inicial. Los software que utiliza BIM, como Revit, la licencia para un año cuesta 2.975 euros. El precio del software y la formación de los trabajadores hacen que sea difícil de implementar para las pequeñas y medianas empresas. En este proyecto se hará una investigación sobre el caso de implementación de este programa por parte de una PYME.

Según un estudio realizado por Brown and Beaton (1990), se estima que alrededor de 30% de presupuesto de un proyecto de construcción son perdidos por la falta de una buena gestión durante los procesos de diseño y construcción. Según otro estudio realizado por Adrian, James (2004), el 50% de un día trabajado por un trabajador de construcción son gastados esperando a materiales de construcción o simplemente no está trabajando. A continuación se muestra una imagen con la distribución de los tiempos utilizados en la obra.

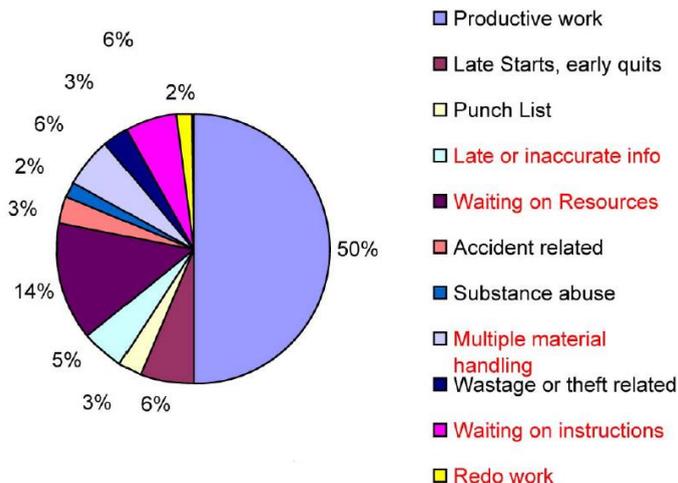


Figura 23. Análisis de los tiempos productivos y los no productivos utilizados durante un proyecto de construcción (Adrian, James 2004)

Si se gestiona bien el proceso constructivo desde la fase de diseño, se consigue estimaciones más adecuadas que mantendrá informado al promotor sobre el presupuesto y el tiempo necesarios para llevar a cabo la obra. Con la aplicación de la metodología BIM en el proceso de diseño, se consigue que tanto el arquitecto / ingeniero como los contratistas participen en el proceso de diseño y esto aumenta la productividad de proyecto y la relación entre ambos (Fisher and Kunz 2004). Aunque este sistema ofrece un proceso de diseño más complejo, también permite que todos los agentes que participan en el proyecto estén dispuestos a dar lo mejor de sí mismos.

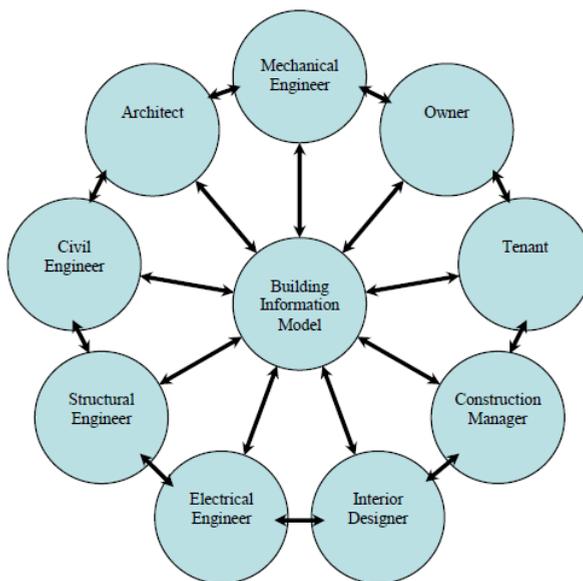


Figura 24. Relaciones entre varios agentes que participan en la fase de diseño de un proyecto de construcción y el proyecto de BIM (Fisher and Kunz 2004).

3.6 Ventajas y desventajas de la metodología BIM

BIM es un enfoque para el diseño de edificios, eso implica el uso de un modelo de construcción digital creado a partir de información coordinada, coherente que permite el diseño de todo el edificio de análisis, la toma de decisiones más rápida y mejor documentación (Golzarpoor, 2010). La característica de un modelo BIM es que éste posee un grado de “inteligencia”, dada por dos particularidades:

- El Diseño Paramétrico, son caracterizados por parámetros y reglas que determinan la geometría del edificio.
- y lo que se conoce por Bidireccionalidad Asociativa, lo que permite gestionar los cambios durante el diseño.

Estas dos características permiten que al hacer una modificación en el modelo, automáticamente todas las vistas (2D) generadas a partir de este se actualizan, eliminando posibles inconsistencias. La definición paramétrica de objetos, permite que un sólo objeto almacenado (ventana, puerta, escalera, techo, columna, etc.) represente a muchos objetos similares cambiando simplemente su altura, su espesor, el tipo de material y otros parámetros.

Las principales ventajas son las siguientes:

- Si los componentes se basan en parámetros, estos podrán cambiarse en cualquier momento, el tiempo de ejecución será cada vez menor y los resultados serán visualizados de forma inmediata (David B. 2012).

- Además de los componentes, incluye también las propiedades, partes y números de estos, para generar cuadro de cantidades así como las relaciones espaciales y geométricas. Todos ellos relacionados en una base de datos con la finalidad de optimizar el proceso de diseño y construcción dentro del concepto del BIM (Building Information modeling o Modelo de Información para la Construcción) (Rivera, 2008).
- Empieza a cambiar la manera tradicional de diseño-dibujo-presentación. El dibujo bidimensional ya no es el punto de partida. Lo es el modelo tridimensional creado con componentes, basados en parámetros (puertas, ventanas, muros, techos, pisos, columnas, escaleras etc.).
- Cambia la manera de producir la información. El dibujo se vuelve consecuencia del conjunto de componentes y al revés. Si diseñamos con elementos que están formados por entidades de dibujo en lugar de componentes, sería tan similar como trabajar con una maqueta física, hacer los cambios implicará en muchos casos rehacer el modelo.

En el campo de la AEC (Architectural, Engineering, and Construction), el Modelo de Información de Edificación (BIM) busca facilitar la administración efectiva del uso compartido y el intercambio de información de edificación a lo largo del ciclo de vida completo de todos los proyectos. BIM permite el intercambio del modelo entre el ingeniero, arquitecto, gerente de construcción, y los subcontratistas. En las reuniones, el encargado de la construcción y el subcontratista puede aportar sus conocimientos de expertos para la construcción del equipo

de diseño. Por otra parte, el gerente de construcción pueden usar los modelos de información de edificios para generar informes de factibilidad de construcción, coordinar, planificar, programar y estimación de costos (Hergunsel, 2011).

Building Information Modeling es básicamente una plataforma digital para la creación de edificios virtuales. Si se aplica BIM, un modelo debe ser capaz de contener toda la información necesaria para colaborar, predecir y tomar decisiones respecto al diseño, construcción, operación, el costo y el mantenimiento de una instalación antes de la construcción (Tjell, 2010). Una característica importante de la BIM es la capacidad tridimensional. (Méndez, 2006).

Las tecnologías 3D permiten hoy en día la realización de modelos tridimensionales de un proyecto, durante la etapa de diseño, planificación y programación, siendo comúnmente usadas por empresas de arquitectura, ingeniería y construcción (Rivera, 2008). Uno de los propósitos de BIM es obtener una mejor colaboración entre los participantes y un flujo de trabajo continuo que se producen más simultáneamente.

Un objetivo adicional de BIM es minimizar la entrada de información al proyecto. Esto se puede lograr ya que toda la información pertinente a la construcción está en un modelo común. Otra posible ventaja de BIM, es reducir los fallos de diseño y construcción. Las diferentes disciplinas de la ingeniería a menudo tienen diferentes modelos. Por ejemplo puede haber un modelo con los elementos estructurales, un modelo con instalaciones eléctricas y mecánicas, un modelo con instalaciones de calefacción y ventilación y así sucesivamente. A menudo, los ingenieros y delineantes trabajan en conjunto con cada disciplina. En ese sentido,

un modelo BIM, donde los elementos de todas las disciplinas se reúnen, pueden contribuir a reducir los fallos de diseño y construcción, por ejemplo, debido a la posibilidad de comprobar los errores entre elementos (Anne Kathrine Nielsen , Søren Madsen, 2010).

Se espera que BIM aporte numerosas ventajas y mejoras significativas en la productividad en la industria de la construcción. En general, BIM facilita la administración de todos los datos necesarios para el diseño, construcción, uso y mantenimiento de edificios. Más específicamente, BIM aumenta la calidad de la construcción, permitiendo un mejor soporte para la toma de decisiones y mejorar la calidad del diseño y rendimiento a largo plazo de los edificios.

BIM puede reducir los costos de un proyecto y el ciclo de vida completo de un edificio dándole mejores maneras para la reutilización de la información del proyecto esencial y permitir el uso de tan sofisticadas herramientas de análisis en su ciclo de vida. Además, BIM puede reducir los riesgos, proporcionando una mayor fiabilidad en el control presupuestario y aumentar la eficiencia mediante la reducción de tiempo de diseño para permitir que se analice el ciclo de vida del edificio y la evaluación de múltiples alternativas (Lehtinen, 2010).

BIM se refiere a un entorno de trabajo que coordina y asocia sistemas de representación geométrica y elementos descriptivos del edificio. Integra una base de datos (BD) que contiene toda la información del edificio que se pretende diseñar, construir o usar, permitiendo un mantenimiento y actualización automática, haciendo uso de la tecnología paramétrica que tanta trayectoria tiene ya en el ámbito de la ingeniería industrial.

El sistema BIM tiene muchas ventajas: al ser un sistema que está totalmente conectado/ vinculado, es un sistema muy organizado por lo

que hay una reducción clara de errores, los documentos son claros y precisos, reduciendo así los fallos de diseño y construcción (no solo en su diseño arquitectónico, sino en su estructura, en las instalaciones...) se optimiza los recursos, no se trabaja más. Esto hace que haya una visualización más real y comprensión del proyecto, aumentando la productividad y planificación, con menos coste de diseño y mejorando la calidad del mismo, consiguiendo edificios más eficaces. No es solo para proyectos nuevos, se puede usar para reformas, rehabilitación etc.

A continuación se especifica algunas de las desventajas de la metodología BIM:

- De momento no existe documentos estándares donde se especifican los contratos de BIM y sino se desarrollan estos estándares de contratos, la interoperabilidad no sería eficiente.
- Garbage in – Garbage out: cuando por el ejemplo los suministradores de materiales de construcción ponen datos en el modelo, ellos no serán los responsables cuando las cosas no funcionan o culparán a los ingenieros por no comprobar los datos introducidos en el modelo.
- Interoperabilidad: cuando se crea el modelo de BIM con un programa en concreto y luego se abre con otro programa, quién sería el responsable de comprobar que todos los datos son correctos.
- Un error de inconsistencia en un modelo BIM afecta en cadena a prácticamente la totalidad del departamento que trabaja sobre él.

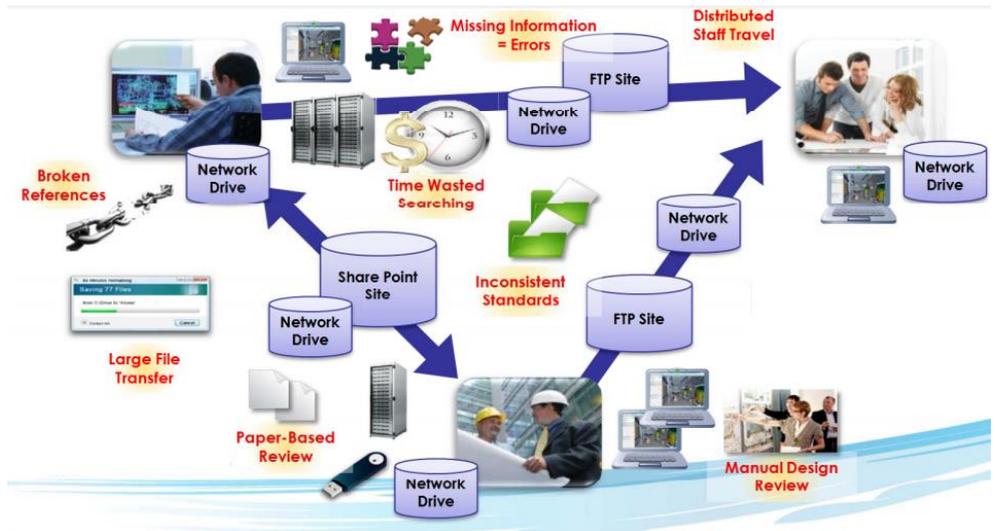


Imagen 1. Inconvenientes en la aplicación de la metodología BIM (Grupo TYP SA 2016)

- Falta de la demanda y el desinterés: existe una gran dificultad de hacer ver a los propietarios, ingenieros, arquitectos y contratistas los beneficios que conlleva el uso de BIM. Esto es muy importante ya que son ellos los que toman la decisión de cambiar de la manera tradicional de gestionar un proyecto de construcción a la actual (Alzar S. 2011).
- Alta inversión inicial para adquirir los software de BIM.

AUTODESK

REVIT	Descripción	Funciones	Prueba gratuita	Comp
-------	-------------	-----------	-----------------	------

Building Design Suite Premium
 Building Design Suite Ultimate
 Revit Collaboration Suite

¿Cuál es la opción ideal para usted? [Compare el software incluido.](#)

Building Design Suite Premium

- Incluye Revit entre otras potentes herramientas de BIM y visualización (consulte el software incluido)
- Opciones de compra flexibles, como suscripción, licencias permanentes o licencias permanentes con planes de mantenimiento
- Disponible para Windows ([consultar los requisitos del sistema](#))
- [Consulte los idiomas disponibles por producto](#)

<input checked="" type="radio"/> Mensual	€ 370
<input type="radio"/> 1 AÑO	€ 2.975
<input type="radio"/> 2 años	€ 5.950
<input type="radio"/> 3 años	€ 8.925
<input type="radio"/> Perpetua con mantenimiento	€ 9.200

Tras el 31 de julio de 2016, se dejarán de vender licencias permanentes nuevas.
[Más información.](#)

Imagen 2: Precios software Revit (Autodesk 2016)

- Pérdida de tiempo a la hora de envío y recepción de los datos entre los agentes que participan en la metodología BIM.

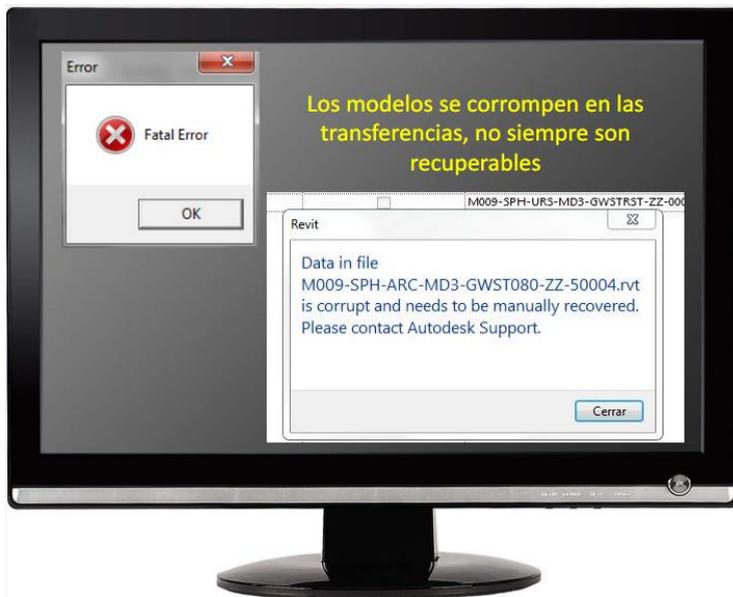


Imagen 3. Inconvenientes en la aplicación de la metodología BIM (Grupo TYPESA 2016).

Las principales causas por las que producen la pérdida de tiempo a la hora de enviar los archivos y que los modelos se corrompan son las siguientes (grupo TYPESA 2016):

- Archivos muy grandes
- Muchos archivos

- Redes de comunicaciones inestables/lentas
- Información corrompe por el camino
- Disparidad geográfica, altas latencias
- Muchos usuarios trabajando en los modelos

(Grupo TYPESA 2016) un error de inconsistencia en un modelo BIM afecta en cadena a prácticamente la totalidad del departamento de producción que trabaja sobre él.

Horas no productivas:

- No se puede trabajar hasta que se recupere el archivo
- Inversión de tiempo en tratar de recuperarlo
- Inversión de tiempo en saneamiento del archivo en buscar de inconsistencias
- Inversión de tiempo en restaurar la última versión del archivo que no esté corrupto

HORAS NO PRODUCTIVAS

con errores periódicos en un **equipo de unas 12 – 14 personas**

14 personas / 3 horas no productivas diarias/ 2 errores diarios

924 horas no productivas al mes

40% de horas no productivas al mes

Inconvenientes en la aplicación de la metodología BIM (Grupo TYPESA 2016).

Capítulo 4.

Integrated Project Delivery (IPD)

“Integrated Project Delivery o Entrega íntegra de proyectos, es una forma de enfocar el desarrollo y entrega de un proyecto en donde se integran personas, sistemas, estructuras y prácticas de negocios en un proceso de colaboración que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el propietario, reducir los residuos y maximizar eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.” (The American Institute of Architects: AIA, 2007).

4.1 Introducción

Existen diferentes métodos/ modelos de ejecución de proyectos y estos métodos se utilizan para facilitar la construcción de edificaciones. El propietario del proyecto y los entes que conocen lo que se va a ejecutar en la obra son los encargados de elegir el modelo a emplear.

En 1980, algunos expertos e interesados en organizar los proyectos constructivos en los Estados Unidos intentaron conseguir que las partes que forman parte de un proyecto constructivo tuvieran objetivos comunes de cooperación en la ejecución de los proyectos pero no

tuvieron gran éxito ya que los intereses personales de cada parte primaban y esto daba lugar a los conflictos que perjudicaban al proyecto.

Al principios de 1990, surge el modelo Integrated Project Delivery (IPD), lo que se puede traducir en español como “ejecución integrada de proyecto, este modelo de trabajo define la forma de organizar a todas las personas que trabajan en el proyecto en un grupo de trabajo colaborativo junto al cliente para entender mejor las ideas que cada quien desea aportar, al final la metodología a seguir será la intersección de todas esas ideas sobre el diseño y de las etapas de construcción, de esta manera se mejora la ejecución de los proyectos de construcción.

4.2 Diferencia entre el modelo tradicional y el modelo IPD

En el modelo tradicional, las etapas de un proyecto de construcción se realizaban de forma que un agente se hacía cargo de la mayoría de las fases del proyecto. De esta manera el promotor va con la intención de ahorrar los costes en mano de obra, pero en la mayoría de los casos esto provocaba errores en el desarrollo del proyecto y como consecuencia un aumento en costes y en plazo de ejecución del proyecto.

Con el modelo IPD se pretende solucionar la falta de cooperación entre las partes que intervienen en el proyecto y cambiar las actitudes de

individualismo que generan ineficiencias y pérdidas, y se constituyen en obstáculos para la creación de valor.

El modelo IPD compite con el modelo tradicional de ejecución de proyectos que se conoce como licitación - construcción, y que generalmente tiene como metodología de implementación la ruta diseño - licitación - construcción. En la Figura 25 se pueden observar los contrastes de ambas metodologías. En el modelo tradicional los constructores de procesos superiores no entran en el proyecto hasta que el diseño se ha completado sustancialmente, en el modelo IPD todo el equipo entiende lo que el cliente quiere y cómo se entregará el proyecto. Puesto que la ejecución es integrada se optimizan las relaciones para mejorar los tiempos de entrega de un proyecto constructivo mediante una mayor participación del propietario.

Según Greg Howell, IPD es un conjunto de condiciones comerciales que unen a las partes en una entidad donde comparten el éxito o el fracaso del proyecto.

Los principios del IPD se pueden aplicar a una variedad de arreglos contractuales, y los equipos de IPD pueden incluir miembros más allá de la tríada básica de propietario, el arquitecto y el contratista. En todos los casos, los proyectos integrados se distinguen únicamente por la colaboración muy eficaz entre el propietario, el diseñador principal y el constructor principal, que comienza en una etapa de diseño temprano y continuo hasta la entrega de proyectos.

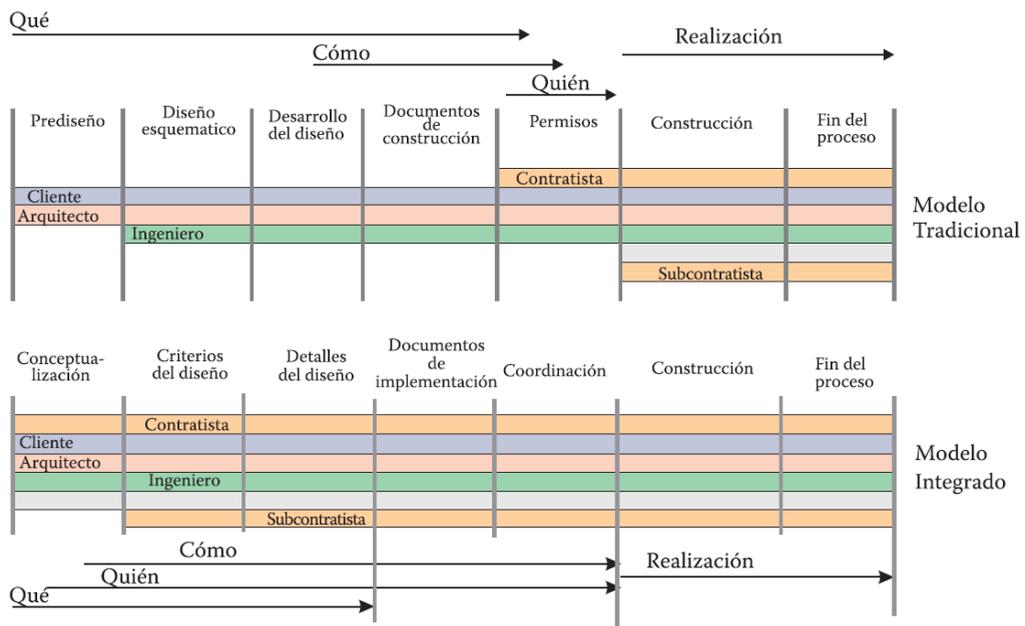


Figura 25. Modelo tradicional de ejecución de proyectos vs modelo IPD
 Fuente: <http://innovatechbuild.com/category/construction/>

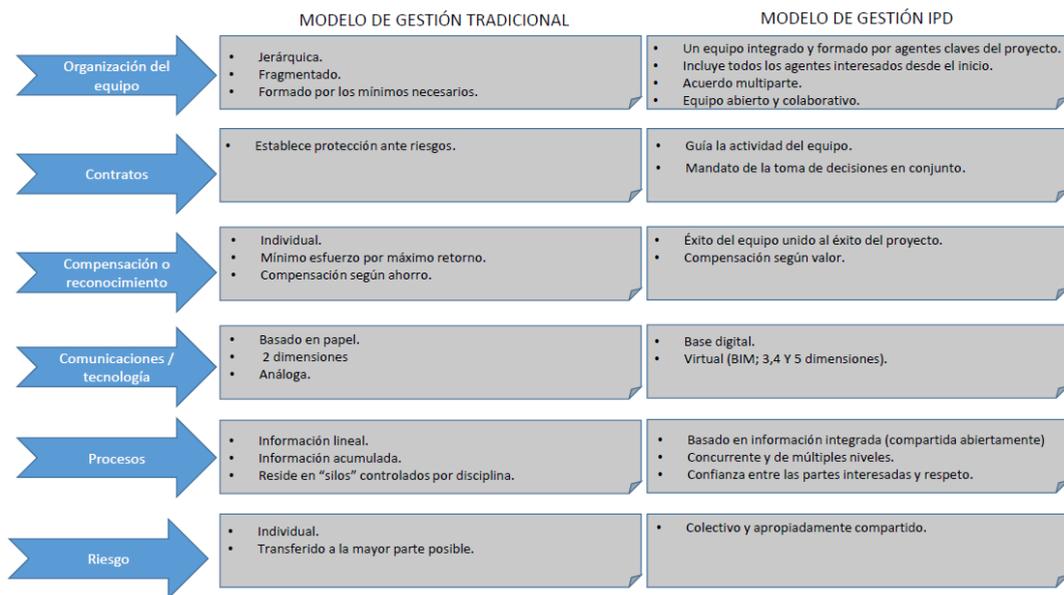


Figura 26. Diferencia entre modelo de gestión tradicional y el modelo IPD. Fuente: "Fuente "Integrated Project Delivery: A guide" (AIA) -(imagen propia).

Con la ayuda de Building Information Modeling (BIM) y la relación existente entre todas las partes que participan en el proyecto, Integrated Project Delivert (IPD) encuentra una forma de colaboración e intercambio de información entre los agentes que participan en el proyecto, algo que en el sistema tradicional no existía.

En el sistema tradicional, no existe una coordinación de todos los agentes desde el principio del proyecto, y esto implica que cada agente interviene conforme se vaya desarrollando el proyecto (ver figura 25). No obstante,

en el sistema IPD existe una colaboración temprana entre los agentes que ejecutarán el proyecto (ver figura 25).

Según Berman en el año 2010, la diferencia entre el sistema tradicional y el sistema IPD es que el objetivo de IPD es conseguir la incorporación de los agentes del proyecto durante las primeras etapas del proyecto con la intención de diseñar, planificar mejor, ahorrar en costes, compartir objetivo, riesgos y recompensas.

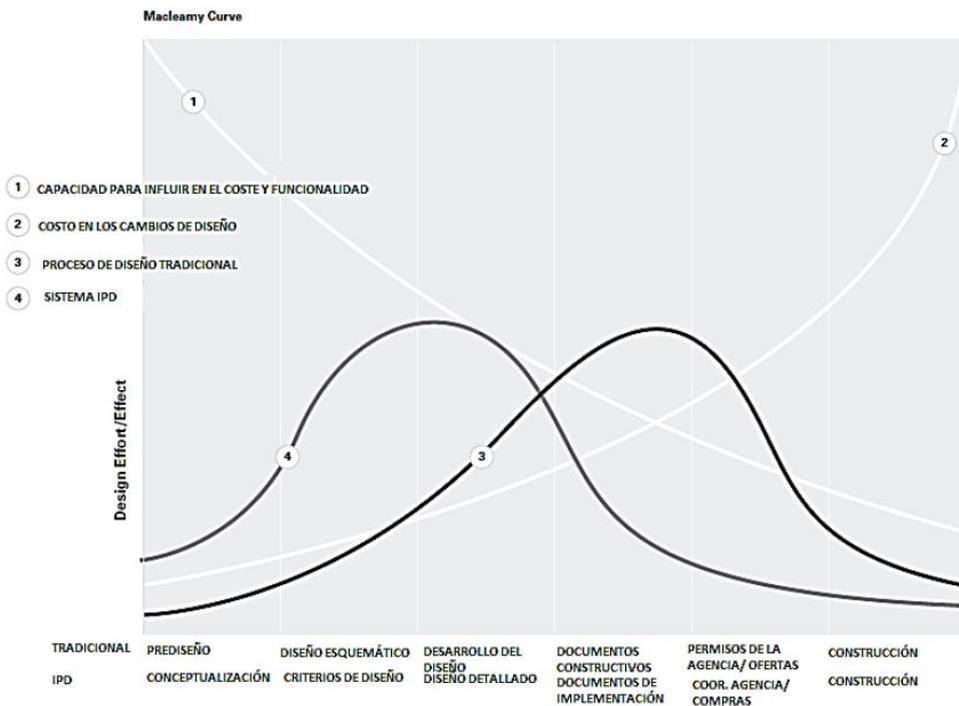


Figura 27: Gráfico Macleamy. Comparación IPD y sistema tradicional. 2007. Fuente “Integrated Project Delivery: A guide” (AIA).

Como se puede observar en la figura anterior, con el sistema IPD con BIM existe una anticipación temprana para la gestión del proyecto. Además se puede ver que con el sistema IPD existe una mayor capacidad de reacción y el costo en los cambios de diseño es menor en comparación con el sistema tradicional. Por lo tanto se puede deducir que con el sistema IPD se puede obtener una mayor capacidad para influir en el coste y la funcionalidad del edificio al reducirse la incertidumbre.

4.3 Configuración de un proyecto integrado

En este apartado se explicaran, se explicaran las bases necesarias para un mejor funcionamiento de este sistema de gestión. Para ello, se hablarán sobre las bases de la guía Integrated Project Delivery (IPD) del instituto americano de arquitectos.

Los participantes en el proyecto han de conseguir una atmosfera de respeto mutuo y tolerancia durante la configuración de un equipo integrado. Además los integrantes han de tener una libertad total para compartir sus opiniones durante todo el proceso de desarrollo del proyecto y deben colaborar juntos para lograr el intercambio de información de una forma transparente (Lean Leadership Canada, 2013)

No siempre es fácil implanta este sistema de gestión. Según Solnosky, Kevin Parfitt, & J.Holland en el año 2013, explican que aunque sea posible la colaboración digital y el intercambio de información entre los agentes

del proyecto, existen barreras culturales y de organización que impidan la comunicación y colaboración entre los agentes.

En nuestra sociedad el trabajo individualista sigue siendo algo habitual, y se han intentado realizar modificaciones en este aspecto para conseguir mejores resultados a lo largo del proyecto.

4.3.1 Formación del equipo de trabajo

Antes del inicio de cualquier proyecto de construcción los agentes que participarán en él deberían implantar unas bases de confianza, comodidad y familiaridad. Una vez conseguidas las bases se ordenarán por niveles de trabajo: los agentes primarios y los agentes clave de apoyo. Los agentes primarios son los que realizan una participación sustancial a lo largo de todo el proyecto, algunos ejemplos son los siguientes; promotor, arquitecto, contratista. Los agentes de apoyo participan en el desarrollo del proyecto de una forma más discreta pero son necesarios para conseguir el éxito del proyecto, algunos ejemplos son los subcontratistas, los suministradores de materiales de construcción. (The american institute of architects: AIA, 2007).

La falta de entendimientos entre los agentes del proyecto, es algo que puede dar lugar a conflictos a la hora de conseguir el éxito del proyecto. Cuando hay un compañero del equipo que no entienda con los demás componentes, esto puede provocar el compañero acabe realizando un trabajo individual.

Según Solnosky, Kevin Parfitt, & J.Holland en el año 2013, se realizaron un programa en una universidad, en el cual el objetivo era conformar un equipo integrado de estudiantes, los problemas que en mayor medida se

presentaron fue el no entendimiento con los otros miembros del equipo, lo que provocó conflictos entre ellos y la generación de menores resultados de éxito.

En conclusión, cuando las bases de entendimiento sean más fuertes entre las partes del equipo de trabajo, más éxito y mejores resultados se obtendrán a lo largo del proyecto.

4.3.2 La toma de decisiones del equipo de trabajo y la resolución de las disputas

En el sistema de Integrated Project Delivery (IPD), lo que opina cada componente del equipo es válida para la toma de decisiones, no existe una jerarquización. Se debe de consultar a las opiniones de todos los componentes del equipo de trabajo para poder alcanzar un entendimiento global entre ellos. Esto es muy importante para conseguir el éxito del proyecto.

Según afirma Howard W en 2011, “En IPD, las ideas son juzgadas según su mérito, sin tener en cuenta el rol del autor o su estatus. Las decisiones claves son evaluadas por el equipo de trabajo”.

Se puede verificar mediante un estudio realizado sobre el Catedral Hill Hospital de San Francisco en los Estados Unidos, donde se está implementando esta metodología de trabajo en equipo.

(Ayats Pérez & Cervero-Romero, 2014), manifiestan que cuando ocurran algunos problemas, la toma de decisiones para poder resolverlos, se lleva a cabo a través de reuniones con los miembros que podían tener relación

con estos fallos, en donde, la opinión de cualquier miembro es respetada y se toma en cuenta.

Las reuniones entre los agentes/miembros se deben realizarse de forma continua y esto ayuda para conocer las opiniones de los todos los miembros del equipo de trabajo y tomar las mejores decisiones para el desarrollo del proyecto. Según el contrato IFOA desarrollado por Sutter Health, hay diferentes tipos de reuniones de los componentes de un equipo de trabajo para la toma de decisiones del proyecto. Lo primero son las reuniones ordinarias que son planificadas y notadas en un calendario, el segundo son las reuniones urgentes que surgen de forma imprevista, para resolver un problema inmediato.

Las reuniones del equipo IPD son fundamentales para la resolución de conflictos y son una forma de comprensión y de entendimiento entre todos los agentes.

4.3.3 Comunicaciones del equipo

El aspecto más importante del sistema IPD es la comunicación entre los agentes del equipo de trabajo. La no existencia de un buen funcionamiento de las comunicaciones entre los agentes del equipo de trabajo puede provocar un estancamiento del flujo de información provocando situaciones de falta de entendimiento del proyecto y de confusión.

“El enfoque de IPD se basa en una comunicación abierta, directa y honesta entre todos los participantes. Para que esta comunicación sea efectiva se utiliza la tecnología que cumpla con los estándares abiertos” según la afirmación de Howard W, 2011.

(The american institute of architects: AIA, 2007) *“El éxito de IPD se basa en la cooperación mutua, pero para obtener esta cooperación, en primer lugar, ha de existir un buen medio de comunicación que aporte los mecanismos y la atmosfera necesaria para transmitir la información del proyecto.”*

Hoy en día, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías, la comunicación entre los diferentes agentes que participan en el proyecto se puede realizar de varias formas, sea mediante medios tradicionales como el teléfono, o por internet mediante sistemas de intercambio en la nube, que está presente en algunos Software BIM.

Una de las ventajas del intercambio de información y datos mediante la nube, es que se consigue la sincronización de la información y esto se transmite a todos los componentes del grupo de trabajo en el mismo tiempo.

Según Redmond, Hore, Alshawi, & West, en 2012, “mediante el sistema en la nube, se consigue transmitir información de todo el ciclo de vida del proyecto”.

El objetivo de realizar un protocolo correcto de comunicaciones es intentar conseguir el flujo de información constante entre los integrantes del equipo de trabajo para así favorecer la consecución de los objetivos del proyecto.

4.3.4 Combinación de BIM e IPD

Para poder conseguir un buen funcionamiento de sistema IPD, se necesita la incorporación de un sistema que permita que los miembros que forman parte del equipo de trabajo lleven un control total de toda la documentación e información del proyecto.

BIM proporciona a IPD ese sistema necesario para gestionar un proyecto, y al combinar ambos sistemas de gestión, los beneficios se hacen más potentes.

Según afirma Wickhershaw en año 2009, “Se entiende que la entrega del proyecto integrado (IPD) y el modelado de información de construcción (BIM) son conceptos diferentes – el primero es un proceso y el segundo una herramienta. Ciertamente proyectos integrados se hacen sin BIM y BIM se utiliza en los procesos no integrados. Sin embargo, los beneficios potenciales de ambos IPD y BIM se logran sólo cuando se utilizan juntos”.

Según Autodesk, 2008, los beneficios de la combinación del BIM Y IPD, se aprecia en la facilidad de transmitir las comunicaciones entre miembros que configuran el equipo de trabajo, el 3D facilita la comprensión de cada fase del proyecto pudiendo visualiza la consecución de los objetivos del proyecto. Para definir los compromisos y las áreas de trabajo de los miembros / agentes, así como las decisiones del proyecto, se pueden controlar con más facilidad a través de uso de BIM e IPD.

En conclusión, se puede afirmar que los sistemas de gestión BIM y el IPD interactúan perfectamente para la lograr los objetivos del proyecto que son la reducción de los costes, el plazo y la consecución de un proyecto sostenible con óptimos estándares de calidad.

4.3.5 Información privada o reservada y su distribución, configuraciones legales

Según la afirmación de Lean Leadership Canadá, en el año 2013, *“Cada miembro del equipo IPD debe comprometerse a no revelar información confidencial a terceras personas y también a no utilizar información de propiedad exclusiva que no tenga relación con el proyecto, salvo que el propietario de esa información autorice su uso por escrito.”*

Uno de los mayores problemas que conlleva la implementación del sistema IPD, es la dificultad legal para el intercambio de información entre los agentes que configuran el equipo de trabajo.

Según un estudio hecho por Redmond, Hore, Alshawi & West (2012), donde a 11 expertos con BIM fueron preguntados sobre cuáles eran los problemas contractuales para implementar un sistema en la nube con BIM, 7 de ellos afirmaron que no se especificaba en los contratos quienes eran los propietarios de la información y no existía suficiente claridad legal respecto a la distribución de responsabilidades.

“El uso de BIM en proyectos acarrea importantes problemas contractuales relativos a las responsabilidades, riesgos, indemnizaciones, derechos de autor, y uso de documentación no dirigida por los contratos industriales estándar”. (Atul & Hewage, 2012).

Un ejemplo de estos conflictos legales, es que en un supuesto caso en el cual el promotor utiliza un modelo BIM para realizar las tareas de Facility Management (FM). Si en el contrato no figuran que los arquitectos o ingenieros tienen el derecho de usar el modelo BIM para realizar el diseño del proyecto de construcción, esto podría provocar conflictos legales.

Según afirma Lean Leadership Canada en 2013, El contrato IFOA (Integrated Form of Agreement), establece que la información del proyecto puede ser utilizado por el promotor para cualquier propósito que él desee, pero debe reconocer al equipo IPD como el creador de esa documentación.

Para evitar problemas legales, es muy importante que se redacten los contratos con suficiente claridad para evitar la aparición de problemas legales de derechos de autor cuando se utilizan un sistema IPD y BIM.

4.3.6 Compensación o recompensa

Gracias al sistema IPD, se consigue pasar de un éxito individual a un éxito compartido entre todos los agentes integrantes en el proyecto, puesto que un proyecto bien ejecutado es el objetivo común de todos los que participen él. El reconocimiento es mutuo entre los integrantes del grupo de trabajo y la compensación o recompensa viene en función del éxito conseguido en las distintas fases del proyecto.

Según afirma Kubba en el año 2012, *“Como incentivo, el riesgo y la recompensa es compartida desde un principio con el claro propósito de que todas las partes trabajen juntos por el bien del proyecto”*.

“el propósito de IPD es ejecutar los proyectos de la manera más eficiente posible, y que aunque en un principio una integración IPD pueda salir cara, esta se compensa con el ahorro que se obtendrá al finalizar el proyecto, obteniéndose beneficios para repartir entre los integrantes del equipo IPD. Por lo tanto, el beneficio de los implicados es proporcional a la capacidad del equipo de reducir el coste material del proyecto” (Ayats Pérez & Cervero-Romero, 2014).

Se puede llegar a la conclusión que en la metodología IPD, todos los trabajos que realizan los agentes integrantes en el equipo de trabajo dan lugar al éxito del proyecto y ese éxito es la compensación o recompensa de todos los participantes en el equipo de trabajo.

4.3.7 Asignación y abandono

La asignación de los puestos y deberes a cada agente que intervendrán en equipo de trabajo es el primer paso que se debe de realizar, puesto que es importante para poder conseguir una buena implementación de esta metodología de trabajo.

Pero no solo es importante ese primer paso de asignación de los puestos a los agentes, sino que también hay que controlar todos los compromisos y objetivos impuestos en el inicio del proyecto, se sigue llevando a cabo entre los integrantes del equipo de trabajo para así conseguir el éxito final del proyecto. En cualquier proyecto el incumplimiento de los compromisos por parte de uno de los integrantes del equipo de trabajo es perjudicial para el desarrollo del proyecto, pero gracias a la metodología IPD, se consigue minimizar este error debido al trabajo en equipo. Cuando se pierda a un agente por cualquier motivo, se debe sustituir por uno de su mismo potencial para evitar pérdidas de valor y que el proceso pueda continuar en su normalidad. (The american institute of architects: AIA, 2007).

4.3.8 Definición de roles

En la metodología IPD, los agentes posean roles o papeles establecidos para realizar las tareas o actividades especializada desde el principio del proyecto, pero todos los agentes, da igual del área que pertenecen han de trabajar conjuntamente para conseguir una serie de objetivos para lograr el objetivo final del proyecto.

4.3.9 El alcance del servicio

Según Patiño Cambeiro, Patiño Barbeito, Goicoechea Castaño, Fenollera Bolívar, & Rodríguez Rodríguez, en el año 2013 “La esencia de IPD, consiste en reunir al promotor, el equipo de diseño y contratistas desde el inicio del proyecto, a fin de que puedan compartir experiencias y las decisiones se toman en conjunto de forma colaborativa”.

Es muy importante que todos los miembros del equipo de trabajo se incorporen desde el inicio del proyecto ya que esto permite un mejor conocimiento de cómo se va a realizar el proyecto.

Esta asignación y definición de roles temprano, permite que el promotor/es transmite a los miembros de equipo de trabajo los objetivos a conseguir y les aporte un conocimiento completo de todo lo necesario para llevar a cabo el proyecto antes de su desarrollo. Esto permite optimizar la capacidad del equipo para para realizar bien el trabajo, gestionar el presupuesto de manera eficiente, entre otras condiciones determinadas por el promotor. El equipo de diseño se pone en contacto con los contratistas, facilitando el diseño de las diferentes soluciones constructivas que mejor se adapten al proyecto y pudiendo detectar

incidencias antes de la ejecución. (Patiño Cambeiro, Patiño Barbeito, Goicoechea Castaño, Fenollera Bolívar, & Rodríguez Rodríguez, 2013).

El objetivo fundamental de la metodología IPD es conseguir una integración de todos los agentes que participan en el proyecto, donde cada agente aportará al proyecto según su área de especialización.

Esta unificación de áreas de trabajo o de especialización en el sistema de trabajo IPD, se puede observar en el proyecto del Catedrall Hill Hospital, donde (Ayats Pérez & Cervero-Romero, 2014), exponen que el proyecto se ejecutaba por medio de un modelo virtual en tres dimensiones generado por arquitectos, que después se transmitía a ingenieros industriales, estructuristas, y constructora donde cada uno de ellos aportaba información según sus áreas de conocimiento.

4.3.10 Deberes multidireccionales

El objetivo fundamental del sistema IPD es intentar conseguir que todos los agentes que forman el equipo de trabajo, trabajen conjuntamente entre sí para lograr el objetivo del proyecto, mientras que en el sistema tradicional las responsabilidades eran individuales.

El equipo de trabajo está formado por un grupo de agentes. Cada agente posee los conocimientos necesarios para realizar su trabajo de forma independiente, pero trabajando juntos en equipo pueden rendir mucho mejor y así conseguir el objetivo del proyecto. Según Patiño Cambeiro, Patiño Barbeito, Goicoechea Castaño, Fenollera Bolívar, & Rodríguez Rodríguez en el año 2013, “si un agente se queda atasco, los otros le pueden ayudar, tomando decisiones como equipo”.

Cuando existe esta ayuda mutua entre los agentes, el trabajo se realiza de una manera fluida, sin muchos errores o equivocaciones que pueden alargar el plazo o el presupuesto inicial del proyecto.

En conclusión, el sistema IPD es más efectiva cuando existe una cooperación entre todos los agentes participantes en el proyecto. Por lo tanto todos tienen un conocimiento individual que han de colaborar desde principio para lograr el objetivo del proyecto.

4.4 Casos de éxito y fracaso

La combinación de las metodologías de trabajo BIM e IPD se han estado utilizando para el desarrollo de los proyectos de construcción durante los últimos años. Estos proyectos han sido desarrollados en los Estados Unidos y en la parte de norte de Europa, consiguiendo unos resultados estupendos referentes al ciclo de vida de los proyectos de construcción en estos lugares, No obstante también existen casos en los cuales aparecen problemas de financiación debido a la forma de pago especificado en los contratos.

En el año 2014, Hudak fue uno de los integrantes en el equipo de trabajo para la ejecución del proyecto “North General Hospital” de Harlem en Nueva York, en Estados Unidos. Él dijo que la aplicación del sistema IPD apporto unos resultados respecto al conocimiento del proyecto, facilitando la estimación de plazo de ejecución y costes, sobre todo la toma de decisiones. También dijo que los errores que encontraban en el proyecto se detectaban y se subsanaban más rápidamente debido a la existencia de unas buenas comunicaciones entre los agentes que forman

el equipo de trabajo. *“Sutter Medical Center Castro Valley”* es otro ejemplo de un proyecto que tuvo éxito significativo, donde Khemlani en el año 2009 dijo que la integración de la metodología IPD al proyecto permitió realizar el diseño estructural en siete meses menos de lo esperado en el principio. También afirmó que se pudo realizar una estimación de presupuesto al realizar el diseño con el sistema BIM.

Especialmente de han aplicado la unión de los sistemas IPD y BIM en proyectos de construcción de hospitales la magnitud y complejidad de los mismos. En los proyectos de gran envergadura y complejidad es donde se puede apreciar mejor la importancia de estos sistemas de gestión, ya que se obtienen resultados de gran cantidad y se puede eliminar algunas dificultades de implementación que pueden llevar al fracaso del equipo IPD.

Según J. Mark & Darren A, en el año 2012. En un proyecto de edificación la empresa contratista principal tuvo algunos problemas por el tipo de sistema de pago que generaba en IPD. El autor también dijo que los pagos a la empresa contratista por parte del promotor se realizaban mediante una piscina de compensación de incentivos (ICP), en la cual se realizaba los pagos conforme se vayan consiguiendo los objetivos del proyecto. Según la empresa contratista, se realizaba los pagos a los 45 días en vez de 35 días, generando una descompensación de 15 días en los pagos, todo esto ocurrió por no tener en cuenta al firmar el contrato, generando un déficit financiero de la misma empresa. (Ver figura debajo).

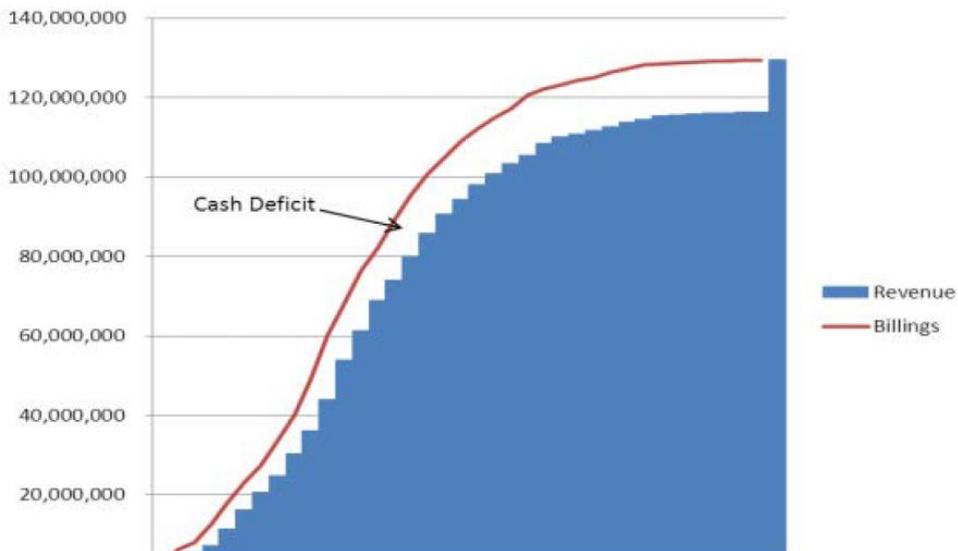


Figura 28. Déficit presentado por la empresa contratista. 2012. Fuente: “Integrated Project Delivery: Not a Panacea for Everyone” (J.Mark, PhD, &JD y Darren A.Olsen)

En definitiva, se puede llegar a la conclusión de que las metodologías IPD y BIM son dos sistemas de gestión de proyectos de construcción que proporcionan numerosos beneficios. No obstante, los miembros integrantes del equipo IPD, deben comprobar muy bien lo que se especifica en el contrato para evitar sorpresas futuras.

Capítulo 5.

Detección de incompatibilidades e interferencias en los proyectos

Taboada García et al. en el año 2011 definió las interferencias como problemas que proviene de la deficiente integración entre las diferentes etapas del proyecto, un ejemplo de este tipo de problema puede ser la existencia de una mala integración entre los planos de arquitectura y los de estructura. Mientras que las incompatibilidades son problemas que proviene de una incorrecta representación gráfica de los planos por no guardar relación entre los demás planos del proyecto.

“Una detección de incompatibilidades permite la identificación, inspección y reporte de interferencias en el modelo de proyecto compuesto. Ayuda a reducir el riesgo de errores humanos y descuidos durante las revisiones de modelo ya que detecta automáticamente las interferencias del modelo. La Detección de incompatibilidades se puede utilizar como una comprobación de validez de una sola vez para el trabajo de diseño realizado o como parte de una auditoría de los proyectos en curso y el proceso de control de calidad.” (Autodesk, 2013).

5.1 Introducción

La combinación de la metodología BIM, que permite guardar y buscar la información detallada de un proyecto a través de una base de datos, con un sistema IPD, donde hay una constante y permanente colaboración entre los agentes participantes en el proyecto, permite reducir de una forma notable los errores o problemas que se pueda presentarse en el proyecto.

En un proyecto de construcción, los errores o problemas pueden presentarse de una forma de incompatibilidades e interferencias, entre los documentos que componen el proyecto. Cuando se consigue detectar estas incidencias tempranamente, esto permite mejorar el flujo de ejecución del proyecto y ahorrar el plazo y el presupuesto, dando mayor valor al proyecto.

Según Editor BIM Journal, en el año 2012 “La detección de interferencias tiene lugar durante la fase de diseño, por lo que las cuestiones constructivas, se pueden resolver antes de la fase de ejecución, ahorrando grandes cantidades de dinero, tiempo y construyendo un edificio con mejor calidad”.

Con la ayuda de sistema Building Information Modeling (BIM), se consigue detectar las interferencias con mayor rapidez y facilidad, ya que en el sistema tradicional hay que ir revisando los documentos uno a uno para encontrar el fallos e incompatibilidades, y esto prologaba el plazo de ejecución del proyecto. Gracias a metodología BIM y su relación paramétrica de todos los documentos que componen el proyecto, se

puede controlar con más facilidad cada una de las partes y detectar donde se producen las incompatibilidades.

“En el presente, la mayoría de las empresas utilizan BIM para 3D/4D detección de interferencias y para planear y visualizar servicios” (Azhar, Hein & Sketo, 2007).

Además con el sistema de Integrated Project Delivery (IPD) al realizarse una incorporación temprana de los agentes intervinientes, permite una detección más temprana de incidencias y se aumenta la capacidad de reacción de los miembros del equipo.

En conclusión, la gestión de proyectos mediante BIM e IPD, permite tener mejor entendimiento y visualización del proyecto y los documentos que lo compone, permitiendo subsanar los fallos o errores con mayor anticipación con deferencia al sistema tradicional.

5.2 Sistemas de detección de incompatibilidades e interferencias

El sistema de detección de incompatibilidades e interferencias, es un procedimiento que se utiliza para identificar o localiza los posibles errores dentro del proyecto, previo a la fase de ejecución. Los procedimientos pueden cambiar, dependiendo de la compañía y no es necesario que haya solo una única metodología de detección de las incidencias.

En este capítulo se hablará sobre un sistema de aplicación y detección de posibles errores dentro del proyecto realizado por el Department of

Veterans Affairs en el año 2010 y se hablará sobre un conjunto de comentarios al respecto:

- El BIM manager agrupará un modelo formado por todas las partes de cada fase de diseño con el objetivo de realizar una verificación visual del diseño de los edificios y su coordinación espacial. Se comprobarán los ejes verticales y que todas las alineaciones de las instalaciones y huecos presentes en el proyecto estén todos alineados.

Según lo visto en el apartado anterior, se puede deducir que el BIM manager es el agente que posee un amplios conocimientos sobre el uso del software BIM. Este agente tiene la obligación de asegurar que estén todos los planos del proyecto alineados y también detectar que no haya diferencias en las distribuciones entre las distintas plantas del edificio.

- Hay veces que es necesario hacer una comprobación nivel por nivel para asegurar la coordinación de las instalaciones, cuando se trate de un proyecto de varias plantas. También cuando el suelo tiene grandes dimensiones, es necesario dividirlo por partes reducir su tamaño. Normalmente la detección de incongruencias se debe de realizar en todas las plantas y no se pasará a la siguiente planta hasta que los sistemas de construcción estén completamente coordinados.
- Se ha de utilizar un software de detección automatizada para verificar la correcta coordinación entre todas las fases del proyecto. (ver Detección automatizada. *Naviswork*[®]).

Con la ayuda del software de detección automatizada, se pretende encontrar la relación entre las distintas fases del proyecto, comprobando que existe una interacción correcta entre ellas.

- El equipo de construcción deben de comprobar que el modelo y los informes de incompatibilidades e interferencias en las reuniones de forma habitual hasta que se consiga resolver todas las cuestiones espaciales y de coordinación.

Mediante las reuniones del equipo IPD, cada agente aportará ideas para solucionar los errores averiguados y harán un análisis de diferentes maneras para evitar que se vuelvan a producirse. (The american institute of architects: AIA, en el año 2007).

- Durante la etapa de construcción, se ha de comprobar la precisión de los modelos de fabricación. Previo a cada presentación de fabricación. Para su aprobación, los contratistas expondrán sus modelos BIM al BIM Manager para la comprobación de interferencias.
- Para una adecuada detección se puede utilizar colores a las diferentes etapas o fases constructivas, por ejemplo arquitectura se le puede asignar un color azul y a la electricidad un color verde.

Esta metodología para detectar errores, expuesta por (Department of Veterans Affairs, 2010), permite identificar y solucionar las incidencias de

proyecto, permitiendo ahorrar en presupuesto y plazo de ejecución de la obra.

5.2.1 Detección automatizada. *Naviswork*

A parte de la detección de incidencias mediante BIM, en los últimos años se han desarrollado software que produce una detección automatizada de los errores que pueden surgir en el proyecto, solo es necesario importar el modelo ya terminado a este tipo de software.

Uno de estos Software de la casa comercial Autodesk es Naviswork®. Gracias a este programa informático se puede observar la calidad de lo diseñado, averiguando interferencias en los modelos ya diseñados.

Mediante Naviswork® se puede realizar una comparación entre las diferentes fases del proyecto, por ejemplo, se puede realizar una comparación entre la fase de arquitectura y la fase de instalaciones eléctricas, o la fase de estructura y la fase de arquitectura y de esta forma averiguar dónde colisionan para su posterior corrección. Además, se puede realizar diferentes filtros de comparación que hace más fácil una detección más localizada. (Ver Figura 29).

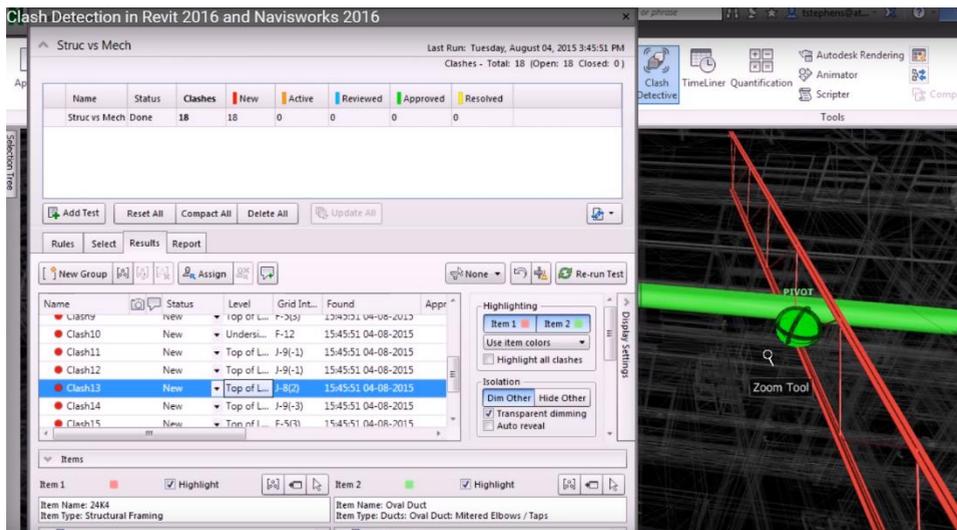


Figura 29. Detección de interferencias con Naviswork®. 2016. Fuente: “Clash detection tutorial 2016.”

Mediante el programa se puede observar las numerosas interferencias existentes y sus ubicaciones en los planos del proyecto, haciéndolo más fácil su corrección. Después de detectar y ubicar las interferencias, se informan a los proyectos mediante solicitudes de información (Request For Information - RFI) o reuniones entre los agentes participantes en el proyecto, para solucionar las incidencias encontradas en el proyecto. Una vez solucionado los errores encontrados se reinicia el test para comprobar si realmente se hayan solucionado.

Se puede concluir que este sistema de detección de incidencias aporta grandes beneficios al proyecto, cabe destacar su rapidez a la hora de detectar las incidencias.

5.3 ROI y la detección de interferencias e incompatibilidades

Gracias a la detección de interferencias se consigue ahorrar en coste y en tiempo de ejecución de las obras. Según un estudio hecho por Yu Qian en el año 2012, los beneficios obtenidos al usar BIM son alrededor de 70% en el aspecto de detección de incidencias. (Ver figura 31).

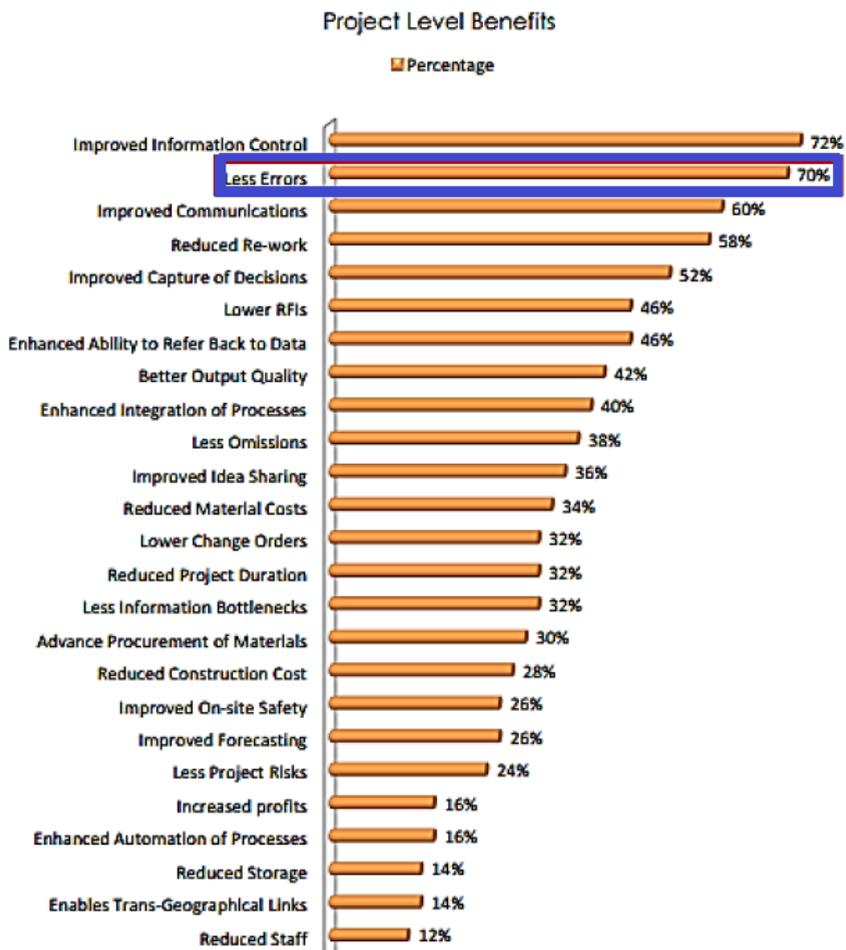


Figura 31. Porcentajes de beneficios en distintas áreas, obtenidos al emplear BIM. 2012. Fuente: “Benefits and ROI for multi-disciplinary Project management.” (Yu, Qian).

Como se puede observar en la figura anterior, la detección de incidencias tiene un valor muy importante, por la tanto su detección y solución en la fase de diseño permite ahorra en el presupuesto y en el plazo de ejecución del proyecto.

Según el (Editor BIM Journal, 2012), se ha estimado que cada incidencia encontrada ahorra 17.000\$ en grandes proyectos. Y en estos proyectos de gran dimensión, se puede detectar más de 2.000 fallos.

Los agentes participantes en los proyectos de construcción deben tener en cuenta la importancia de detectar estas incidencias antes de la fase de ejecución, ya que es muy importante para conseguir el éxito del proyecto.

5.4 Forma de actuación a detectar incidencias

Cuando se detecta una incidencia, se debe informar a los agentes integrantes de grupo de trabajo IPD. Hay que seguir una serie de pautas para solventar las incidencias encontradas, las cuales no son comunes en todas las empresas.

Una forma o sistema de actuación sería el establecido por Taboada García et al en el año 2011:

- Al detectar alguna incidencia, hay que señalarla en el plano/s, donde se presente esa incidencia o error. la identificación de una incidencia en un equipo IPD puede venir de cualquiera de los agentes que participan en el proyecto de construcción.

- Comunicarlo al BIM Manager para la revisión de las incidencias y confirmar su presencia.
- Realización fichas de solicitud de información (RFI) o realizar una reunión de coordinación entre los proyectistas y agentes involucrados para intentar encontrar la manera de solventar las incidencias. También se puede solicitar asesoramiento a consultores especializados para solventar el problema.
-
- Realizar ficha de solución o instrucciones de corrección.
- Aplicar la solución propuesta.
- Comprobar que realmente se ha solucionado la incidencia, ya sea mediante comprobación visual o mediante un programa de detección automatizada.

A la hora de aplicar el sistema de actuación, es necesario la comunicación entre los agentes integrantes en el grupo de trabajo para poder solucionar las incidencias detectadas. Se debe controlar el flujo de información para evitar duplicidades de modelos y falta de entendimiento entre los agentes. (Ayats Pérez & Cervero-Romero, 2014)

En conclusión, al detectar una incidencia o error en el proyecto aplicar, se ha de utilizar un procedimiento ordenado, controlando el flujo de información para evitar confusiones entre agentes y verificando siempre que la incidencia se haya resuelto una vez solucionado.

Capítulo 6.

Casos reales de proyectos hechos con BIM

Una manera de saber hasta dónde se ha llegado o se quiere llegar con el sistema BIM es ver proyectos reales hechos con esta metodología de trabajo. En la página web de The America Institute of Architects (AIA) se puede encontrar algunos proyectos. También se puede ver los comentarios sobre la experiencia de los agentes integrantes en los proyectos.

Cabe destacar que todas las imágenes utilizadas en este capítulo provienen de la 2014 AIA TAP BIM Awards Program.

6.1 Caso 1: Anaheim Regional Transportation Intermodal Center (ARTIC), California, Estados Unidos.



Fuente: 2014 AIA TAP BIM Awards Program

Empresa: HOK, es una empresa que se dedica a la arquitectura, ingeniería y el urbanismo en Estados Unidos. En el año 2015 esta empresa fue considerada la mayor firma de arquitectura – ingeniería con su sede en los Estados Unidos.

Números de ARTIC:

- Tamaño de la terminal - 67,880 pies cuadrados
- Tamaño de sitio - 16 acres
- Plazas de aparcamiento -1,082
- Embarques diarios esperados - 10.330
- El número de modos de transporte -10
- Visitantes del Condado de Orange Anual - 40 millones
- Número de puestos de trabajo creados – 5000
- Presupuesto de proyecto - \$ 188 millones (en dólares de EE.UU.)

Los agentes integrantes en el equipo de trabajo utilizaron BIM para el desarrollo de la compleja forma, geometría y funciones de Anaheim Regional Transportation Intermodal Center (ARTIC). Gracias a la metodología BIM el equipo tener un buen enfoque sobre los sistemas de construcción y estudiar las tolerancias del edificio y el desempeño ambiental.

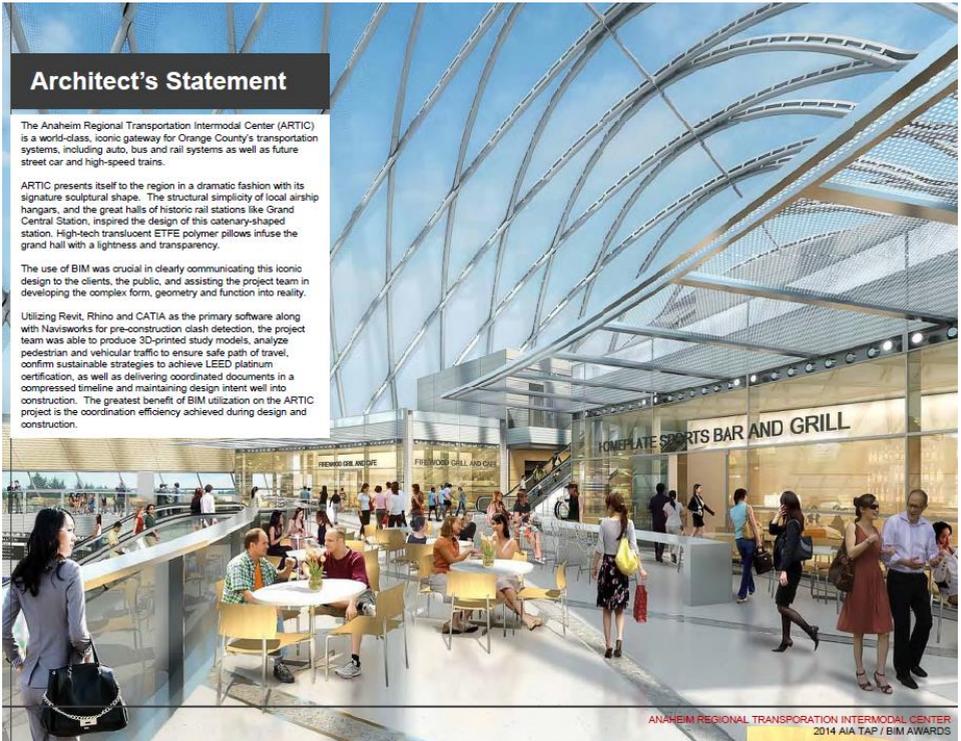
Architect's Statement

The Anaheim Regional Transportation Intermodal Center (ARTIC) is a world-class, iconic gateway for Orange County's transportation systems, including auto, bus and rail systems as well as future street car and high-speed trains.

ARTIC presents itself to the region in a dramatic fashion with its signature sculptural shape. The structural simplicity of local airport hangars, and the great halls of historic rail stations like Grand Central Station, inspired the design of this catenary-shaped station. High-tech translucent ETFE polymer pillows infuse the grand hall with a lightness and transparency.

The use of BIM was crucial in clearly communicating this iconic design to the clients, the public, and assisting the project team in developing the complex form, geometry and function into reality.

Utilizing Revit, Rhino and CATIA as the primary software along with Navisworks for pre-construction clash detection, the project team was able to produce 3D-printed study models, analyze pedestrian and vehicular traffic to ensure safe path of travel, confirm sustainable strategies to achieve LEED platinum certification, as well as delivering coordinated documents in a compressed timeline and maintaining design intent well into construction. The greatest benefit of BIM utilization on the ARTIC project is the coordination efficiency achieved during design and construction.



Palabras de los arquitectos

El uso de BIM fue crucial para comunicar con claridad este diseño icónico de los clientes, el público, y ayudar al equipo del proyecto en el desarrollo de la forma compleja, geometría y función en realidad.

Utilizando **Revit**, **Rhino** y **CATIA** como el software principal, junto con **Navisworks** para la detección de conflictos pre-construcción, el equipo del proyecto fue capaz de producir modelos de estudio, impresos 3D,

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

analizar el tráfico peatonal y vehicular para garantizar camino seguro de viaje, confirmar estrategias sostenibles para lograr certificación **LEED** platino, así como la entrega de documentos coordinados en una línea de tiempo comprimido y mantener la intención del diseño bien en la construcción. El mayor beneficio de la utilización de BIM en el proyecto ARTIC es la eficiencia de la coordinación lograda durante el diseño y la construcción.



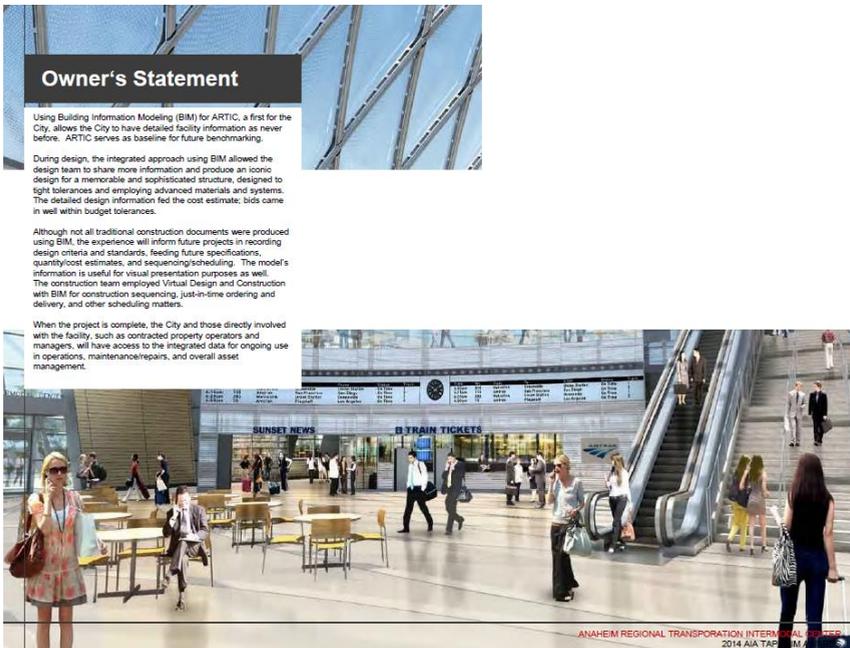
Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Palabra de la contratista principal:

Modelo BIM fue muy significativo para el contratista principal y nuestra comunidad subcontratación. Los diferentes estilos y requerimientos de diseño no se pueden construir sin el análisis BIM y modelo.

Debido a la complejidad del proyecto utilizando dimensiones geomalla, sería imposible coordinar lugares sin un modelo. La fabricación del acero estructural fue diseñada con curvas compuestas complejas y el único medio para fabricar este material es mediante el uso de un modelo. Una vez fabricado el único medio para erigir con las tolerancias era mediante el uso de las geopuntos. El modelo ya construido es la única manera de realizar esta tarea.



Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Palabras de los propietarios:

Building Information Modeling (BIM) para ARCTIC, por primera vez en la ciudad, permite que la Ciudad cuenta con información detallada de la instalación, como nunca antes. ARCTIC sirve como línea de base para la futura evaluación comparativa.

Aunque no todos los documentos de construcción tradicionales se produjeron utilizando BIM, la experiencia será informar a futuros proyectos en los criterios y normas de diseño de grabación, la alimentación de las especificaciones futuras, las estimaciones cantidad / costo y secuenciación / programación.

La información del modelo es útil para efectos de presentación visuales. El equipo de construcción empleada Diseño y Construcción Virtual con BIM para la secuenciación de la construcción, de pedido y la entrega justo a tiempo, y otras cuestiones de programación.

BIM Responsibilities

Architect: authors design model for coordination

Structural Engineer: authors design model; reviews coordination model

MEP Engineer: authors design model; reviews coordination model

Enclosure Engineer: authors design model and geometry model; reviews coordination model

Construction Manager: manages BIM coordination; performs model-based estimating

Plumbing Subcontractor: authors coordination and fabrication model

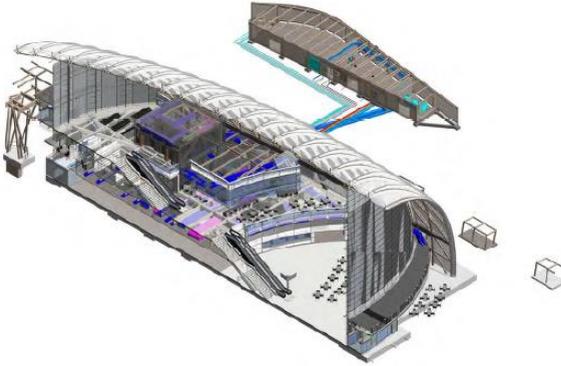
HVAC Subcontractor: authors coordination and fabrication model

Electrical Subcontractor: authors coordination and fabrication model

Steel Subcontractor: authors coordination and fabrication model

Curtain Wall and Metal Panels Subcontractor: authors coordination and fabrication model

Concrete Subcontractor: authors coordination and fabrication model



BIM USES

Design Authoring

Design Review

Design Coordination

Energy Analysis

CFD Environmental

Simulation

Structural Analysis

Lighting Analysis

Cost Estimation

Programming

Clash Detection

Space Planning

Construction

Sequencing

ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Responsabilidades BIM:

- **Arquitecto:** autores modelo de diseño para la coordinación.
- **Ingeniero Estructural:** autores modelo de diseño; Comentarios modelo de coordinación.
- **MEP:** Ingeniero modelo autores diseño; Comentarios modelo de coordinación.
- **Ingeniero Adjunto:** autores modelo diseño y modelo de geometría; opiniones modelo de coordinación encargado

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

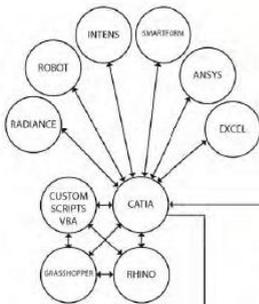
Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

- de la construcción: gestiona la coordinación BIM; basado modelo realiza la estimación Subcontratista Fontanería: autores coordinación y modelo de fabricación.
- **HVAC Subcontratista:** autores coordinación y modelo de fabricación.
 - **Subcontratista eléctrica:** autores coordinación y modelo de fabricación.
 - **Subcontratista Acero:** autores coordinación y modelo de fabricación.
 - **Muro cortina y Subcontratista Paneles de Metal:** autores coordinación y modelo de fabricación.
 - **Subcontratista Hormigón:** autores coordinación y modelo de fabricación.

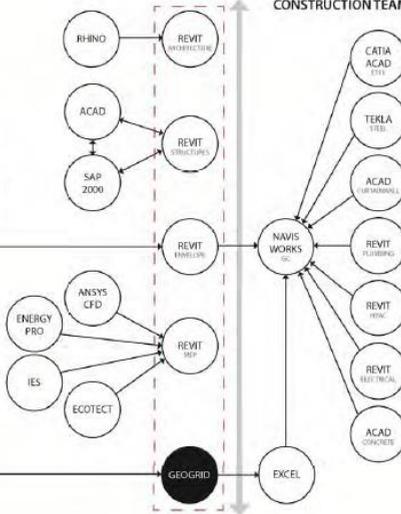
Data Exchange Diagram

INFORMATION EXCHANGES

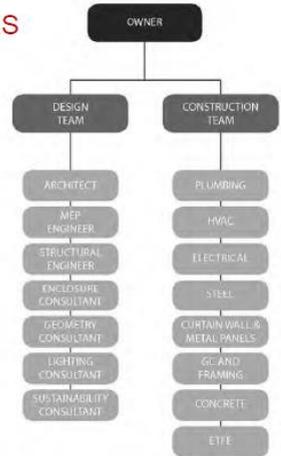
DESIGN TEAM



CONSTRUCTION TEAM



ROLES



ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

VISUALIZACIÓN DE DISEÑO

En este proyecto, la complejidad, escala de diseño y la ejecución era necesaria una variedad de habilidades técnicas para poder llevarlo a cabo. Los objetivos fijados del proyecto fueron logrados gracias a gran grupo de diseñadores y expertos técnicos.

Design Visualization

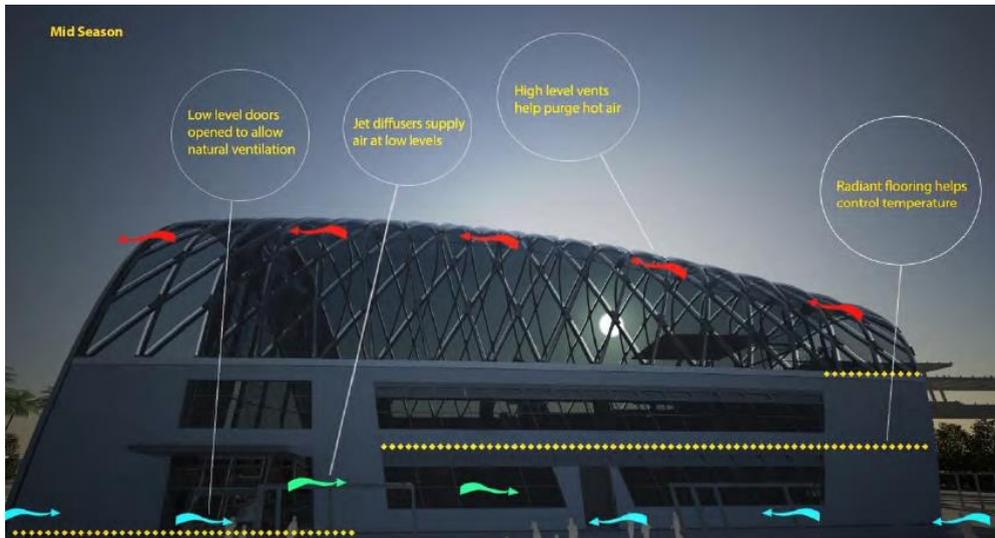
In this project, the complexity and scale of the design and execution required a very diverse skill set. Achieving the project goals within budget was the feat of a large group of designers and technical experts.



ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV





ETFE Roof Cushion

This Innovative envelope has transparency, durability and lightweight properties.

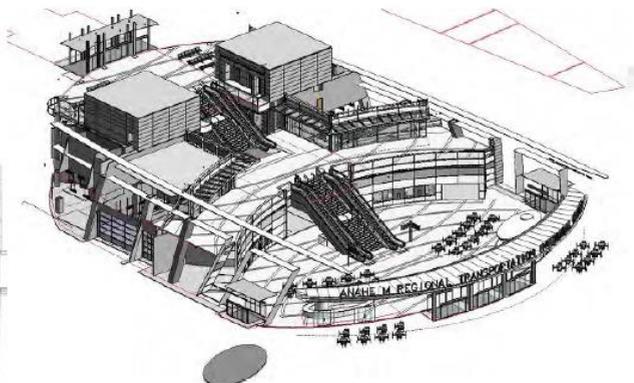
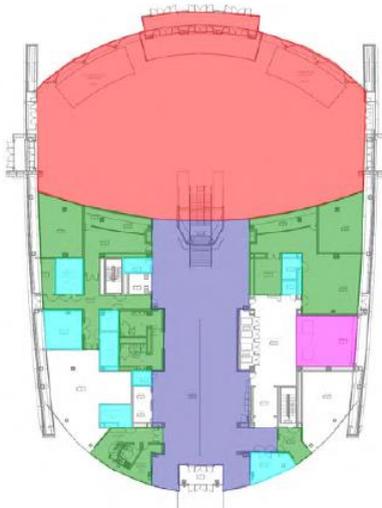
Pressurising air chambers in the cushions help to control shading, and daylight requirements.

ANAHEIM REGIONAL TRANSPORATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Programming

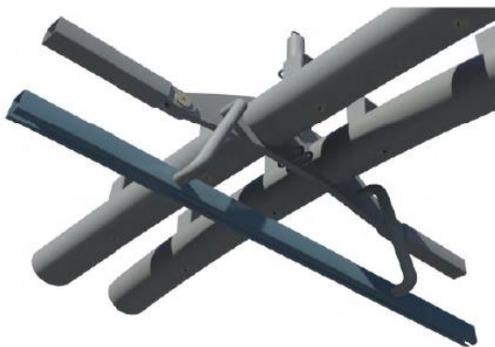


ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

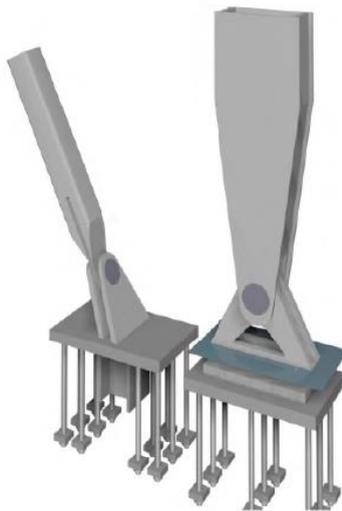
Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Structural Detailing



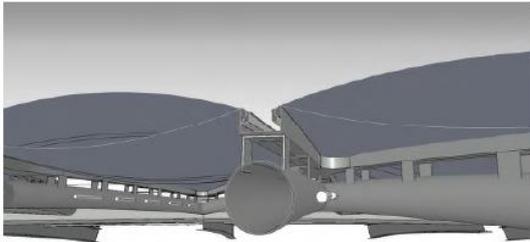
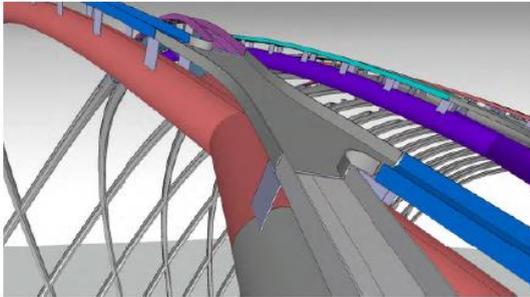
Connection detail at Shell ridge



Connection detail at End wall column base

ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Complex Structure

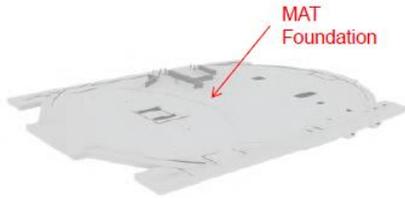


ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

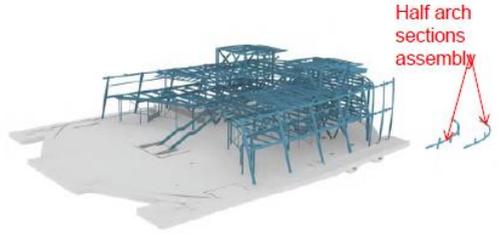
Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

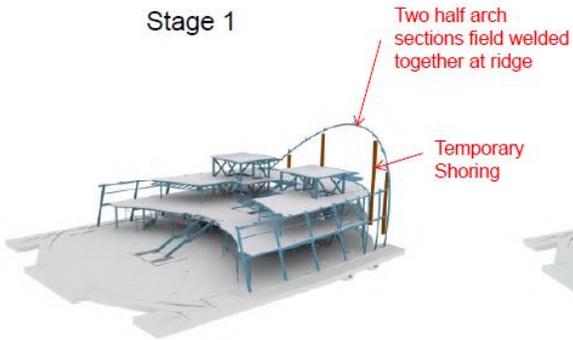
Erection Sequencing



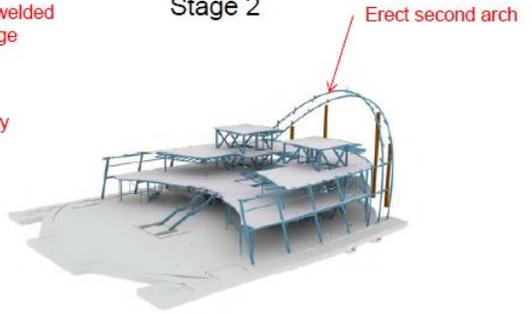
Stage 1



Stage 2



Stage 3



Stage 4

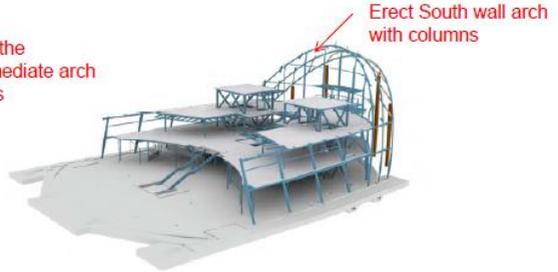
ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Erection Sequencing



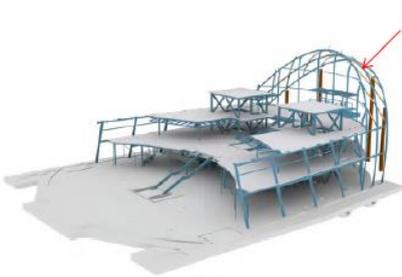
Stage 5

Fill in the intermediate arch pieces



Stage 6

Erect South wall arch with columns



Stage 7

Fill in the intermediate arch pieces



Stage 8

Erection Sequencing

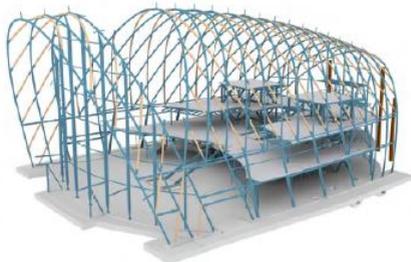


Stage 9

Erect North wall arch
with columns



Stage 10



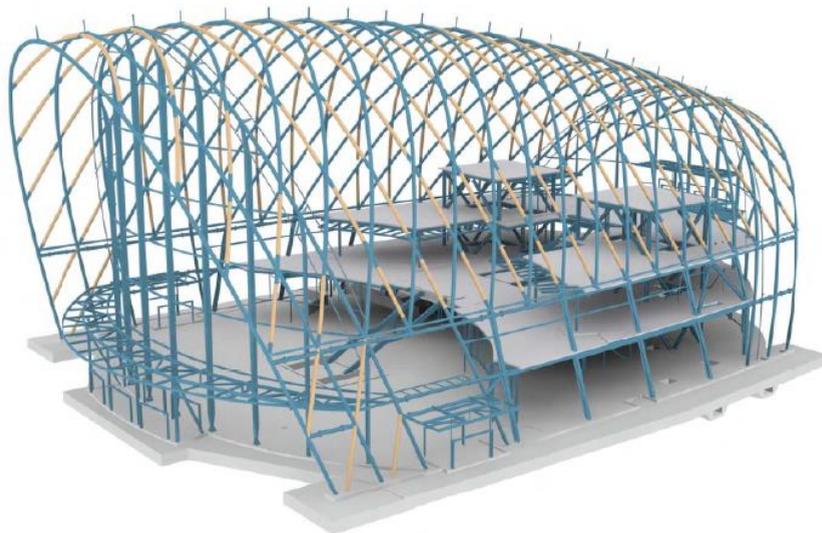
Stage 11



Stage 12

ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

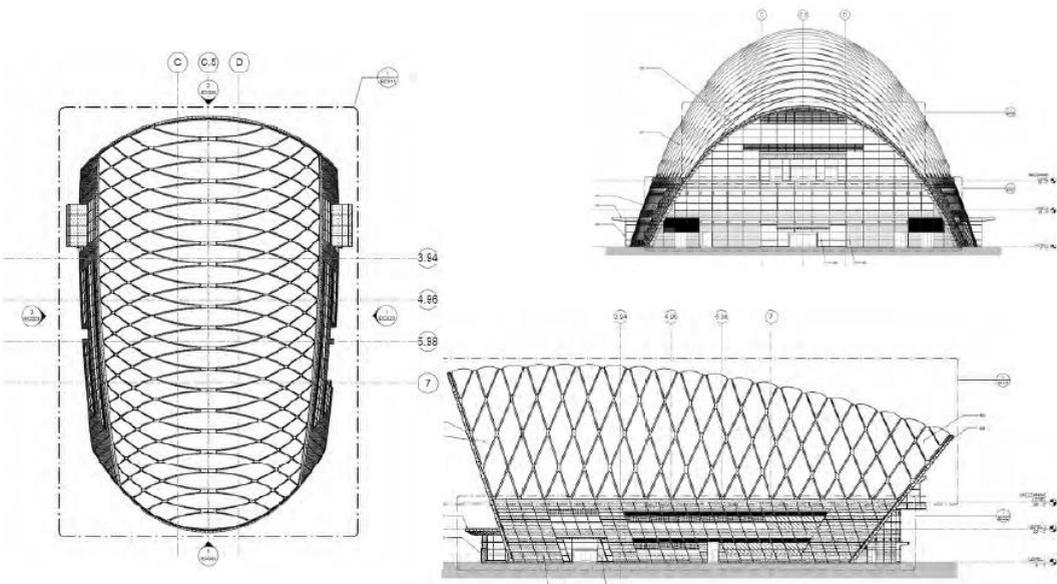
Erection Sequencing



Final Stage

ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Documentation

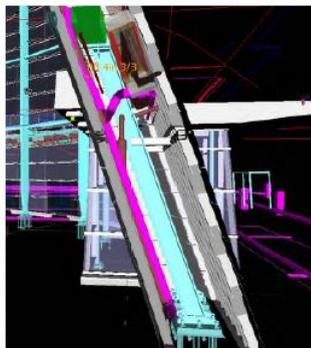
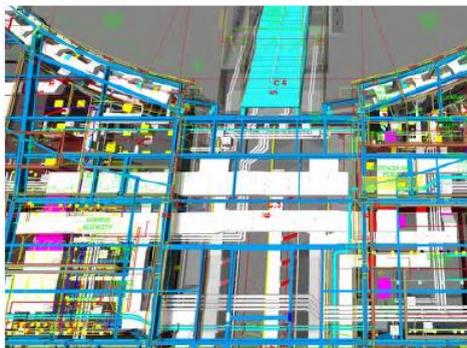


ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

Construction



ANAHEIM REGIONAL TRANSPORTATION INTERMODAL CENTER
2014 AIA TAP / BIM AWARDS

En la imagen anterior se puede observar como el equipo de construcción está utilizando BIM en su diseño virtual y proceso de construcción. Se utilizó BIM para la coordinación 3D, visualización, estimación de coste, fabricación, detección de interferencias, programación de la construcción, coordinación del campo y documentación de construcción.

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

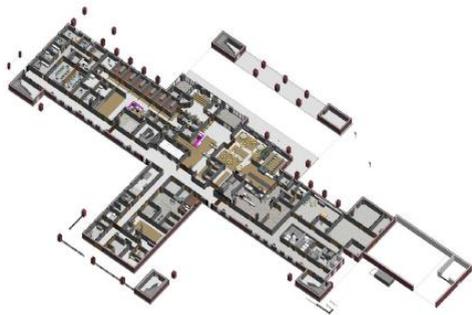
6.2 Caso 2: Proyecto de un hospital de rehabilitación.

Fuente: 2014 BIM Award Program.

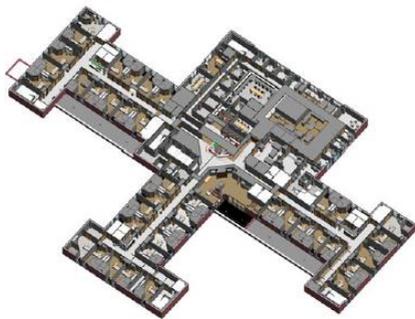
Categoría: uso ejemplo del BIM en Facility Management (Gestión de edificios y sus servicios).

Proyecto: Rehabilitation hospital Carolinas HealthCare System.

Este proyecto tiene una superficie de 66,300 pies cuadrados. Está compuesto por 40 habitaciones para los pacientes, una clínica de tratamiento para los pacientes externos, un local para imágenes diagnósticas, servicio de comedor, zona administrativa, espacio educativo o aula. Este centro de rehabilitación se encuentra dentro de la facultad de medicina que tiene varias instalaciones médicas para el cuidado de las personas y varios edificios con oficinas para los médicos.



First Floor



Second Floor

Project Overview

The project consisted of a new 66,300 square foot free-standing rehabilitation facility. The facility includes 40 inpatient rooms, an outpatient treatment clinic, diagnostic imaging, food service, administrative areas, and educational/classroom space. The facility is located on an existing medical campus that contains an acute care facility and several medical office buildings.



Site Plan

Palabras de contratista sobre el proyecto:

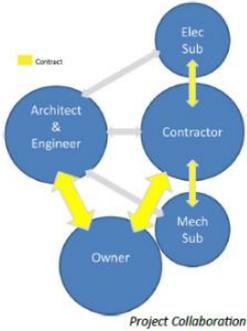
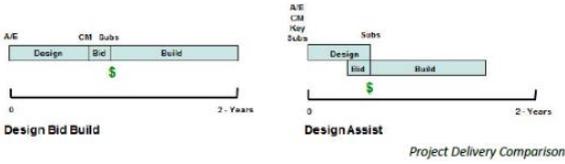
“Para nosotros los contratistas es como una norma decir que la detección de interferencias y la coordinación de los sistemas es la pieza más importante en la implementación del BIM. En mi opinión, la ventaja más importante obtenida en este proyecto aún no se puede cuantificar, porque este proyecto es un ejemplo temprano de lo que se parece cuando el promotor entiende que BIM es una herramienta que se puede

aprovechar para la gestión de entre 70% y 80% del coste del mantenimiento una vez esté ocupado el edificio. El promotor tendrá una información clara y detallada del proyecto, el uso del edificio y de las instalaciones, por lo tanto sería mucho más eficiente que en la metodología tradicional”.

La aplicación de la metodología IPD:

Una plataforma de diseño asistido fue utilizada para el desarrollo del proyecto. Tanto el equipo de diseño y el contratista principal fueron elegidos según sus competencias profesionales y su experiencia con el uso de la metodología BIM. El equipo de diseño desarrolló unas especificaciones a seguir por parte de los subcontratistas antes de adjudicarles el proyecto mediante un proceso de licitación. Todos los agentes integrantes en el proyecto intervinieron antes del inicio de la fase de diseño para ayudar en el desarrollo de los documentos y los contratos del proyecto.

GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) E INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD). ANÁLISIS Y ESTUDIO DE DOS CASOS EN EE.UU



El desarrollo de los modelos

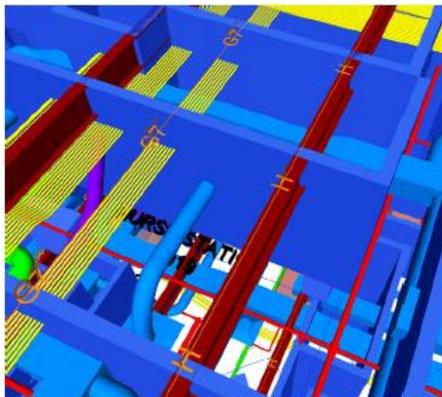
Antes de iniciar la fase de diseño del proyecto, los agentes integrantes en el equipo de construcción desarrollaron un plan de ejecución de BIM (BIM Execution Plan- BEP) para definir los tipos de software a utilizar y las responsabilidades de cada agente. En los documentos de BEP, se especifica la forma de intercambio de información entre los agentes, tipos de software a utilizar y los tipos de archivos a utilizar a lo largo de la ejecución del proyecto.

MODEL ANALYSIS PLAN					
ANALYSIS	ANALYSIS TOOL	ANALYSIS COMPANY	MODEL	PROJECT PHASE	FILE FORMAT REQ'D
VISUALIZATION	Revit Design Review		Architectural Model	SD/DD/CD	.RVT
STRUCTURAL	RAMSteel		Structural Model	DD/CD	.RVT
CLASH DETECTION	Navisworks		All Models	SD/DD/CD	.RVT/.NWC/.DWF
QUANTITY TAKEOFF	VICO		All Models	DD/CD	.RVT/.NWC/.DWF
SCHEDULING	VICO - Review for Navis import		All Models	DD/CD	.RVT/.NWC/.DWF
COST ANALYSIS	VICO		All Models	SD/DD/CD	.RVT/.NWC/.DWF
ENERGY/SUSTAINABILITY	Green Building Studio Ecotecl Trane Trace		Architectural Model MEP Model	SD/DD/CD	.RVT/.GBXML
DAYLIGHTING/LIGHTING	Ecotecl		Architectural Model	DD/CD	.RVT/.GBXML/.FBX

BIM Execution Plan

Coordinación de los modelos

La coordinación virtual de proyecto empezó durante el inicio de la fase de diseño. El equipo de agentes participantes en el proyecto utilizó archivos compartidos en la nube, subiendo los archivos semanalmente para su coordinación. A medida que el proyecto avanzaba, los agentes integrantes en el equipo tuvieron varias reuniones en la oficina del arquitecto, donde el equipo de diseño y los contratistas trabajaron juntos en un mismo espacio para desarrollar el modelo. Las sesiones de reunión incluyeron revisiones de detección de interferencias, cambios en el diseño y algunas modificaciones en los detalles constructivos.



Clash Detection



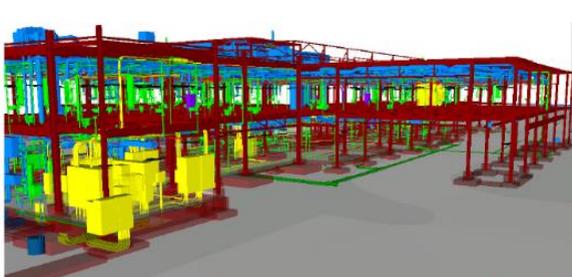
Coordination Meeting

Opinión del promotor sobre la coordinación de los modelos

“El gran beneficio obtenido de la metodología BIM aplicada en este proyecto fue la eliminación de las órdenes de cambio gracias a los procesos de coordinación entre los agentes. En la metodología tradicional de gestión de proyectos siempre ha habido una falta de coordinación en la fase de diseño, licitación y construcción, y esto aumentaba el presupuesto y los plazos de ejecución del proyecto. En este proyecto, cuando hubo un cambio por asuntos relacionado con la coordinación, pudimos resolverlos rápidamente gracias a la metodología BIM”.



Construction

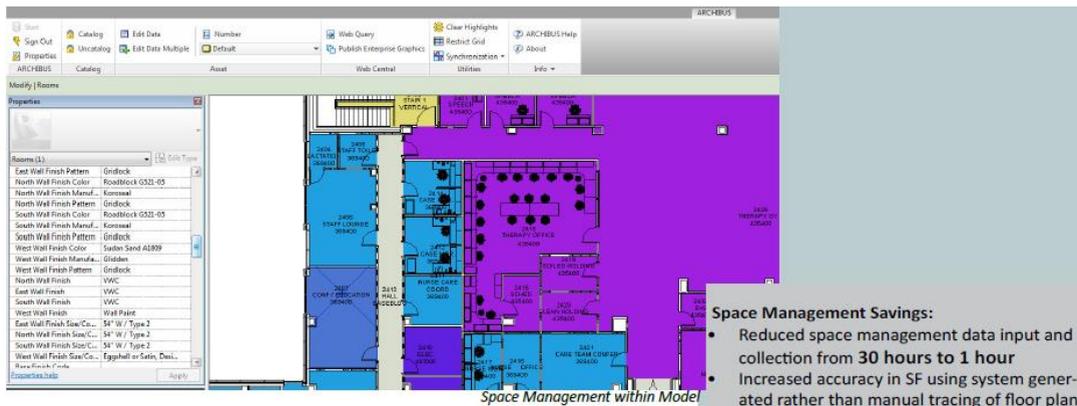


Virtual Coordination Model

Facilities Management (Gestión de edificios y sus servicios)

Al principio del proyecto el promotor tenía grandes expectativas que el producto final (el software o programa utilizado y documentos del proyecto) podría ser utilizado para la gestión del edificio y sus servicios. Este producto final incluye los modelos del Revit utilizado por todos los agentes integrantes del equipo, la coordinación final de los modelos y los documentos digitales (dibujos, especificaciones y datos sobre las

operaciones). Después de la tramitación del pago, el promotor unió los modelos de Revit junto a su propio sistema de gestión de espacio. También utilizó el producto final para conseguir la integración de Revit con un software de gestión de los activos de la empresa (EAM: Enterprise Asset Management).



Gestión de activos / ahorros en sistema de gestión de mantenimiento (CMMS: Computerized Maintenance Management System):

- Se espera reducir el tiempo la introducción y recopilación de datos de 450 horas a 120 horas.

Ahorro en tiempo por la gestión de espacio (Space Management Savings):

Trabajo Fin de Master Junior Ogbamwen

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil – ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y puentes – UPV

- Se espera una reducción en el tiempo de introducción y recopilación de datos relacionados con gestión de espacio de 30 horas a 1 hora.

Comentarios finales de los agentes profesionales:

Promotor: “el equipo de este proyecto de un hospital de rehabilitación proporcionó un producto final del BIM que está siendo utilizado para gestión del edificio y sus servicios. Hay una participación activa del promotor durante el desarrollo de los documentos del modelo, configuración de las expectativas del modelo y la validación de los productos finales a lo largo del proyecto es necesaria en el Building Information Modeling (BIM) para la gestión de la información del edificio. El promotor ha de trabajar con el resto de agentes que forman el equipo para asegurar que los modelos creados durante el proyecto contienen la información y un nivel de detalle correcto para conseguir una transición de los documentos de construcción a una herramienta de gestión del edificio y sus servicios. La colaboración entre los diferentes agentes integrantes en el equipo de trabajo proporcionó un ahorro en el presupuesto y en el plazo de ejecución durante la fase de diseño y construcción, junto con un valor añadido que se verá durante la fase de explotación del edificio y sus servicios”.

Arquitectos: “el uso de la metodología BIM en este proyecto permite realizar investigaciones a nivel tridimensional que promueve el análisis en todas las dimensiones, una ventaja que no se podía conseguir con la

metodología tradicional. De esta manera, se consigue un rápido análisis del proyecto. La metodología BIM permite el cliente tener la oportunidad de mantener el producto final para una futura gestión del edificio y sus servicios. El análisis, mantenimiento de registros, oportunidades para lograr un ahorro en el presupuesto y en el plazo de ejecución a través de un análisis técnico, permiten que sea más fácil entender la construcción del edificio”.

Contratista: “el promotor implementó unos estándares para la creación del modelo y los requerimientos de datos, también implementó un estándar de ejecución del BIM para todo el equipo del proyecto. Desde mi punto de vista, el nuevo procedimiento más importante utilizado en el proyecto fue el uso de unos requerimientos altamente desarrollados por parte del promotor para que la gestión de la información del edificio y sus servicios sea incluida dentro del modelo BIM. Fue nuestra primera vez de tener que facilitar una variedad de modelos para el promotor que ya tenía claro su plan de como pretender utilizar el BIM para conseguir un valor a largo plazo del edificio”.



Building Exterior

Conclusiones

La combinación de los sistemas Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD), hace posible la gestión completa del ciclo de vida de un proyecto de construcción, que incluye la fase de diseño, ejecución y explotación.

Como se ha podido comprobar a lo largo de este proyecto fin de máster, la metodología BIM y el IPD mejoran en muchos aspectos la metodología tradicional de gestión de proyectos de construcción y principalmente en lo relacionado con la gestión de la información y la coordinación entre los agentes integrantes en el equipo de trabajo. Estas metodologías de trabajo reducen notablemente los plazos de construcción y el gasto económico, ajustándose al presupuesto inicial y calendario inicialmente previsto, aumentando la productividad y reduciendo el grado de incertidumbre.

Una implementación de las metodologías BIM e IPD impulsa a adecuar los procesos constructivos a lineamientos organizativos y estándares que promueven una calidad sobre la metodología tradicional. La adopción de estas metodologías representa nuevas maneras de proyectar la arquitectura y de gestionar las actividades relacionadas con los proyectos de construcción.

Estas metodologías de gestión de proyectos aportan aspectos de mejora continua ya que evitan que se produzcan errores durante la fase de ejecución que de otra forma serían muy complicados de encontrar. Como se ha podido observar a lo largo de este proyecto y en los ejemplos de proyectos gestionados con BIM, las incidencias que se presentan en la fase de ejecución suponen un gran coste económico y aumento de los

plazos de ejecución, por esta razón se deben de evitar lo máximo posible. Una metodología de detección ordenada de incidencias y utilizando unos métodos validos de control del proyecto, permite conseguir un flujo de trabajo constante, ahorrando en coste y plazo de ejecución del proyecto, además aumentando la calidad de lo ejecutado.

Como se ha podido observar en este proyecto, estas dos metodologías de gestión de proyectos de construcción aportan un ambiente de trabajo óptimo, utilizando un modelo 3D compartido donde todos los agentes integrantes en el equipo de trabajo puedan agregar información y añadir valor durante el proceso de creación. Esto permite que cada agente tenga un gran conocimiento sobre las características del proyecto.

La implementación de estas dos metodologías de gestión de proyectos en España aún se está iniciando, quizás en un futuro inmediato se empieza a utilizar estas metodologías y se podría exigir la obligación de gestionar proyectos de construcción con las metodologías BIM e IPD. Los órganos del gobierno deberían de exigir la implementación por los grandes beneficios que conllevan estas metodologías de gestión de proyectos. No obstante, como todo cambio, se necesita tiempo de adopción y estas metodologías suponen un cambio de mentalidad, sin embargo será necesario para cualquier obra pública en la Unión Europea en futuro inmediato, así como en otros países por lo deberíamos adaptarnos lo antes posible.

Personalmente, la realización de este trabajo fin de máster ha sido muy enriquecedora y satisfactoria, puesto que me ha permitido conocer mejor las metodologías BIM e IPD, de las que había oído hablar y había utilizado en alguna ocasión pero con conocimientos escasos, aunque solo he tenido la oportunidad de utilizar alguna herramienta del BIM.

En definitiva, espero que este trabajo, haya ayudado a conocer mejor las metodologías de BIM e IPD, y espero que se potencien en nuestro país para mejorar el sector de la construcción y sacar máximo provecho de las nuevas tecnologías para la gestión de los proyectos.

Capítulo 7.

Referencias Bibliográficas

- Gavin Tunstall. (2009). La gestión del proceso de edificación. Del croquis a la ejecución. Edición original: Managing the Building Design Process 2000, 2006.
- Autodesk. (2007). BIM's return on investment.
- Autodesk. (2008). Improvising building industry results through integrated project delivery and building information modeling.
- Autodesk. (2014). What is BIM? Retrieved from <http://www.autodesk.com/solutions/building-informationmodeling/overviewWhat>
Fecha de visita de página web: 16/01/2016
- Begoña Fuentes Giner. (2014). Impacto de BIM en el proceso constructivo español. Cuadernos EUBIM 2014.
- Ayats Pérez, C., & Cervero-Romero, F. (2014). Lean construction, integrated project delivery (IPD) y building information modeling (BIM): Un caso de estudio. , EUBIM 2014 271.

- Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. (Second edition. 2012). BIM Handbook - A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.
- Yu Qian, A. (2012). Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management.
- Young, N.W. Jr., Jones S.A., Bernstein, H.M.: Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. Technical report McGraw Hill Construction, New York (2008)
- Bedrick, J. (2013). A level of development especifications for BIM processes. Retrieved from http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_68.html

Fecha de visita página web: 22/01/2016

- Karen M. Kensek and Douglas E. Noble (Foreword by Chuck Eastman) 2014. Building Information Modeling (BIM in current and future practice).
- Eloi Coloma. (2008). Introducció a la Tecnologia BIM (1ª edició). Publicado por Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I Secció de Geometria Descriptiva .ETSAB, UPC.

- McGraw. Hill Construction. (2009). Integrated Project Delivery.
- Berman, H. (2010). Integrated project delivering is promising new direction for construction industry.
- AIA American Institute of Architects, AIA California Council. Version 1, Integrated Project Delivery: A Guide 2007.
- McGraw. Hill Construction. (2009). The Business Value of BIM. Getting Building Information Modeling to the bottom line.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Marc Volm, J. (2012). The project benefits of building information modelling (BIM). [Beneficios en proyectos al usar Building information Modeling] ScienceDirect,
- Editor BIM Journal. (2012). Clash detection in BIM modeling. Retrieved from <http://www.bimjournal.com/2012/03/clash-detection-in-bim-modeling/>
Fecha de visita de página web: 06/03/2016
- Hurran, B. (. (2011). UK government pushes forward with BIM. Retrieved from http://www.arup.com/news/2011_06_june/28_june_11_uk_government_bim.aspx
Fecha de visita de página web: 02/03/2016
- Murray, C. 2011. To BIM or not to BIM is emphatically not the question, The Architects Journal Volume 233 Number 17. p18.

- Taboada García, J., Alcántara Rojas, V., Lovera, D., Santos, R., Diego, J., & Alcántara, H. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. [Incompatibilities and Clash Detection during design of building projects using BIM technologies]
- Steel J. Drogemuller R. Toth B, Model interoperability in building information modelling. En: Softw Syst Model, Springer, 2010, p. 99-109.
- <http://salineropampliega.com/2013/02/breve-historia-de-la-gestion-de-proyectos.html>
Fecha de visita de página web: 19/03/2016
- <http://www.fomento.gob.es/MFOMBPrensa/Noticias/El-Ministerio-de-Fomento-constituye-la-Comisi%C3%B3n-la/1b9fde98-7d87-4aed-9a46-3ab230a2da4e>
fecha de visita de página web: 11/02/2016
- <https://www.youtube.com/watch?v=D1Y1vZ6Ac5E>
Fecha de visita de página web: 09/04/2016
- www.ithinkbim.net/bim-building-information-modeling-interoperabilita/
Fecha de visita de página web: 29/05/2016
- <http://www.bimyourself.com/becoming-a-bim-architect/2014/9/25/ejemplos-de-proyectos-realizados-en-bim>

Fecha de visita de página web: 01/05/2016

- www.buildingsmart.org
Fecha de visita de página web: 03/02/2016
- www.construmatica.com
Fecha de visita de página web: 30/03/2016
- www.iso.org
Fecha de visita de página web: 24/05/2016
- www.aia.org/tap
Fecha de visita de página web: 7/02/2016

Capítulo 8.

Futuras áreas de investigación

Después de realizar este trabajo fin de máster he pensado en realizar en el futuro un trabajo de investigación relacionado con la metodología BIM, ya que este trabajo es de ámbito profesional. He pensado en los siguientes temas para realizar la investigación:

- “BIM aplicado a la eficiencia energética”
- “BIM y la gestión de la construcción en España”
- “Ciclo de vida de un edificio usando la plataforma BIM”