

**Caracterización de los avances en la implementación conjunta de integrated project
delivery y building information modeling**

Paula Alejandra Palacios-Rodriguez

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil

Director:

Omar Giovanni Sánchez Rivera

M.Sc. en Pensamiento Estratégico y Prospectiva

Codirectora:

Karen Milady Castañeda-Parra

Ingeniera Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2018

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Marco Teórico.....	14
1.1 Integrated Project Delivery – IPD.....	14
1.2 Building Information Modeling – BIM	15
1.3 Implementación conjunta IPD y BIM.....	16
2. Metodología de investigación	16
2.1 Revisión sistemática.....	17
2.2 Categorización y agrupación.....	18
2.3 Obtención de la evidencia.....	18
3. Resultados	22
4. Tendencias Investigativas	30
4.1 Generalidades.....	30
4.2 Educación.....	31
4.3 Estructural	31
4.4 Formas de contrato.....	32
4.5 Sostenibilidad.....	32
4.6 Integración del equipo.....	33
4.7 Cómo integrar	33

4.8 Riesgo	34
4.9 Agencias reguladoras	34
4.10 Aspectos de comunicación.....	34
4.11 BIM vs CAD	35
4.12 Detección de conflictos.....	35
4.13 Diseño térmico	35
4.14 Proyectos inter-organizacionales	36
4.15 Rendimiento del proyecto	36
4.16 Simulación de energía.....	37
4.17 Simulación nD	37
5. Conclusiones	37
Referencias Bibliograficas	42
Apéndices.....	56

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Bases de datos utilizadas para la búsqueda de información.	17
<i>Figura 2.</i> Proceso de búsqueda y selección de documentos para la muestra final.	19
<i>Figura 3.</i> Tendencia de publicaciones por año.	19
<i>Figura 4.</i> Tipos de documentos encontrados en las bases de datos.	20
<i>Figura 5.</i> Países donde se investiga la implementación conjunta de IPD y BIM. Los colores representan los países que han indagado: Rojo (+20) publicaciones, Naranja (20-10) publicaciones, Amarillo (10-1) publicaciones	20
<i>Figura 6.</i> Marco de la metodología de la investigación emprendida.	21
<i>Figura 7.</i> Numero de documentos según las categorías propuestas.	22
<i>Figura 8.</i> Las mejores palabras clave que ocurren más de dos veces durante el periodo 2000 - 2017.....	29
<i>Figura 9.</i> Línea de tiempo de la red de co-ocurrencia de palabras clave: 2000 - 2017.....	29
<i>Figura 10.</i> Diferencias entre sistema tradicional de gestión de proyectos y sistema de entrega integrada (IPD). Fuente: Recopilación de información de documentos (Abeyratne & Jayasena, 2016; Duque Carmona, 2014; Ilozor & Kelly, 2012; Kasun & Suranga, 2013; Mossman et al., 2013; Ogbamwen, 2016).....	63

Figura 11. Modelo tradicional vs Modelo integrado IPD. Fuente: Documento “Gestión De Proyectos De Construcción Mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)” (Ogbamwen, 2016).....	64
Figura 12. Interfaz gráfica de CiteSpace.....	164

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Categorías y subcategorías propuestas, agrupación de los avances y ubicación de sus respectivos resultad</i>	23
Tabla 2. <i>Lista de palabras clave determinadas por el Software CiteSpace de los artículos analizados</i>	28
Tabla 3. <i>Origen del término BIM en el tiempo</i>	65

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice 1. Integrated Project Delivery (IPD).....	56
Apéndice 2. Building Information Modeling (BIM)	65
Apéndice 3. Implementación conjunta de Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM).....	72
Apéndice 4. Responsabilidades contractuales	79
Apéndice 5. Aplicación/Implementación.....	88
Apéndice 6. Sostenibilidad	97
Apéndice 7. Educación	102
Apéndice 8. Plataforma de colaboración	111
Apéndice 9. Sector público	115
Apéndice 10. Generalidades	118
Apéndice 11. Casos de estudio	130
Apéndice 12. Formas de contrato	134
Apéndice 13. Cómo integrar	137
Apéndice 14. Integración del equipo	140
Apéndice 15. Percepciones	142
Apéndice 16. Control de costos	144
Apéndice 17. Estructural.....	145

Apéndice 18. Detección de conflictos	147
Apéndice 19. Ordenes de cambio	148
Apéndice 20. Diseño de valor	150
Apéndice 21. Rendimiento del proyecto.....	152
Apéndice 22. BIM vs CAD.....	154
Apéndice 23. Estrategias de modelado	156
Apéndice 24. Proyectos inter-organizacionales.....	157
Apéndice 25. Búsqueda de rentas	159
Apéndice 26. Preparador de proyectos	160
Apéndice 27. Gestión de adquisición.....	162
Apéndice 28. Cienciometría a partir de CiteSpace	163

Resumen

Título: Caracterización de los avances en la implementación conjunta de Integrated Project Delivery y Building Information Modeling*

Autores: Paula Alejandra Palacios-Rodriguez
Omar Giovanni Sánchez-Rivera
Karen Milady Castañeda-Parra**

Palabras Clave: Integrated Project Delivery (IPD), Building Information Modeling (BIM), Proyectos de Construcción

La necesidad de desarrollo en la industria de la construcción debido a la falta de integración, coordinación y colaboración entre diversas disciplinas funcionales que intervienen en el ciclo de vida de los proyectos de construcción ha dado lugar a ineficiencias, improductividad y fragmentación del sistema tradicional AECO (arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones), obligando a la industria a replantear sus estrategias. Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM) cooperan para cambiar el viejo paradigma del sistema tradicional. Estos conceptos son propensos a ser el nuevo estándar de la industria en un futuro próximo debido a su naturaleza de colaboración, capacidad de implementar estrategias de adquisición sostenible, en los riesgos y recompensas de compartir y en la alta eficiencia de la construcción. Es esencial para la industria darse cuenta de que un equipo integrado que converge hacia una misma dirección mejorará los resultados, contribuyendo a la evolución y supervivencia del sector. En consecuencia, el presente estudio apoyó el proceso de caracterización de los principales avances en el trabajo conjunto de Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM) durante los años 2000-2017 mediante una revisión sistemática. Con base en 122 estudios se recolectaron y agruparon los avances en categorías debidamente estipuladas identificando así las tendencias de investigación, explorando las mejores prácticas actuales de BIM e IPD y discutiendo formas de integración de dichos conocimientos. Los resultados indican claramente que en los últimos años la tendencia de los estudios realizados sobre BIM e IPD ha aumentado, existe una variedad de partes interesadas dentro de la industria en todo el mundo que potencialmente pueden beneficiarse de la combinación de estos sistemas aprovechando al máximo las posibilidades de colaboración. La investigación facilita patrones para futuros estudios en la implementación conjunta de BIM e IPD, y así dar continuidad al progreso.

* Proyecto de grado

**Facultad de Ingenierías fisicomecánicas, Escuela de ingeniería Civil, Director: Omar Giovanni Sánchez Rivera
M.Sc. en Pensamiento Estratégico y Prospectiva Codirectora: Karen Milady Castañeda-Parra

Abstract

Title: Characterization of the advances in the joint implementation of Integrated Project Delivery and Building Information Modeling *

Authors: Paula Alejandra Palacios-Rodriguez
Omar Giovanny Sánchez-Rivera
Karen Milady Castañeda-Parra **

Keywords: Integrated Project Delivery (IPD), Building Information Modeling (BIM), Construction Projects

The need for development in the construction industry due to the lack of integration, coordination and collaboration among diverse functional disciplines involved in the life cycle of construction projects has led to inefficiencies, unproductiveness and fragmentation of traditional system AECO (architecture, engineering, construction and operations), forcing the industry to rethink its strategies. Integrated Project Delivery (IPD) and Building Information Modeling (BIM) cooperate to change the old paradigm of the traditional system. These concepts are inclined the new standard of the industry in a next future due to their nature of collaboration, ability to implement sustainable procurement strategies, in the risks and rewards of sharing and the high efficiency of construction. It is essential for the industry to realize that an integrated team that converges towards the same direction will improve the results, contributing to the evolution and survival of the sector. Consequently, this study supported the process of characterizing the main advances in the joint work of Integrated Project Delivery (IPD) and Building Information Modeling (BIM) during the years 2000-2017 through a systematic review. Based on 122 studies, the advances were gathered and grouped in duly stipulated categories, identifying the tendencies of investigation, exploring current BIM and IPD best practices and discussing ways to integrate the above mentioned knowledge. The results clearly indicate that in recent years the trend of studies on BIM and IPD has increased, there is a variety of parts interested inside the industry in the whole world that can potentially benefit from the combination of these systems making use to the maximum of the possibilities of collaboration. The results of this investigation facilitates patterns for future studies in the joint implementation of BIM and IPD, and thus give continuity to progress.

* Project of grade

** Faculty of Engineering Physical Mechanical. School Engineering Civil Director: Omar Giovanny Sánchez Rivera
M.Sc. en Pensamiento Estratégico y Prospectiva Codirectora: Karen Milady Castañeda-Parra

Introducción

La industria de la construcción se ha visto envuelta en diversas problemáticas que afectan no solo la efectividad de la obra si no en su mayor parte la economía de los inversionistas y del personal encargado de la ejecución de los proyectos, esta situación en muchos casos se debe a la falta de integración, coordinación y colaboración entre las diversas disciplinas funcionales que intervienen en el ciclo de vida de los proyectos (Kurul, Abanda, Tah, & Cheung, 2013; Yuri & Pila, 2016).

Es pertinente mencionar que la magnitud y complejidad que involucra un proyecto constructivo hoy en día se convierte en un reto para finiquitar labores de manera óptima, incrementando costos y recibiendo fuertes críticas debido a la falta de métodos modernos que permitan la planificación, programación y control de los procesos que aseguren la calidad de las obras y de los recursos invertidos (Nawi, Haron, Hamid, Kamar, & Baharuddin, 2014).

En la actualidad estos proyectos se han convertido en una referencia importante de investigación, donde se busca la disminución de costos y el aumento de la productividad, lo anterior se podría solucionar con la implementación simultánea de una metodología conocida como Integrated Project Delivery (IPD) y de la herramienta Building Information Modeling (BIM).

La unión e implementación de los sistemas mencionados promete innovar el ámbito constructivo, pues busca integrar los aportes de conocimiento de los profesionales, compartir un mismo objetivo y concebir una idea realista del producto a entregar. Es importante enfatizar que el éxito de estos proyectos se debe al compromiso por parte de todos los profesionales implicados,

su deseo por reducir costos, tiempos y aumentar la rentabilidad. Una buena implementación de estos sistemas puede resultar en un ahorro que supere las expectativas, fomentando una buena práctica constructiva y obteniendo proyectos exitosos.

En consecuencia, la investigación apoyó el proceso de caracterización de los principales avances en el trabajo conjunto de Integrated Project Delivery y Building Information Modeling durante los años 2000-2017 con ayuda de una revisión sistemática, la cual utiliza la investigación retrospectiva para buscar, recolectar, ordenar y analizar los resultados de múltiples investigaciones con el fin de conocer los últimos avances en la disciplina estudiada. Estos avances se agruparon en un conjunto de categorías permitiendo identificar las tendencias investigativas de los sistemas implementados en el área de gestión de proyectos relacionados con la ingeniería civil.

1. Marco Teórico

1.1 Integrated Project Delivery – IPD

No existe una definición estándar de Integrated Project Delivery (IPD) que haya sido ampliamente aceptada por la industria en su conjunto. Sin embargo, una de las definiciones más completas es aportada por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA, 2007), quien define Integrated Project Delivery (IPD) como, "... un enfoque de entrega de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas en un proceso que combina de manera colaborativa los talentos y las percepciones de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el propietario, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de

diseño, fabricación y construcción" (ver Apéndice 1) (Abeyratne & Jayasena, 2016; Azhar, Kang, & Ahmad, 2014; Cholakakis & Cooley, 2013; Duque Carmona, 2014; Eley, 2016; A. H. Fakhimi, Sardroud, & Azhar, 2016; Ghosh, Pishdad-Bozorgi, & Bhattacharjee, 2014; Ilozor & Kelly, 2012; Kasun & Suranga, 2013; Kent & Becerik-gerber, 2010; Morton & Thompson, 2011; Nawi et al., 2014; Ogbamwen, 2016; Parente, 2017; Rahim et al., 2015; S & M.E., 2016; Yang & Wang, 2009; Yuri & Pila, 2016)

1.2 Building Information Modeling – BIM

BIM es el acrónimo de “Building Information Modeling” que se podría traducir como “Modelado de información del Edificio”. El Estándar Nacional BIM (NBIMS) lo define como “Una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación... y un recurso compartido de conocimientos para obtener información sobre un centro de formación de una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida; definida como existente desde la más temprana concepción hasta la demolición” (buildingSMART, 2010) (Cholakakis & Cooley, 2013; Duque Carmona, 2014; Franklin D. Lancaster, 2010; Ilozor & Kelly, 2012; Kasun & Suranga, 2013; Kulkarni & Mhetar, 2017; Morton & Thompson, 2011; Ogbamwen, 2016; Parente, 2017; S & M.E., 2016; Trollsås, 2014).

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 costos

(5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D) (BuildingSMART) (Ogbamwen, 2016) (ver Apéndice 2).

1.3 Implementación conjunta IPD y BIM

“Se entiende que IPD y BIM son conceptos diferentes; el primero es un proceso y el segundo una herramienta. Ciertamente proyectos donde se incorpora IPD pueden trabajar sin BIM y BIM se puede utilizar sin procesos integrados. Sin embargo, los beneficios potenciales de ambos se logran sólo cuando se utilizan en conjunto” (Duque Carmona, 2014).

Estos conceptos son propensos a ser el nuevo estándar de la industria en un futuro próximo debido a su naturaleza de colaboración (integrada y transparente), capacidad de implementar estrategias de adquisición sostenible, de compartir riesgos y recompensas, de obtener alto grado de eficiencia en los proyectos de construcción, de una incorporación temprana entre los agentes que intervendrán durante las diferentes fases del proyecto lo cual favorece en la detección de incidencias que se pueden presentar en los proyectos constructivos. La industria tiende a combinar IPD con la tecnología BIM para resolver los problemas existentes en práctica de la ingeniería (MA, LI, & MENG, 2014) (ver Apéndice 3).

2. Metodología de investigación

En esta sección se describe el procedimiento de búsqueda y clasificación de información que apoyó el proceso de caracterización de los principales avances en la implementación conjunta de IPD y

BIM. A continuación se presentan tres subsecciones: (1) Revisión sistemática, (2) Categorización y agrupación, (3) Obtención de la evidencia.

2.1 Revisión sistemática

La primera etapa de la investigación consistió en una búsqueda de literatura dentro de un periodo de tiempo comprendido por los años 2000–2017 y con ayuda de palabras clave (*IPD* y *BIM*) se indagaron las bases de datos mostradas en la figura 1.

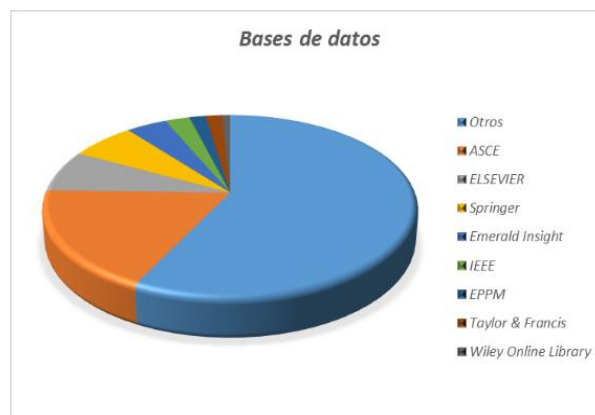


Figura 1. Bases de datos utilizadas para la búsqueda de información.

Como resultado del proceso se recopilaron 156 documentos de los cuales se eliminaron 8 que contenían información repetida, este análisis se llevó a cabo en el software *Mendeley Desktop*.

Se procedió a codificar en una tabla de Excel datos significativos como código, título, autor(es), revista de publicación, año, lenguaje, base de datos, país, tipo de documento y resumen, donde se descartaron 26 documentos que no soportaban el objetivo de la investigación, concluyendo con 122 documentos (ver Figura 2).

Con ayuda de la información recopilada se obtuvo la tendencia de publicaciones por año (ver Figura 3), los tipos de documentos que apoyan la investigación (ver Figura 4) y los países donde este tema ha sido de interés (ver Figura 5).

2.2 Categorización y agrupación

En esta etapa se leyeron con detalle los documentos proponiendo una serie de categorías que facilitara la agrupación de cada documento. Se desarrolló un mapa mental en el software *XMind* que permitió la visualización de los resultados de este paso.

2.3 Obtención de la evidencia

Durante la clasificación se fue obteniendo la evidencia, los 122 documentos fueron leídos en su totalidad y analizados, buscando siempre que los datos sustentaran y apoyaran el objetivo principal de la investigación. En un documento Word se iban registrando los avances en la implementación conjunta de IPD y BIM.

Adicionalmente, con ayuda del software CiteSpace, herramienta analítica visual que permite encontrar tendencias y patrones en la literatura buscando puntos críticos en el desarrollo de un campo; se analizaron los 122 artículos dentro del mismo periodo 2000-2017 (ver Apéndice 28), lo cual permitió tener otro punto de vista de los principales avances en la implementación conjunta de BIM e IPD.

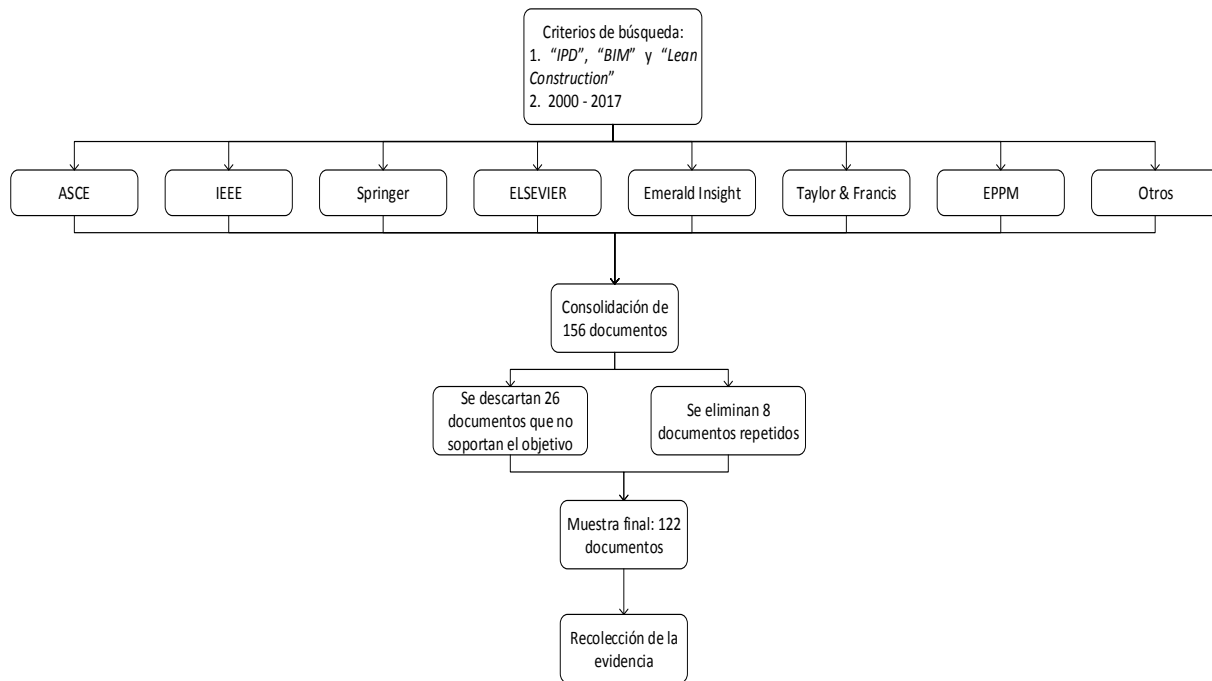


Figura 2. Proceso de búsqueda y selección de documentos para la muestra final.



Figura 3. Tendencia de publicaciones por año.

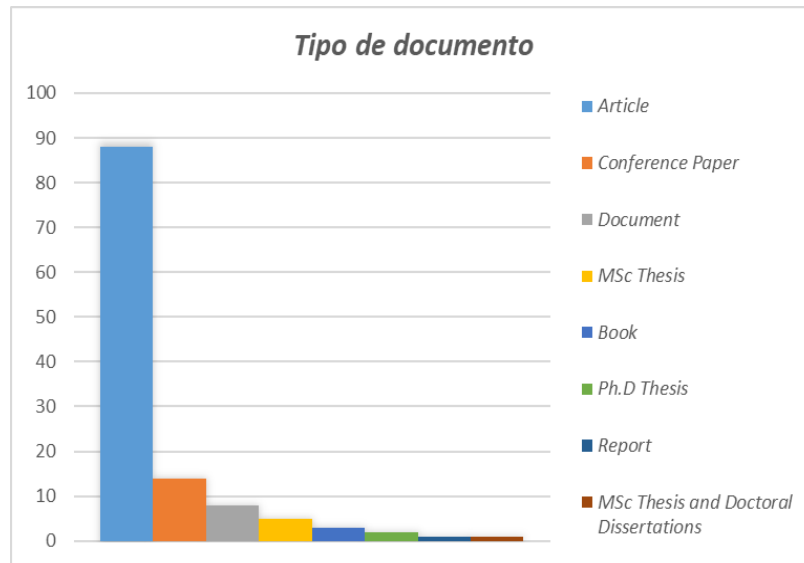


Figura 4. Tipos de documentos encontrados en las bases de datos.

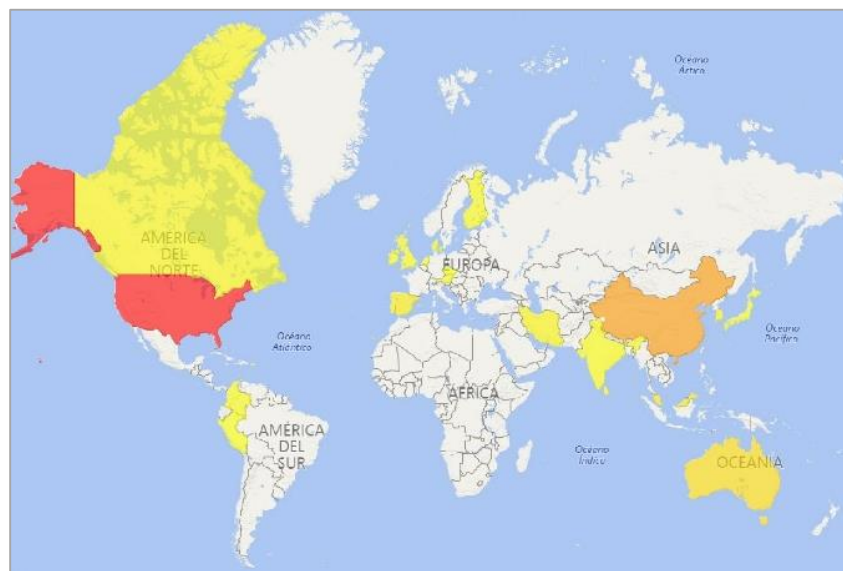


Figura 5. Países donde se investiga la implementación conjunta de IPD y BIM. Los colores representan los países que han indagado: Rojo (+20) publicaciones, Naranja (20-10) publicaciones, Amarillo (10-1) publicaciones

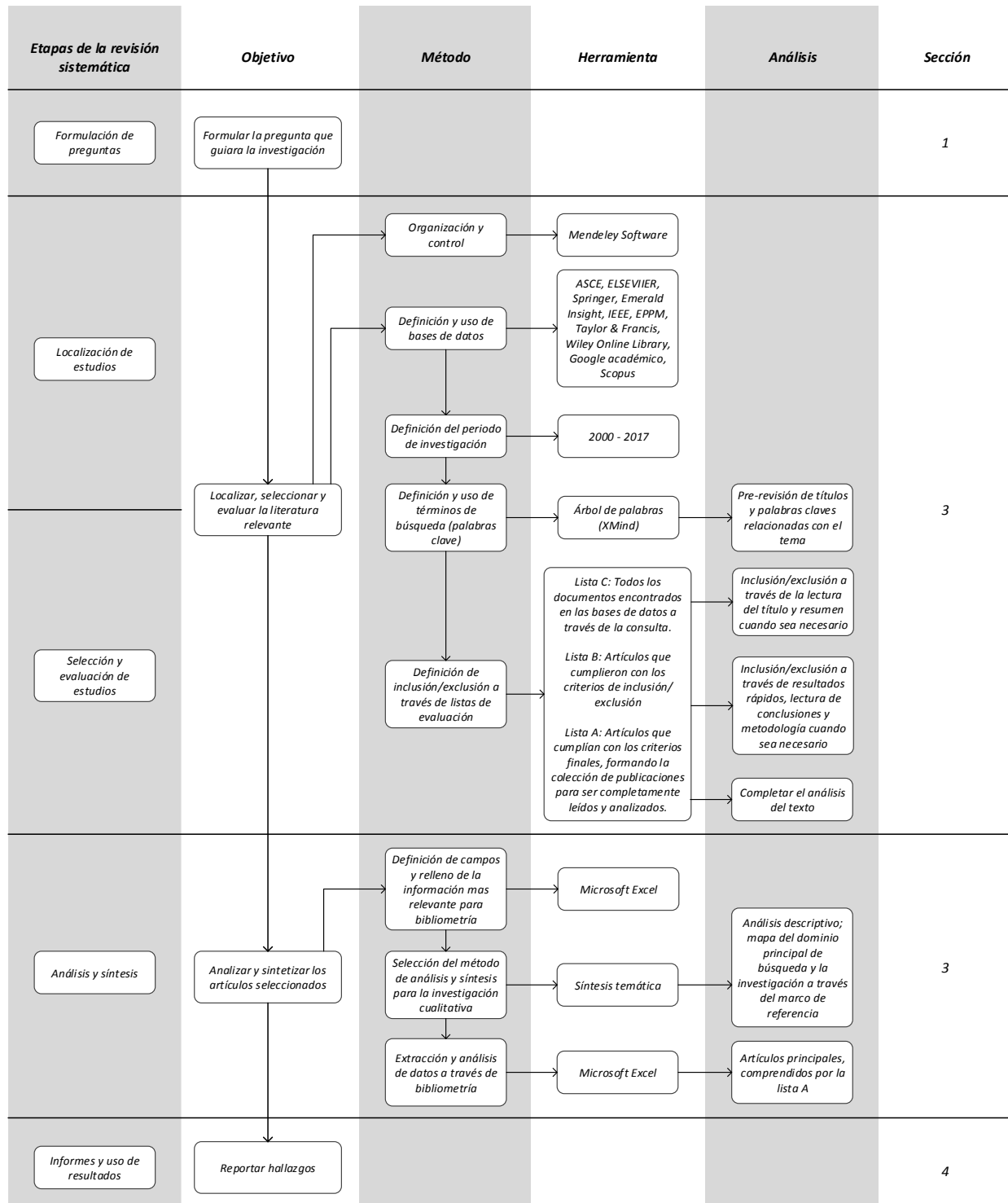


Figura 6. Marco de la metodología de la investigación emprendida.

Nota. Artículo “Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review” fig. 1 (Saieg, Dominguez, Nascimento, & Goyannes, 2018).

3. Resultados

Luego de efectuar la revisión sistemática durante el periodo 2000-2017 se obtienen los siguientes resultados. La tabla 1 presenta las 24 categorías propuestas, la agrupación de los avances de la implementación conjunta de BIM e IPD la cual se sintetiza en los autores que apoyan el tema y la subdivisión de las categorías dado el volumen de información permitiendo un análisis detallado.

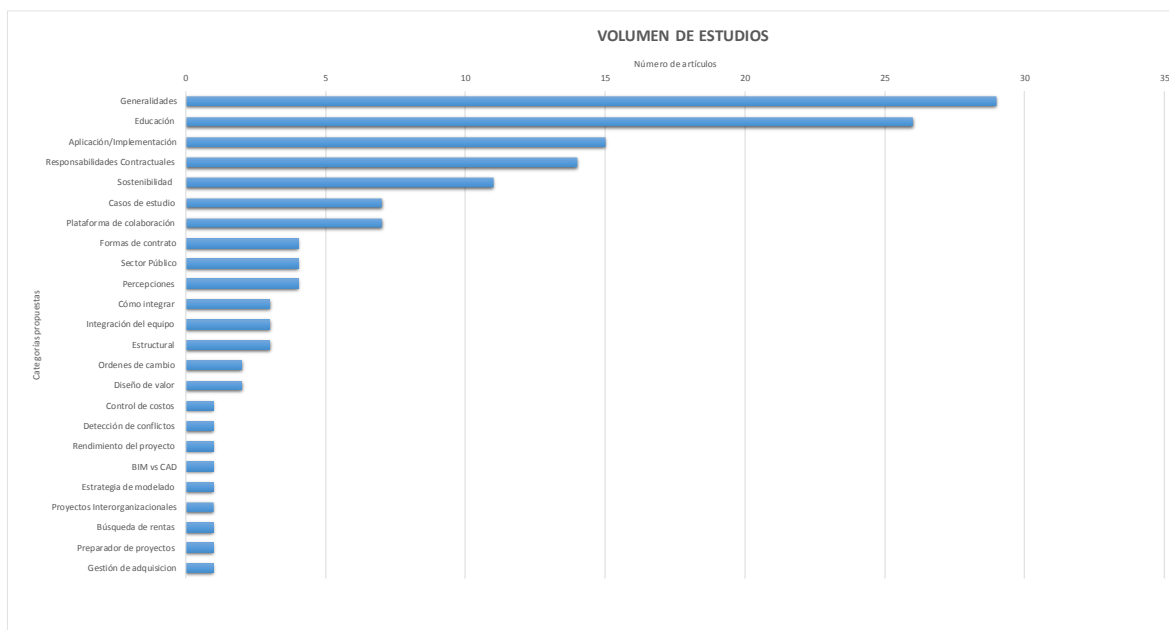


Figura 7. Numero de documentos según las categorías propuestas.

Adicionalmente, la figura 7 presenta el volumen de estudios de las 24 categorías propuestas, notando que temáticas como generalidades, educación y aplicación son de gran interés investigativo.

Nota: Debido a la cantidad de información recopilada, los avances de cada categoría se muestran en los respectivos Apéndices, con el fin de no omitir información importante que sustente y apoye el objetivo principal de la investigación.

Tabla 1.

Categorías y subcategorías propuestas, agrupación de los avances y ubicación de sus respectivos resultados

Categoría	Estudios	Apéndice
<u>Responsabilidades Contractuales</u>	(Kasun & Suranga, 2013)	ver Apéndice 4
Colaboración	(O'Connor Jr., 2009), (Jones, 2014), (C. Chang et al., 2017), (Otani, 2012)	
Aspectos de comunicación	(Garcia, Korkmaz y Miller, 2014) (PERDOMO & CAVALLIN, 2014)	
Riesgo	(J. K. Holland, 2009), (Pishdad et al., 2011), (Abeyratne & Jayasena, 2016), (Ogbamwen, 2016), (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017)	
Obligaciones	(Kasun & Suranga, 2013)	
Distribución de ganancias	(Y. Teng, Li, Wu, et al., 2017), (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017)	
<u>Aplicación/Implementación</u>	(Xie, Tramel, & Shi, 2011), (J. Y. Teng, Wu, Zhou, Zhao, & Cao, 2012), (Ribeiro, 2012), (Kiani & Alerasoul, 2013), (MA et al., 2014), (Huang, 2014), (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014), (Trollsås, 2014), (Tahrani, Poirier, Aksenova, & Forgues, 2015), (Jia & Wang, 2017), (Pishdad-Bozorgi, Gao, Eastman, & Self, 2018)	ver Apéndice 5
Proyectos de salud	(Pommer, Horman, Messner, & Riley, 2010)	

Categoría	Estudios	Apéndice
Proyectos urbanos	(Zhang, 2016)	ver Apéndice 6
Prefabricación de tuberías	(Li, Li, & Wu, 2017)	
Seguridad y salud ocupacional	(Ghosh et al., 2014)	
<u>Sostenibilidad</u>	(Mount, 2013), (Wong & Fan, 2013), (BEIIC, 2010), (Allen Consulting Group, 2010), (Fien & Winfree, 2014), (Gandhi & Jupp, 2013), (Wu & Issa, 2015), (Eley, 2016), (Fadeyi, 2017)	
Diseño térmico	(Yokoi, Fukuda, Yabuki, & Motamedi, 2016)	ver Apéndice 7
Simulación de energía	(Farias Stipo, 2015)	
Simulación nD	(Umar et al., 2015)	
<u>Educación</u>	(Gutierrez-Bucheli, Mayorga Caldarón, Londoño-Acevedo, & Ponz-Tienda, 2016), (Trollsås, 2014), (Daniel Forgues & Becerik-Gerber, 2013), (Hore, Thomas, CULLEN, & MONTAGUE, 2011), (Kurul et al., 2013)	
Aula presencial	(R. Solnosky, Parfitt, & Holland, 2015), (Poerschke, Holland, Messner, & Pihlak, 2010), (R. Holland, Messner, Parfitt, Poerschke, & Pihlak, 2010), (Shapoorian & Molav, 2013), (Gregory, Herrmann, Miller, & Moss, 2013), (R. Holland, Wing, & Goldberg, 2013), (D. Forgues & Iordanova, 2010), (R. Solnosky, Parfitt, Holland, Leicht, & Messner, 2011), (Wright, 2012), (Macdonald, Mills, & Sydney, 2013), (Liu, Griffis, & Bates, 2013), (PERDOMO & CAVALLIN, 2014), (R. Solnosky, Asce, Parfitt, Asce, & Holland, 2014), (Forbes, Ahmed, & Batie,	

Categoría	Estudios	Apéndice
	2014), (Hwa & Wook, 2015), (R. L. Solnosky & Parfitt, 2015), (R. Solnosky et al., 2015), (Gutierrez-Bucheli et al., 2016), (Xie, Shim, & Schmidt, 2017)	
Aula virtual	(Daniel Forgues & Becerik-Gerber, 2013), (Mount, 2013)	
<u>Plataforma de colaboración</u>	(Cholakis & Cooley, 2013), (Z. Ma, Zhang, & Li, 2018), (Z. Ma & Ma, 2015), (Pishdad, Candidate, & Beliveau, 2011), (Cholakis & Cooley, 2013), (Ma y Zhang, 2015)	ver Apéndice 8
Requerimientos funcionales	(Z. Ma & Ma, 2017)	
<u>Sector Público</u>	(Sebastian, 2011), (Manning, 2012), (Tahrani et al., 2015)	ver Apéndice 9
Agencias reguladoras	(Glick & Guggemos, 2009)	
<u>Generalidades</u>	(Kim & Dossick, 2009), (Yang & Wang, 2009), (Raisbeck, Millie, & Maher, 2010), (Pishdad et al., 2011), (Morton & Thompson, 2011), (Manning, 2012), (Ilozor & Kelly, 2012), (Mossman, Ballard, & Pasquire, 2013), (Singh, 2013), (Liu, 2013b), (AHBABI, 2014), (Talebi, 2014), (Díaz, Giovanny, Rivera, Alberto, & Guerra, 2014), (Nawi et al., 2014), (Tahrani et al., 2015), (Halitula, Aapaoja, & Haapasalo, 2015), (Rahim et al., 2015), (C.-Y. Chang, Pan, & Howard, 2015), (S & M.E., 2016), (Čepková, 2016), (Eley, 2016), (Yuri & Pila, 2016), (Rowlinson, 2017), (Kahvandi, Saghatforoush, Alinezhad, & Noghli, 2017), (Fadeyi, 2017), (A. Fakhimi, Sardrood, Mazrouie, Ghoreishi, & Azhar,	ver Apéndice 10

Categoría	Estudios	Apéndice
	2017), (Parente, 2017), (Neve, Wandahl, Kaeseler, & Tandrup, 2017), (Jang & Lee, 2018)	
<u>Casos de estudio</u>	(Becerik-gerber, Des, & Kent, 2009), (Yang & Wang, 2009) , (Kim & Dossick, 2011), (Judy, 2012), (Hampson & Kraatz, 2013), (Duque Carmona, 2014), (Ogbamwen, 2016)	ver Apéndice 11
<u>Formas de contrato</u>	(Bomba & Parrott, 2010), (O'Connor Jr., 2009), (Mossman et al., 2013), (Sebastian, 2011)	ver Apéndice 12
<u>Cómo integrar</u>	(Monteiro, Mêda, & Poças Martins, 2014), (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017), (A. Fakhimi et al., 2017)	ver Apéndice 13
<u>Integración del equipo</u>	(Franz, Leicht, Molenaar, & Messner, 2010), (Nofera, Korkmaz, & Miller, 2011), (C. Chang, 2016)	ver Apéndice 14
<u>Percepciones</u>	(Kent & Becerik-gerber, 2010), (Bynum, Issa, & Olbina, 2013), (Azhar, Kang, Asce, Ahmad, & Asce, 2014), (Govender, Nyagwachi, Smallwood, & Allen, 2018)	ver Apéndice 15
<u>Control de costos</u>	(Kulkarni & Mhetar, 2017)	ver Apéndice 16
<u>Estructural</u>	(Franklin D. Lancaster, 2010), (TATUM & LUTH, 2012), (Uihlein, 2015)	ver Apéndice 17
<u>Detección de conflictos</u>	(Seo, Lee, Kim, & Kim, 2012)	ver Apéndice 18
<u>Ordenes de cambio</u>	(Liu, 2013a), (J. Ma, Ma, & Li, 2017)	ver Apéndice S
<u>Diseño de valor</u>	(Pishdad-Bozorgi, P., Moghaddam, E.H. and Karasulu, 2013), (Halttula et al., 2015)	ver Apéndice 19

Categoría	Estudios	Apéndice
<u>Rendimiento del proyecto</u>	(Kelly, 2015)	ver Apéndice 20
<u>BIM vs CAD</u>	(Cambeiro, Barbeito, Castaño, Bolívar, & Rodríguez, 2014)	ver Apéndice 21
<u>Estrategia de modelado</u>	(J. Y. Teng et al., 2012)	ver Apéndice 22
<u>Proyectos Inter-organizacionales</u>	(Esther Paik, Miller, Mollaoglu, & Aaron Sun, 2017)	ver Apéndice 23
<u>Búsqueda de rentas</u>	(Mei, Wang, Xiao, & Yang, 2017)	ver Apéndice 24
<u>Preparador de proyectos</u>	(Bach, 2015)	ver Apéndice 25
<u>Gestión de adquisición</u>	(Tajul et al., 2017) (Ariffin, Cun, Raslim, & Mustaffa, 2017)	ver Apéndice 26

Desde otro punto de vista y con ayuda del software *CiteSpace* se realizó una visualización y mapeo del dominio del conocimiento proporcionando una perspectiva de patrones de investigación y tendencias en este campo, obteniendo evidencia tangible del desarrollo en la implementación conjunta de IPD y BIM, lo que llevó a conclusiones sobre estudios influyentes que impulsan la adopción, implementación y evaluación del tema. Para el análisis se tuvo en cuenta las palabras clave y resumen ya que son considerados como descripciones claras y concisas de los contenidos de las investigaciones. Los artículos que se analizaron con *CiteSpace* fueron los mismos a los que se les realizó la revisión sistemática.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación: la tabla 2 muestra las palabras clave más investigadas en el tema, dejando claro que BIM e IPD son sistemas que se enfocan y contribuyen

en la industria de la construcción en aspectos como el diseño, la colaboración, el diseño sostenible y la cohesión en el equipo de trabajo.

La figura 8 pone en relieve las palabras clave más frecuentes durante el periodo 2000-2017 de los 122 artículos indagados. La frecuencia de “diseño” es la más alta, dado que las capacidades de IPD y BIM integrados se explotan en su mayor parte durante esta fase en los proyectos de construcción, adicionalmente se puede notar que todas las palabras se interrelacionan.

Tabla 2.

Lista de palabras clave determinadas por el Software CiteSpace de los artículos analizados

PALABRAS CLAVE
BIM
IPD
Diseño
Colaboración
Sistemas
Contratos
Diseño Sostenible
Construcción
Cohesión del equipo

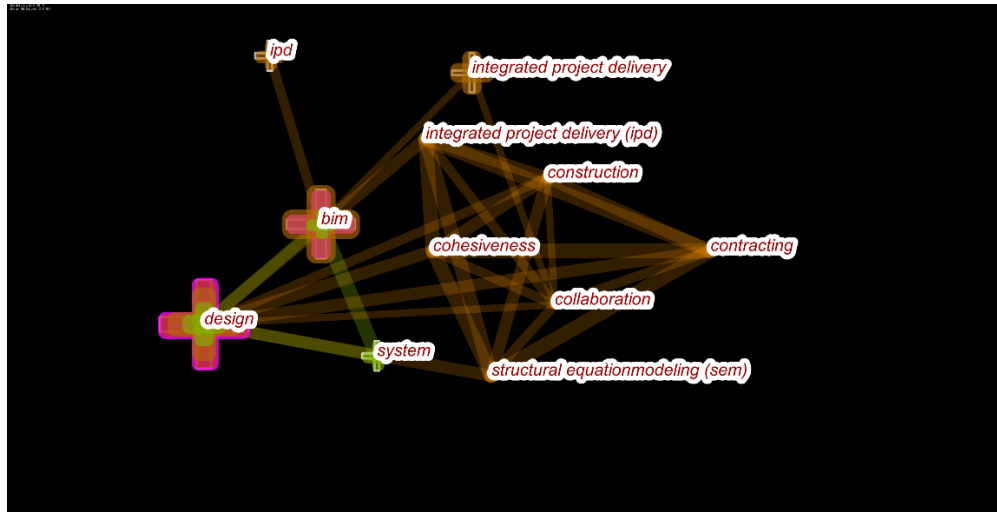


Figura 8. Las mejores palabras clave que ocurren más de dos veces durante el periodo 2000 - 2017.

Nota Tomado de: Software *CiteSpace*

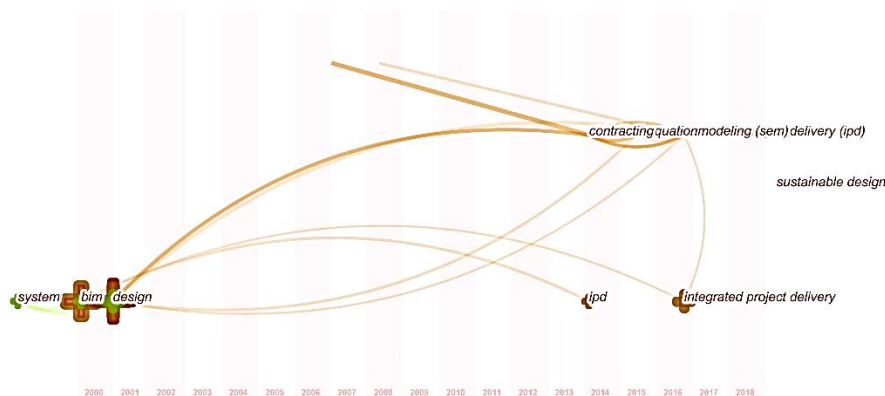


Figura 9. Línea de tiempo de la red de co-ocurrencia de palabras clave: 2000 - 2017.

Nota Tomado de: Software *CiteSpace*

La figura 9 presenta la línea de tiempo de la red de co-ocurrencia de palabras clave durante el periodo indagado, se puede notar que las primeras investigaciones se dieron en los años 2000 con BIM principalmente en la fase de diseño en los proyectos de construcción. A partir del año 2013 se incrementa la investigación de IPD y su integración con BIM, teniendo en cuenta que las líneas

presentan la unión de las temáticas. Y, a partir del año 2016 se presenta la tendencia investigativa en el campo de diseño sostenible vinculando IPD y BIM.

4. Tendencias Investigativas

Las principales tendencias investigativas en la implementación conjunta de IPD y BIM se dieron a conocer en categorías y subcategorías como generalidades, educación, estructural, formas de contrato, sostenibilidad, integración del equipo, cómo integrar, riesgo, agencias reguladoras, aspectos de comunicación, BIM vs CAD, detección de conflictos, diseño térmico, proyectos inter-organizacionales, rendimiento del proyecto, simulación de energía y simulación nD.

4.1 Generalidades

Una de las mayores dificultades es definir los riesgos, responsabilidades, expectativas, objetivos del proyecto y responsabilidades al negociar contratos de IPD, por tal razón es importante hacer frente a nuevas investigaciones que faciliten la familiarización de IPD, algunos de estos temas se examinarían mejor en casos de estudio detallados con entrevistas extensas y documentación de proyectos concurrentes (Kent & Becerik-gerber, 2010).

Otra futura investigación es la búsqueda de nuevos factores que impacten el tiempo de coordinación en proyectos que implementen IPD y BIM conjuntamente (Duque Carmona, 2014)

4.2 Educación

A medida que la industria de la construcción se desplaza hacia la adopción de IPD, el sistema educativo debe adoptar un enfoque más colaborativo en la enseñanza y la investigación (Kent & Becerik-gerber, 2010).

(Tahrani et al., 2015) afirma que la tendencia se centra en la necesidad de redefinir los planes de estudio profesional para adaptarse al nuevo contexto de enfoques integrados; la certificación de estos nuevos programas debe ser estandarizado y regulado por un organismo, como es el caso de otros programas que conducen a la acreditación profesional.

4.3 Estructural

El futuro de la entrega de proyectos es la vinculación de IPD y BIM según (Franklin D. Lancaster, 2010), quien promete alineación de objetivos comunes, una mejor documentación, más eficiente y rápido el proceso de diseño hasta la construcción y mayor valor del proyecto resultante; pero requiere la participación temprana de todas las partes, la aceptación de modelos 3D, trabajar en diferentes formatos, no volver a ver planos en papel, modelar con precisión, establecer el nivel de detalle correcto para el modelo y una mejor forma de entregar proyectos siempre dando los mejores resultados.

4.4 Formas de contrato

El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) dio a conocer una serie de contratos solo para IPD en el período 2007- 2009, Contratistas Generales Asociados de América (AGC) y una coalición de más de cuarenta organizaciones líder de la industria de la construcción escribieron y aprobaron una nueva categoría de contratos (IPD), ConsensusDOCS alrededor de este tiempo también dio a conocer su muy esperado Acuerdo 300 multipartidaria de proyecto de entrega integrada (IPD) y el Acuerdo de unión 396 (A. Fakhimi et al., 2017).

Lo dicho anteriormente evidencia la falta de contratos de IPD y BIM implementados conjuntamente (Bomba & Parrott, 2010). Por esta razón, una tendencia es fomentar la aplicación de contratos que involucren a las dos partes disminuyendo el miedo y riesgo de su aplicación.

4.5 Sostenibilidad

Las tendencias de investigación en el diseño de edificios sostenibles según la investigación de (Wong & Fan, 2013) apunta a estándares BIM para facilitar la interoperabilidad con IPD, cambio en la cultura de la industria que promueva la construcción ecológica, entrenamiento y educación dada la escasez de personal, e incorporar BIM en el plan de estudios de programas orientados a la construcción.

El futuro sostenible con BIM es prometedor, gobiernos como el de Hong Kong promueven e incentivan su implementación, considerándose como uno de los pioneros, su objetivo fue vincular BIM para todos los proyectos en el año 2014 (Wong & Fan, 2013).

Adicionalmente algunas tendencias de investigación propuestas por (Jones, 2014) son: mayor conocimiento de Living Building Challenge, siendo un programa de certificación de edificios ecológicos y un marco de diseño sostenible que visualiza el ideal para el entorno construido; los métodos 3D, 4D y 5D se establecerán aún más dentro de las empresas de construcción; las herramientas BIM con función de gestión de construcción integrada se extenderán más; los nuevos roles profesionales como el de un gerente BIM serán cada vez más importantes; más propietarios de edificios solicitarán BIM como parte del contrato, los términos del contrato y la remuneración se verán afectados por BIM.

Por último, se reconoce como tendencia internacional el *Green Building* (BEIIC, 2010)(Allen Consulting Group, 2010).

4.6 Integración del equipo

Los estudios futuros planteados por (Franz et al., 2010) consisten en determinar el efecto de la integración del equipo y la cohesión del grupo en el rendimiento de la sostenibilidad y la seguridad de los proyectos de construcción.

4.7 Cómo integrar

Los desafíos futuros propuestos por (Monteiro et al., 2014) con respecto a este tema en particular requieren solucionar los problemas de interoperabilidad entre plataformas de colaboración.

Por otra parte, (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) proponen investigar en cómo superar barreras para implementar colaboraciones trilaterales.

(A. Fakhimi et al., 2017) apoyan la tendencia anterior, afirmando que la colaboración trilateral IPD, Lean Construction y BIM podría convertirse en el método de entrega líder en la industria AEC.

4.8 Riesgo

La tendencia investigativa en este campo según (Ariffin et al., 2017) consiste en la búsqueda exhaustiva de los riesgos que conlleva la implementación conjunta de IPD y BIM, con el propósito de incentivar a las empresas aseguradoras a adaptar seguros que incentiven el uso de este y nuevos métodos que generen desarrollo en la industria de la construcción.

4.9 Agencias reguladoras

Una investigación futura propuesta por (Glick & Guggemos, 2009) en este campo consiste en el desarrollo de un marco de ruta para identificar las mejores prácticas iniciales de la vinculación IPD y BIM, recopilar información sobre los softwares disponibles, las plataformas de intercambio y los costos asociados. Dicha información ayudaría en la difusión y adopción de las agencias reguladoras con sistemas IPD-BIM.

4.10 Aspectos de comunicación

(Garcia, Korkmaz y Miller, 2014) (PERDOMO & CAVALLIN, 2014) mencionan que las futuras líneas de investigación se centrarán en proyectos IPD, donde los miembros del equipo se enfoquen

en otros factores que afecten la comunicación como la capacitación, el tiempo, la calidad, la sostenibilidad o los requisitos del propietario y evaluar cómo afectan los ciclos de un proyecto.

4.11 BIM vs CAD

En un futuro cercano (Cambeiro et al., 2014) mencionan que se deben establecer directrices que promuevan la formación de los agentes que hacen parte del proceso de vinculación IPD-BIM, probando herramientas adicionales, complementando la educación con la introducción gradual de nuevas metodologías que impulsen el crecimiento del sector industrial.

4.12 Detección de conflictos

La tendencia de esta categoría según (Seo et al., 2012) es construir un sistema de colaboración más integrado para satisfacer las demandas de la industria, estableciendo procesos de simulación.

4.13 Diseño térmico

(Yokoi et al., 2016) proponen llevar a cabo su investigación (un sistema en el cual BIM, Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) y Realidad Aumentada (AR) están integrados para proporcionar visualizaciones interactivas) al aire libre, puesto que mejoraría la precisión permitiendo a los usuarios entender el ambiente térmico interior de forma más intuitiva y mejorar la visualización y registro de AR.

4.14 Proyectos inter-organizacionales

En futuras investigaciones (Esther Paik et al., 2017) dirigen la atención al papel del compromiso, dado que los participantes altamente comprometidos están motivados para participar activamente en las conductas de comunicación. Los miembros del proyecto que estén dispuestos a dedicar tiempo, recursos y energía a los procesos de IPD están más propensos a hacer esfuerzos consistentemente para compartir información entre los participantes de todas las organizaciones. Por lo tanto, el compromiso de los miembros del equipo del proyecto con IPD podría desempeñar una función similar como motivación para compartir información, aquellos que están comprometidos compartirían más ampliamente información entre contactos inter-organizacionales que aquellos que no lo están.

4.15 Rendimiento del proyecto

(Kelly, 2015) recomienda incluir otras formas de participación temprana del contratista como variable en futuros estudios que examinen el rendimiento de un proyecto ya que su relación con los resultados puede ser más (o menos) importante que el uso de BIM e IPD. También el desempeño general del proyecto podría beneficiarse de la inclusión y el control de otras variables como la configuración del proyecto (es decir si es urbana, suburbana o rural), tamaño del proyecto, la relación entre el desempeño en seguridad operacional (es decir, accidentes con tiempo perdido y tasas de incidentes), el uso de la tecnología, la innovación, región geográfica y la estrategia.

4.16 Simulación de energía

Las tendencias que presenta (Farias Stipo, 2015) son: la implementación del modelo *DEPROSU* en situaciones académicas y en la práctica profesional, mejorar las herramientas de BES las cuales podrían contribuir con la sostenibilidad y promover el uso de nuevas tecnologías.

4.17 Simulación nD

(Umar et al., 2015) mencionan en su investigación que estos modelos de simulación nD se presentan como tendencia futura, puesto que la visualización de diversos factores favorece la comprensión de un proyecto.

5. Conclusiones

Este estudio concluyó que, durante los últimos años la tendencia de los estudios realizados sobre la implementación conjunta de Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM) ha aumentado significativamente, especialmente en el periodo comprendido por los años 2013-2017. Existe una variedad de partes interesadas dentro de la industria en todo el mundo que potencialmente pueden beneficiarse de la combinación de estos sistemas aprovechando al máximo las posibilidades de colaboración. En particular, los documentos examinados definen la motivación

de apoyar los intentos de unir a los miembros del equipo para lograr objetivos comunes y crear una visualización realista del proyecto.

De acuerdo con la investigación realizada, la fuente principal de esta tendencia BIM e IPD integrados conjuntamente es Estados Unidos, dado que gran parte del volumen de documentos se desarrolló en este país. Otros países como China, Australia, Reino Unido, Canadá, España, Malasia, Inglaterra, Irán, Corea, Portugal, Finlandia, India, Sri Lanka, Dinamarca, Perú, Singapur, Republica Checa, Japón, Países Bajos, Irlanda, Puerto Rico, Austria y Colombia también han llevado a cabo diferentes estudios en el campo.

Los estudios se centran principalmente en fundamentos, principios, definiciones, beneficios, oportunidades, casos de estudio, aplicaciones, la introducción de BIM e IPD a las industrias y la educación, lecciones aprendidas sobre la implementación, contratos, también investigan desde el punto de vista de factibilidad para la implementación y las tendencias investigativas. Con el creciente desarrollo de la tecnología, el progreso de IPD en el campo de intercambio de información y la comunicación en línea está aumentando.

Se determina que las principales ventajas de la literatura con respecto a la implementación conjunta de BIM e IPD se deben en gran parte a la cantidad de información en temas como directrices para la aplicación, estructura, generalidades como el riesgo, obligaciones y distribución de ganancias, las diferencias entre métodos de entrega de proyectos BIM e IPD y métodos de entrega tradicionales, marcos de ruta para su implementación, las cuestiones culturales e interpersonales; es decir, la confianza, el trabajo en equipo, etc., necesarios para el éxito, las mejores prácticas, la superación de las barreras, casos de estudio exitosos, percepciones de la industria, problemas técnicos, aplicaciones industriales, técnicas en la gestión de proyectos, productividad y costo, estrategias de adopción, marcos teóricos que explican su impacto y lugar

dentro de la industria, los beneficios de su aplicación en especial en campos como la educación y la sostenibilidad, etc. En general, la literatura es positiva con respecto al futuro de BIM e IPD implementados conjuntamente en proyectos de construcción.

Las deficiencias clave dentro de la literatura con respecto al impacto de BIM e IPD se deben en gran parte a la falta de contratos que involucren los sistemas conjuntamente midiendo el impacto en la productividad, costos, plazos, cronograma, calidad, etc. de los proyectos y de los profesionales vinculados; la falta de estudios donde se enfoquen en otros factores como la capacitación, el tiempo, la calidad o los requisitos del propietario, los cuales afectan no solo la aplicación de BIM e IPD si no el desarrollo del proyecto; la falta de un análisis cuantitativo exhaustivo y una verificación de las aseveraciones cualitativas hechas, una verificación de los beneficios de la adopción de los sistemas tanto antes como después de su adopción es esencial para apoyar su implementación en la industria; varios autores proponen marcos de ruta, modelos de integración, procesos de desarrollo, marcos conceptuales y mapas de proceso para la implementación de estos sistemas BIM e IPD, sin embargo, la falta de ejecución de estos modelos en situaciones académicas y en la práctica profesional impide comprobar si efectivamente aportan con el desarrollo de la industria.

Colombia tiene muy arraigado el método tradicional impidiendo el avance de la industria de la construcción. Un gran déficit de información en el tema tratado demuestra la necesidad de adaptar nuevos métodos de entrega de proyectos con la finalidad de ser competitivos en el campo. Dos documentos apoyaron la investigación, uno presentado por la Universidad de los Andes en Bogotá quien es el principal promotor, puesto que implemento un curso con la vinculación de BIM e IPD en el currículo de ingeniería civil para mejorar el desempeño de sus estudiantes preparándolos para la vida laboral; el otro documento fue aportado por la Universidad Industrial de Santander.

Colombia requiere implementar este tema principalmente en la educación para fomentar su aplicación.

Por último, el desarrollo del sistema educativo debe adoptar un enfoque más colaborativo en la enseñanza y la investigación, redefiniendo los planes de estudio profesional para adaptarse al nuevo contexto de enfoques integrados; definir los riesgos, responsabilidades, expectativas, objetivos del proyecto y responsabilidades al negociar contratos de IPD, para hacer frente a nuevas investigaciones que faciliten su familiarización; buscar nuevos factores que impacten el tiempo de coordinación; apuntar a estándares BIM para facilitar la interoperabilidad con IPD; cambio en la cultura de la industria que promueva la construcción ecológica, entrenamiento y educación dada la escasez de personal en el campo; incorporar BIM en el plan de estudios de programas orientados a la construcción; reconocer como tendencia internacional el *Green Building*, determinar el efecto de la integración del equipo y la cohesión del grupo en el rendimiento de la sostenibilidad y la seguridad; solucionar los problemas de interoperabilidad entre plataformas de colaboración; investigar cómo superar barreras para implementar colaboraciones trilaterales; fomentar la aplicación de contratos que involucren a las dos partes disminuyendo el miedo y riesgo de su implementación; incentivar a las empresas aseguradoras a adaptar seguros que incentiven el uso de este y nuevos métodos que generen desarrollo en la industria de la construcción; establecer directrices que promuevan la formación de los agentes que hacen parte del proceso de vinculación IPD y BIM, probando herramientas adicionales, complementando la educación con la introducción gradual de nuevas metodologías que impulsen el crecimiento del sector industrial; dirigir la atención al papel del compromiso, dado que los participantes altamente comprometidos están motivados para participar activamente en las conductas de comunicación; promover la vinculación de BIM e IPD con otras metodologías o herramientas como Lean Construction, el proceso de

diseño del valor objetivo (TVD), plataformas MGSV / BOX, libro de obra digital (LOD), generación de cuenta de cantidades (BOQ), computación en la nube (cloud computing), la gestión de instalaciones o facility management (FM), construcción de cero energía (ZNE), método Green Building Challenge (GBC), el aprendizaje basado en el equipo o Team-based learning (TBL), la metodología aprendizaje en base a proyectos (PBL), Soluciones integradas de diseño y entrega (IDDS) y promover el uso de nuevas tecnologías como el software BES (simulación energética), Realidad Virtual, Realidad Aumentada, entre otros, siendo las principales tendencias investigativas.

“Si queremos un verdadero trabajo en equipo en nuestros proyectos con la finalidad de ganar, tenemos que desarrollar formas de crear confianza, compromiso, valores compartidos, comunicación y respeto a las personas” (Bach, 2015).

Referencias Bibliograficas

- Abeyratne, A., & Jayasena, H. S. (2016). The reshuffle of risks from implementing BIM based Integrated Project Delivery in Sri Lankan construction industry. *The Second World Construction Symposium 2013: Socio-Economic Sustainability in Construction*, (June), 441–450.
- AHBABI, M. S. AL. (2014). Process Protocol for the Implementation of Integrated Project Delivery in the Uae: a Client Perspective. *School of the Built Environment, College of Science and Technology University of Salford, Salford, UK*, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Allen Consulting Group. (2010). Productivity In The Buildings Network: Assessing The Impacts Of Building Information Models. Report to the Built Environment Innovation and Industry Council. *BIM-Aus*, (October). Retrieved from http://www.innovation.gov.au/Industry/BuildingandConstruction/BEIIC/Documents/BIM_Productivity_FinalReport.pdf
- Ariffin, H. L. T., Cun, K. C., Raslim, F. M., & Mustaffa, N. E. (2017). Factors concerning procurement selection in Building Information Modelling (BIM) projects. *International Conference on Research and Innovation in Information Systems, ICRIIS*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2017.8002464>
- Azhar, N., Kang, Y., & Ahmad, I. U. (2014). Factors influencing integrated project delivery in publicly owned construction projects: An information modelling perspective. *Procedia Engineering*, 77, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.019>
- Azhar, N., Kang, Y., Asce, M., Ahmad, I., & Asce, F. (2014). Critical Look into the Relationship between Information and Communication Technology and Integrated Project Delivery in Public Sector Construction. *Management in Engineering*, 31(Aia 2010). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000334](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000334).
- Bach, M. (2015). The Project Coach: The New Role of the Project Manager for the Future Due to the News Tools Like Building Information Modelling, Integrated Project Delivery, Last

- Planner and Others. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 390–396.
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-7790-3>
- Becerik-gerber, B., Des, D., & Kent, D. (2009). Implementation of Integrated Project Delivery and Building Information Modeling on a Small Commercial Project, (ConsensusDOCS).
- Bomba, M. B., & Parrott, B. (2010). Integrated project delivery and building information modeling : A new breed of contract. *PCI Journal*2, 146–153.
- Bynum, P., Issa, R. R. A., & Olbina, S. (2013). Building information modeling in support of sustainable design and construction. *American Society of Civil Engineers*, 139(1), 24–34.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000560](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000560).
- Cambeiro, F. P., Barbeito, F. P., Castaño, I. G., Bolívar, M. F., & Rodríguez, J. R. (2014). Integration of agents in the construction of a single-family house through use of BIM technology. *Procedia Engineering*, 69, 584–593.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.029>
- Čepková, B. J. (2016). *Guide for IPD adoption: Improvements required in the contractual and managerial process to increase productivity within construction projects*.
- Chang, C.-Y., Pan, W., & Howard, R. (2015). Will the Application of Building Information Modeling Increase Acceptance of Integrated Delivery Systems in China?, 1–34.
- Chang, C. (2016). How to incentivize BIM participation ? conceptual framework and empirical evidence. *Manuscript for the ASCE Journal of Management in Engineering*, 1–19.
- Chang, C., Pan, W., & Howard, R. (2017). Impact of Building Information Modeling Implementation on the Acceptance of Integrated Delivery Systems : Structural Equation Modeling Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 1–10.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001335](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001335).
- Cholakis, P., & Cooley, L. (2013). Efficient Project Delivery: BIM, IPD, JOC, Cloud Computing and More. *Journal of Architectural Engineering Technology*, 02(01), 1–5.
<https://doi.org/10.4172/2168-9717.1000107>

- Díaz, H. P., Giovanny, O., Rivera, S., Alberto, J., & Guerra, G. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1), 1794–4953.
- Duque Carmona, S. D. (2014). *Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación*.
- Eley, C. (2016). Making It All Work : Integrated Project Delivery , Commissioning , Intelligent Controls , and Mobile Devices. *Design Professional's Guide to Zero Net Energy Buildings*, 111–135.
- Esther Paik, J., Miller, V., Mollaoglu, S., & Aaron Sun, W. (2017). Interorganizational Projects: Reexamining Innovation Implementation via IPD Cases. *Journal of Management in Engineering*, 33(5), 1–15. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000524](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000524)
- Fadeyi, M. O. (2017). The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 711–722. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.08.003>
- Fakhimi, A. H., Sardroud, J. M., & Azhar, S. (2016). How can lean, IPD and BIM work together? *ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, (Isarc), 67–75. <https://doi.org/10.22260/ISARC2016/0009>
- Fakhimi, A., Sardrood, J. M., Mazrouie, A., Ghoreishi, S. R., & Azhar, S. (2017). Is Ipd Made Adequate Infrastructure for Utilizing Lc and Bim? *The 1st International & 3rd National Conference of Construction & Project Management*, (April).
- Farias Stipo, F. J. (2015). A standard design process for sustainable design. *Procedia Computer Science*, 52(1), 746–753. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.121>
- Fien, J., & Winfree, T. (2014). Drivers of change in construction training: How significant is the sustainability agenda? *Prospects*, 44(2), 211–219. <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9304-3>

- Forbes, L., Ahmed, S. M., & Batie, D. L. (2014). Incorporating lean in CM education to improve the construction industry - proposing a model. *50th ASC Annual International Conference Proceedings*, 1–8.
- Forgues, D., & Becerik-Gerber, B. (2013). Integrated project delivery and building information modeling: Redefining the relationship between education and practice. *International Journal of Design Education*, 6(2), 47–56.
- Forgues, D., & Iordanova, I. (2010). An IDP-BIM Framework for Reshaping Professional Design Practice. *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice*, (514), 172–182.
- Franklin D. Lancaster, J. T. (2010). Integrated Project Delivery: Next-Generation BIM for Structural Engineering. *Structures Congress 2010*, 2809–2818. [https://doi.org/10.1061/41130\(369\)254](https://doi.org/10.1061/41130(369)254)
- Franz, B., Leicht, R., Molenaar, K., & Messner, J. (2010). Impact of Team Integration and Group Cohesion on Project Delivery Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016088-6(1), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001219).
- Gandhi, S., & Jupp, J. R. (2013). Characteristics of green BIM: Process and information management requirements. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 409, 596–605. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41501-2_59
- Ghosh, S., Pishdad-Bozorgi, P., & Bhattacharjee, S. (2014). Intersection of Prevention through Design (PtD) and Integrated Project Delivery (IPD).
- Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009). IPD and BIM : Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *45th Associated Schools of Construction National Conference*, (Davis 2003), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>
- Govender, K., Nyagwachi, J., Smallwood, J. J., & Allen, C. J. (2018). The awareness of integrated project delivery and building information modelling - facilitating construction projects. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 13(01), 121–129. <https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-121-129>

- Gregory, A., Herrmann, M. M., Miller, B., & Moss, J. (2013). Integrated Practice and Architecture Education: The Evolution of a Pedagogy. *The Visibility of Research*, 310. Retrieved from <http://www.academia.edu/download/31120648/redirect.pdf#page=328>
- Gutierrez-Bucheli, L. A., Mayorga Caldarón, M. C., Londoño-Acevedo, M. C., & Ponz-Tienda, J. L. (2016). Bim and Ipd As Vehicle in the Teaching and Learning Process of Project Delivery in Civil Engineering. *9th Annual International Conference of Education, Research and Innovation*, (November), 192–201. <https://doi.org/10.21125/iceri.2016.1043>
- Halttula, H., Aapaoja, A., & Haapasalo, H. (2015). The Contemporaneous use of Building Information Modeling and Relational Project Delivery Arrangements. *Procedia Economics and Finance*, 21(15), 532–539. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00209-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00209-9)
- Hampson, K., & Kraatz, J. (2013). Modelling, collaboration and integration: A case study for the delivery of public buildings. *Proceedings of the 19th CIB World Building Congress: Construction and Society*, 1–12.
- He, Q., Wang, G., Luo, L., Shi, Q., Xie, J., & Meng, X. (2017). Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. *International Journal of Project Management*, 35(4), 670–685. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.001>
- Holland, J. K. (2009). Is the Insurance Industry Meeting the Needs of Integrated Practice ? Insurability of Risks in the Marriage of IPD and BIM. *American Bar Association*, 1–24.
- Holland, R., Messner, J., Parfitt, K., Poerschke, U., & Pihlak, M. (2010). Integrated Design Courses Using BI M as the Technology Platform. *The BIM-Related Academic Workshop*, 1–12.
- Holland, R., Wing, S., & Goldberg, D. (2013). Interdisciplinary collaborative bim studio. *BIM Academic Symposium*, 1–8.
- Hore, A. V, Thomas, K., CULLEN, F., & MONTAGUE, R. (2011). Advancing the Use of BIM Through a Government Funded Construction Industry Competency Centre in Ireland. *28th International Conference , Paris*, (Ciicc), 9. Retrieved from <http://arrow.dit.ie/beschrecon>

- Huang, K. W. (2014). Application of BIM in Project Management. *Applied Mechanics and Materials*, 496–500, 2836–2839. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.496-500.2836>
- Hwa, M., & Wook, J. (2015). An Analysis of IPD Education Based on BIM in a Korean Universities. *Journal of KIBIM*, 11–18.
- Ilozor, B. D., & Kelly, D. J. (2012). Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry: A Conceptual Study. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 2(1), 23–36.
- Jang, S., & Lee, G. (2018). Impact of organizational factors on delays in BIM-based coordination from a decision-making view: a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(1), 19–30.
- Jia, C., & Wang, Z. (2017). Research on the Innovation of Government Investment Projects Management Model under BIM Situation. *ICCREM*, (Patrinos 2000), 62–70.
- Jones, B. (2014). Integrated project delivery (IPD) for maximizing design and construction considerations regarding sustainability. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 528–538. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.214>
- Judy, A. (2012). Leveraging R&D for the Australian built environment phase 2 – case studies part 4 - case 3 – from CADD to IPD. *Copyright 2012 Sustainable Built Environment National Research Centre*, 1–42.
- Kahvandi, Z., Saghatforoush, E., Alinezhad, M., & Noghli, F. (2017). Integrated Project Delivery (IPD) Research Trends. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 7(2), 99–114.
- Kasun, I. M., & Suranga, H. J. (2013). The reshuffle of contractual liabilities by implementing Integrated Project Delivery (IPD) in Building Information Modelling (BIM) based construction. *The Second World Construction Symposium 2013: Socio-Economic Sustainability in Construction*, 5, 3–8.

- Kelly, D. J. (2015). Investigating the Relationships of Project Performance Measures with the Use of Building Information Modeling (BIM) and Integrated Project Delivery (IPD). *ProQuest*, 1–160. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kent, D. C., & Becerik-gerber, B. (2010). Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815–825. <https://doi.org/10.1061/ASCECO.1943-7862.0000188>
- Kiani, I., & Alerasoul, S. (2013). The Barriers and Implementation of Building Information Modeling (BIM) based on Integrated Project Delivery (IPD) In the Construction Industry., (December 2015).
- Kim, Y.-W., & Dossick, C. S. (2009). What makes the delivery of a project integrated? a case study of Children's Hospital, Bellevue, WA, (January 2014), 1–13.
- Kim, Y.-W., & Dossick, C. S. (2011). What makes the delivery of a project integrated? Case study of Children's Hospital, Bellevue. *Lean Construction Journal*, 53–66.
- Kulkarni, S. B., & Mhetar, G. (2017). Cost Control Technique Using Building Information Modeling (BIM) For a Residential Building. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 324–330.
- Kurul, E., Abanda, H., Tah, J. H., & Cheung, F. (2013). Rethinking the Build Process for BIM Adoption. *CIB World Building Congress Construction and Society*, (September 2015). Retrieved from https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC27446.pdf
- Li, X., Li, Z., & Wu, G. (2017). Modular and Offsite Construction of Piping: Current Barriers and Route. *Applied Sciences*, 7(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app7060547>
- Liu, M. (2013a). Investigation of the Impact of BIM&IPD on Change Orders Using Bayesian Network Method. *Applied Mechanics and Materials*, 397–400, 2064–2068. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.397-400.2064>
- Liu, M. (2013b). The Application Of BIM And IPD In Public Design And Construction. *Polytechnic Institute of New York University*, (January), 180.

- Liu, M., Griffis, F., & Bates, A. (2013). Connecting technology , industry and research: a mechanism of curriculum integration for BIM. *Department of Civil Engineering, Polytechnic Institute of NYU*, 1–7.
- MA, C., LI, X., & MENG, Y. (2014). Study on the Application of BIM Technology in Construction Projects under IPD Mode. *ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology* © ASCE 2014, (2010), 229–236. <https://doi.org/10.1061/9780784413777.028>
- Ma, J., Ma, Z., & Li, J. (2017). An IPD-based incentive mechanism to eliminate change orders in construction projects in China. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(7), 2538–2550. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0957-3>
- Ma, Z., & Ma, J. (2015). Function requirements of BIM-based collaborative work platform supporting IPD projects. *Creative Construction Conference*, (November), 1–11.
- Ma, Z., & Ma, J. (2017). Formulating the application functional requirements of a BIM-based collaboration platform to support IPD projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(6), 2011–2026. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0875-4>
- Ma, Z., & Zhang, D. (2015). Design of system architecture of BIM-based collaborative work platform supporting IPD projects. *Creative Construction Conference*, (November), 1–9.
- Ma, Z., Zhang, D., & Li, J. (2018). A dedicated collaboration platform for Integrated Project Delivery. *Automation in Construction*, 86(October 2017), 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.024>
- Macdonald, J., Mills, J., & Sydney, T. (2013). An IPD approach to construction education. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 13(2), 93–103. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v13i2.3324>
- Manning, R. T. (2012). Challenges , Benefits , & Risks Associated with Integrated Project Delivery and Building Information Modeling. *The Faculty of the Graduate School of The University of Kansas in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master's of Science*, 1–47.

- Mei, T., Wang, Q., Xiao, Y., & Yang, M. (2017). Rent-seeking behavior of BIM- and IPD-based construction project in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(3), 514–536. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2015-0178>
- Monteiro, A., Mêda, P., & Poças Martins, J. (2014). Framework for the coordinated application of two different integrated project delivery platforms. *Automation in Construction*, 38, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.11.003>
- Morton, P. J., & Thompson, E. M. (2011). Uptake of BIM and IPD within the UK AEC Industry: The Evolving Role of the Architectural Technologist. *Built and Natural Environment Research Papers Built and Natural Environment Research Papers*, 4(2), 275–286. Retrieved from <http://www.northumbria.ac.uk/static/5007/bepdf/vol...>
- Mossman, A., Ballard, G., & Pasquire, C. (2013). Lean Project Delivery — innovation in integrated design & delivery. *The Design Manager's Handbook.*, 165–190. <https://doi.org/10.13140/2.1.2713.2804>
- Mount, R. (2013). Delivering Sustainable Buildings at Market Rate. *Center for Energy Efficient Design (CEED)*, 110–115. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5440-9>
- Nawi, M. N. M., Haron, A. T., Hamid, Z. A., Kamar, K. A. M., & Baharuddin, Y. (2014). Improving Integrated Practice through Building Information Modelling-Integrated Project Delivery (BIM-IPD) for Malaysian Industrialised Building Systems (IBS) Construction Projects. *Malaysia Construction Research Journal (MCRJ)*, 15(2), 1–15.
- Neve, H. H., Wandahl, S., Kaeseler, S. M., & Tandrup, A. (2017). Integrating Ipd and Exploring Potentials. *33rd Annual ARCOM Conference, Association of Researchers in Construction Management*, (September), 154–163.
- Nofera, W., Korkmaz, S., & Miller, V. (2011). Innovative features of integrated project delivery shaping project team communication. *The 2011 Engineering Project Organizations Conference*, 1–16.
- O'Connor Jr., P. J. (2009). Integrated Project Delivery: Collaboration through New Contract Forms. *Faegre & Benson, LLP*, 1–59.

- Ogbamwen, J. (2016). Gestión De Proyectos De Construcción Mediante Building Information Modeling (Bim) E Integrated Project Delivery (Ipd). Análisis Y Estudio De Dos Casos En Ee . Uu. *Universidad Politécnica de València*.
- Otani, J. S. and R. K. (2012). Advanced computational modeling in multidisciplinary design. *20th Analysis and Computation Specialty Conference*, 231–244.
- Parente, R. V. (2017). Essay on the Impact of Integrated Project Delivery in the Construction Industry – General Guidelines. *Master’s Student of Civil Engineer at FEUP (University of Porto)*, (January).
- PERDOMO, J. L., & CAVALLIN, H. (2014). Transforming Building Design through Integrated Project Delivery in Architectural and Engineering Education. *Construction Research Congress 2014*, (2008), 140–149. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.176>
- Pishdad-Bozorgi, P., Moghaddam, E.H. and Karasulu, Y. (2013). Advancing target price and target value design process in IPD using BIM and risk-sharing approaches. In *ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE & CIB COMMISSION*, (Vol. 89, 49). Retrieved from <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2013/paper/CPRT115002013.pdf>
- Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C., & Self, A. P. (2018). Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction*, 87(October 2017), 22–38. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.004>
- Pishdad, P. B., Candidate, P. D., & Beliveau, Y. J. (2011). Integrating Multi-Party Contracting Risk Management (MPCRM) Model with Building Information Modeling (BIM). *CIB W78 27th International Conference on Applications of IT in the AEC Industry*, (2010), 1–10.
- Poerschke, U., Holland, R., Messner, J., & Pihlak, M. (2010). Educating the Master Building Team : Leveraging BIM to Enable the Development of Collaborative Knowledge. *Int. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering*, 1–8.
- Pommer, E., Horman, M., Messner, J. I., & Riley, D. (2010). A Unified Process Approach to Healthcare Project Delivery: Synergies between Greening Strategies, Lean Principles and BIM. *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice*, 1376–1385.

- Rahim, S., Infra, B. D. B., Akmar, F., Nifa, A., Utara, U., Nasrun, M., ... Assessment, E. C. (2015). Improving Construction Industry Through Integrated Project Delivery (IPD). *BinaTECH*, Vol.1_27-3(September).
- Raisbeck, P., Millie, R., & Maher, A. (2010). Assessing integrated project delivery: A comparative analysis of IPD and alliance contracting procurement routes. *26th Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2010*, (September), 1019–1028. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84857013760&partnerID=40&md5=db024b80c7523ad8669a6b6cc7c63466>
- Ribeiro, D. C. (2012). Avaliação Da Aplicabilidade Do Ipd Em Portugal, (1), 1–8.
- Rowlinson, S. (2017). Building information modelling, integrated project delivery and all that. *Construction Innovation*, 17(1), 45–49. <https://doi.org/10.1108/CI-05-2016-0025>
- S, S., & M.E. (2016). A Study of Role of Building Information Modeling in Life Cycle Based Integrated Project Delivery Process. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1305–1309.
- Saieg, P., Dominguez, E., Nascimento, D., & Goyannes, R. (2018). Interactions of Building Information Modeling , Lean and Sustainability on the Architectural , Engineering and Construction industry: A systematic review. *Cleaner Production*, 174, 788–806. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>
- Sebastian, R. (2011). Bim in different methods of project delivery. *International Conference – Sophia Antipolis, France*, 26–28.
- Seo, J.-H., Lee, B.-R., Kim, J.-H., & Kim, J.-J. (2012). Collaborative Process to Facilitate BIM-based Clash Detection Tasks for Enhancing Constructability. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 12(3), 299–314. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2012.12.3.299>
- Shapoorian, B., & Molav, J. (2013). Implementing an interactive program of BIM applications for graduating students. *Icsdec*, (2011), 818–825. <https://doi.org/10.1061/9780784412688.108>
- Singh, V. (2013). Challenges for integrated design and delivery teams in AEC. *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, (July), 641–650.

- Solnosky, R., Asce, S. M., Parfitt, M. K., Asce, M., & Holland, R. J. (2014). IPD and BIM – Focused Capstone Course Based on AEC Industry Needs and Involvement. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(4), 1–11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000157](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000157).
- Solnosky, R. L., & Parfitt, M. K. (2015). A Curriculum Approach to Deploying BIM in Architectural Engineering. *AEI*, (Nibs 2007), 651–662.
- Solnosky, R., Parfitt, K., Holland, R., Leicht, R., & Messner, J. (2011). Team Integration through a Capstone Design Course Implementing BIM and IPD. *Academic Best Practices/Implementing BIM into Higher Education Curriculum, National Institute of Building Sciences, Annual Meeting/EcoBuild America Conference*, 1–9.
- Solnosky, R., Parfitt, M. K., & Holland, R. (2015). Delivery methods for a multi-disciplinary architectural engineering capstone design course. *Architectural Engineering and Design Management*, 11(4), 305–324. <https://doi.org/10.1080/17452007.2014.925418>
- Tahrani, S., Poirier, E. A., Aksenova, G., & Forgues, D. (2015). Structuring the adoption and implementation of BIM and integrated approaches to project delivery across the Canadian AEC industry : Key Drivers from Abroad. *5th International/11th Construction Specialty Conference (ICSC'15)*, 1–10.
- Talebi, S. (2014). Rethinking the project development process through use of BIM. *2nd BIM International Conference on Challenges to Overcome*, 1–19.
- TATUM, C. B., & LUTH, G. P. (2012). Integrating Structural and Construction Engineering. *Value Creation Chain for Going Green: Evidence From The Construction Industry*, (Chinowsky 2011), 376–385. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.146>
- Teng, J. Y., Wu, X. G., Zhou, G. Q., Zhao, W. J., & Cao, J. (2012). Study on Integrated Project Delivery Construction Project Collaborative Application Based on Building Information Model. *Advanced Materials Research*, 621, 370–374. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.621.370>
- Teng, Y., Li, X., Li, H., Li, S., Xu, B., & Wang, J. (2017). Research on Profit Distribution of IPD Project's Participants Based on Cooperative Game Theory. *Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, 1045–1056. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0855-9>

- Teng, Y., Li, X., Wu, P., & Wang, X. (2017). Using cooperative game theory to determine profit distribution in IPD projects. *International Journal of Construction Management*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1358075>
- Trollsås, B. C. (2014). Implementing BIM and IPD: Focused on Refurbishment Projects in the Norwegian Construction Industry. *KEA - Copenhagen School of Design and Technology*, 1–39.
- Uihlein, M. S. (2015). Structural Integration in Practice: Constructing a Framework from the Experiences of Structural Engineers. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 1–8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000224](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000224)
- Umar, U. A., Shafiq, N., Malakahmad, A., Nuruddin, M. F., Khamidi, M. F., Farhan, S. A., & Gardezi, S. S. S. (2015). 4D BIM application in AEC industry: Impact on integrated project delivery. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 10(5), 547–552. <https://doi.org/10.19026/rjaset.10.2462>
- Wong, K., & Fan, Q. (2013). Building information modelling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*, 31(3/4), 138–157. <https://doi.org/10.1108/02632771311299412>
- Wright, J. A. (2012). The integration of building information modeling and integrated project delivery into the construction management curriculum. *ASEE Annual Conference*, 1–14. Retrieved from <https://peer.asee.org/22074>
- Wu, W., & Issa, R. R. A. (2015). BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case. *Journal of Management in Engineering*, 31(1), 1–18. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000314](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314)
- Xie, H., Shim, E., & Schmidt, K. (2017). Integrated Project Delivery and Team Based Learning in Bim Education. *BIM Academic Symposium*, 1–116.
- Xie, H., Tramel, J. M., & Shi, W. (2011). Building information modeling and simulation for the mechanical, electrical, and plumbing systems. *Proceedings - 2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering, CSAE 2011*, 3, 77–80. <https://doi.org/10.1109/CSAE.2011.5952637>

- Yang, Z., & Wang, G. (2009). Cooperation between Building Information Modeling and Integrated Project Delivery Method Leads to Paradigm Shift of AEC Industry. *Management and Service Science, 2009. MASS '09. International Conference On*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5305337>
- Yokoi, K., Fukuda, T., Yabuki, N., & Motamedi, A. (2016). Integrating CFD and AR for Indoor Thermal Environmental Design Feedback. *Proceedings of the 11th ISAIA*, (June), 111–114.
- Yuri, A., & Pila, G. (2016). Integrated Project Delivery (IPD): Un marco integrador. *Civilizate*, 40–43.
- Zhang, Y. G. Y. L. and Y. (2016). Research on the Application of an IPD Model Based on BIM in an Urban Village Project. *International Conference on Construction and Real Estate Management ICCREM*, (Lock 2007), 342–350.

Apéndices

Apéndice 1. Integrated Project Delivery (IPD)

Historia

La historia del desarrollo del diseño integrado cuenta con un origen un poco disperso (Ribeiro, 2012). Sin embargo, el Lean Construction Institute (LCI), que es una coalición de académicos, consultores, grandes proveedores de software y contratistas de diferentes disciplinas con base en el sur de California, parece ser un punto clave para la transferencia y diseminación de estas ideas en la construcción. Además, muchos de los primeros documentos sobre IPD parecen haber surgido del LCI a través de su revista. Gregory Howell, cofundador de LCI, señala que el nombre IPD tiene marca registrada en los EE.UU. Y señala que Owen Matthews, de Westbrook Airconditioning, lo utilizó por primera vez en Orlando Florida antes de 2005. Howell observa que IPD no se inspiró en Alliancing, pero tiene mucho en común con él (Raisbeck et al., 2010).

Cabe mencionar que el sistema se utiliza desde 2005, con muchos proyectos exitosos a nivel mundial en países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Japón, Finlandia, Australia, entre otros (Yuri & Pila, 2016).

Características

Las características principales de IPD son (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014; A. H. Fakhimi et al., 2016; Hampson & Kraatz, 2013; MA et al., 2014; Yang & Wang, 2009):

- La participación temprana de participantes clave

- Compartir riesgos y recompensas
- Contrato multipartita
- Toma de decisiones y control en colaboración
- Exenciones de responsabilidad entre los participantes clave
- Objetivos de proyecto desarrollados y validados conjuntamente

Principios

Los autores utilizan los siguientes principios comunes para definir IPD (Abeyratne & Jayasena, 2016; AHBABI, 2014; Čepková, 2016; A. Fakhimi et al., 2017; Kasun & Suranga, 2013; Kent & Becerik-gerber, 2010; Morton & Thompson, 2011; Nawi et al., 2014; Ribeiro, 2012):

- Respeto mutuo y confianza
- Beneficio mutuo y recompensa
- Innovación colaborativa y toma de decisiones
- Participación temprana de los profesionales clave
- Definición temprana del objetivo
- Planificación intensificada
- Comunicación abierta
- Tecnología apropiada
- Organización y liderazgo
- Acuerdo multipartidista
- Riesgo y recompensa compartidos
- Participantes unidos como iguales
- Transparencia fiscal entre los participantes clave

Beneficios

Los beneficios de proyectos IPD son (A. H. Fakhimi et al., 2016):

- ✓ Reducir o eliminar los conflictos en el equipo del proyecto
- ✓ Optimizar los esfuerzos de la fuerza de trabajo
- ✓ Mejorar la comunicación y el entendimiento entre los participantes del proyecto
- ✓ Dar lugar a una definición más clara de los objetivos del proyecto
- ✓ Crear incentivos para que los resultados sean excepcionales
- ✓ Reducir los residuos mediante una mejor planificación y costos compartidos
- ✓ Mejorar los plazos de entrega de proyectos
- ✓ Reducir los costos de operación y mantenimiento del proyecto terminado
- ✓ Reducir las solicitudes de interpretación (RFI) del contratista
- ✓ Facilitar el intercambio de recompensas y los riesgos entre las partes interesadas
- ✓ Animar al equipo a tomar un enfoque más amplio y creativo para hacer frente a las necesidades del cliente.

Desafíos y barreras

Principales barreras para la implementación de IPD y retos en el proceso son (Bomba & Parrott, 2010; A. H. Fakhimi et al., 2016):

- ✓ Habilidades y protocolos de comunicación
- ✓ Miedo y resistencia a los cambios
- ✓ La voluntad y el conocimiento de la organización
- ✓ La superación de décadas de desconfianza y entrega de proyectos tradicionales
- ✓ Las ganancias están en riesgo en caso de no ejecutarse correctamente IPD
- ✓ No hay seguros disponibles

- ✓ La falta de decisiones judiciales que sientan precedentes puede generar incertidumbre
- ✓ Problemas legales (Responsabilidad, riesgos y seguros)

Principales agentes

Se destacan los principales roles y responsabilidades de un proyecto IPD (AHBABI, 2014)

Consultores

- ✓ Liderar y participar activamente en el proceso de diseño donde también participarán otros miembros del equipo.
- ✓ Las interacciones frecuentes con otros miembros del equipo durante la fase de diseño.
- ✓ Una responsabilidad adicional de rastrear a lo largo de la fase de diseño tanto el estado de las iteraciones proporcionadas a otros miembros del equipo como la naturaleza y sustancia de la información recibida de ellos.

Contratistas

- ✓ Proporcionar servicios estratégicos tales como la producción de cronogramas, la estimación de costos, las fases, la evaluación de sistemas, las revisiones de constructabilidad y los programas de compras anticipadas en las primeras etapas de participación.
- ✓ Proporcionar experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto.
- ✓ Proporcionar, de forma continua, la estimación de servicios y/o servicios de diseño de valor objetivo durante la fase de diseño.

Cliente

- ✓ Participa activamente en la evaluación e influencia de las opciones de diseño.
- ✓ Participar en el establecimiento de alternativas de diseño en una etapa más temprana que la típica en un proyecto tradicional.

- ✓ Involucrado más a menudo para ayudar a resolver problemas que surgen en los detalles relacionados con el proyecto y se le requiere que actúe rápidamente en este aspecto para permitir que el proyecto continúe de manera eficiente.

Áreas primarias de IPD

Las áreas primarias se describen a continuación (Jones, 2014; Rahim et al., 2015):

- ✓ Principios contractuales IPD (acuerdo multipartidario)
- ✓ El uso de un sistema de construcción de Lean
- ✓ Co-ubicación: nace el concepto de “Big Room”, en el que todos los participantes en los proyectos clave, incluyendo el cliente, trabajan en conjunto en la misma habitación para definir los objetivos de sostenibilidad y de costos para el proyecto.
- ✓ Papel de facilitadores de formación de equipos
- ✓ La entrega del proyecto de colaboración

Microestructura de un proyecto integrado

En la microestructura IPD, se explican las bases para un correcto funcionamiento de este sistema de gestión (Duque Carmona, 2014; Yuri & Pila, 2016)

Diseño de trabajo

IPD utiliza herramientas Lean para llevar a cabo esta etapa. Usa el Set Based Design para escoger la mejor opción de diseño de varias alternativas bien desarrolladas; el Pull Planing, para diseñar el flujo de producción; el Value Stream Mapping, para encontrar y minimizar pérdidas; el análisis A3, para la mejora continua; la constructabilidad, para obtener diseños más fáciles de construir; la colaboración Big Room, para colocar a los intervinientes y tomar decisiones conjuntas; la Gestión Visual, para mejorar la interpretación; el Target Value Design (TVD), para diseñar en función a un costo objetivo; el Last Planner System, para actualizar la producción; entre

otras herramientas. Se busca, con todo ello, lograr la efectividad del trabajo en el esquema IPD (Duque Carmona, 2014; Yuri & Pila, 2016).

Diseño del equipo

Dado que la mayor parte de las veces el trabajo con IPD se hace en equipos, es preciso encontrar a las personas adecuadas para el trabajo colaborativo en extremo. Hay una relación directa entre el diseño de trabajo y del equipo, pues el segundo es formado en relación a cómo el trabajo será realizado. De esta manera, el IPD busca, para proyectos grandes y complejos, equipos interdisciplinarios y funcionales, que sean capaces de resolver situaciones por su cuenta, de innovar, aprender y crear valor. En IPD, la opinión de todos los integrantes del equipo es válida, no hay una jerarquización a la hora de tomar decisiones (Duque Carmona, 2014; Yuri & Pila, 2016).

Diseño de la información

El manejo apropiado de la información genera mejor comprensión del proyecto y posibilita la toma rápida y óptima de decisiones. Por ello, es necesario desarrollar 4 áreas principales para la gestión de la información (Duque Carmona, 2014; Yuri & Pila, 2016):

- ✓ Flujo de la comunicación: permite establecer quién se comunica con quién, cómo lo hace, y en qué momento lo hace y documenta.
- ✓ Infraestructura de la comunicación: permite definir qué espacios se requieren para las reuniones, así como la tecnología de almacenamiento, las herramientas (tablets, por ejemplo), permisos o licencias requeridas.
- ✓ Building Information Modelling (BIM): modelo que permite la interpretación de toda la información del proyecto a través de una computadora. Con esto, se facilita y homogeniza la información, se toman decisiones bien entendidas y se modelan las soluciones.

- ✓ Modelación financiera: permite proveer información del estado real del proyecto en cualquier momento, y determinar si se gana valor con las actividades que se realizan o se piensan realizar.

Fases de IPD

Las fases de IPD son (Čepková, 2016; Morton & Thompson, 2011):

- ✓ Fase de Conceptualización
- ✓ Fase de criterios de diseño (Desarrollo del diseño esquemático)
- ✓ Fase de diseño detallado (Desarrollo del diseño ampliado)
- ✓ Fase de Implementación de Documentos (Documentos de construcción)
- ✓ Fase de revisión de Agentes
- ✓ Fase de Adquisición
- ✓ Fase de Construcción
- ✓ Fase de Liquidación
- ✓ Gestión de las Instalaciones

Sistema tradicional de gestión de proyectos vs IPD

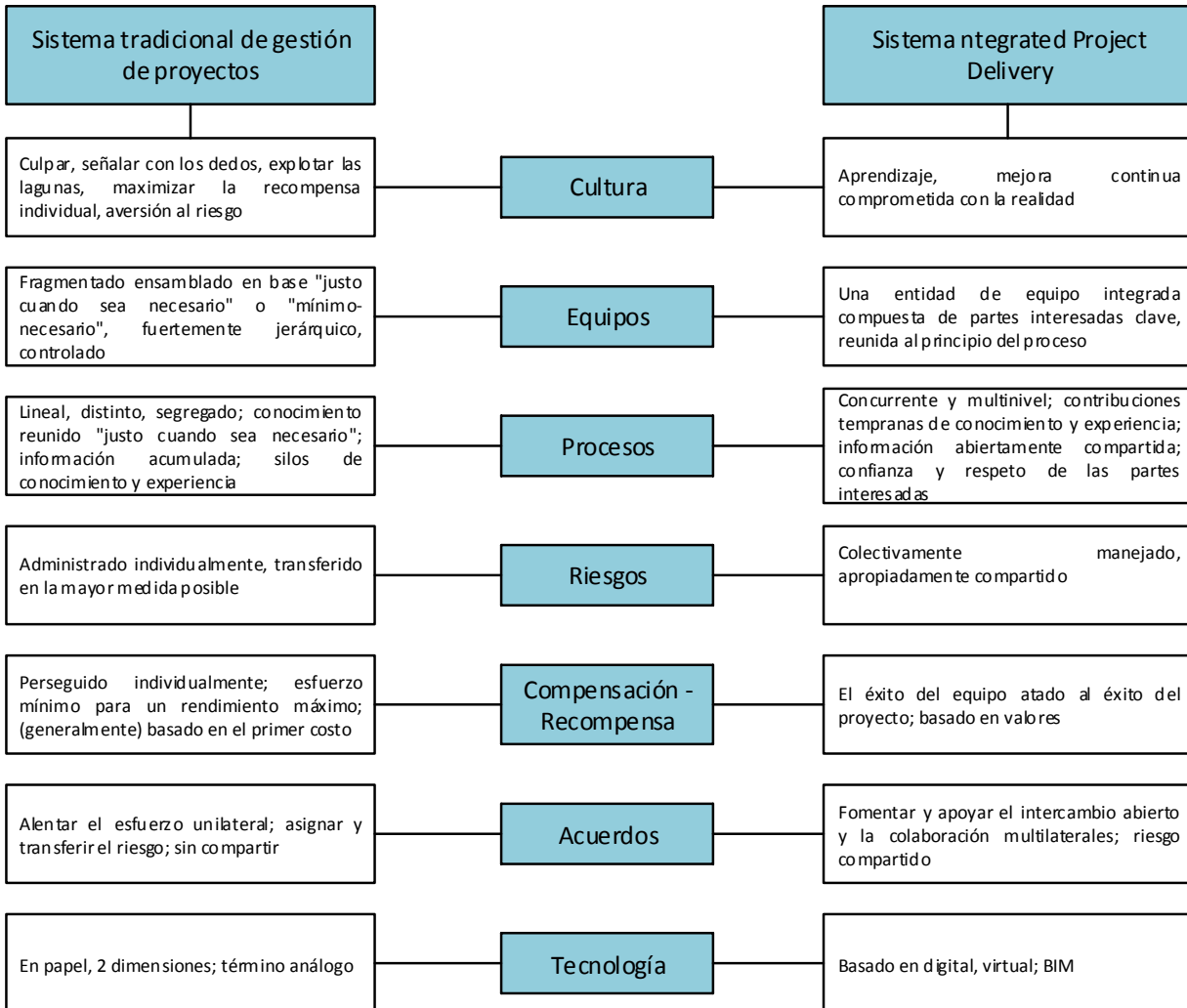


Figura 10. Diferencias entre sistema tradicional de gestión de proyectos y sistema de entrega integrada (IPD). Fuente: Recopilación de información de documentos (Abeyratne & Jayasena, 2016; Duque Carmona, 2014; Ilozor & Kelly, 2012; Kasun & Suranga, 2013; Mossman et al., 2013; Ogbamwen, 2016).

Modelo tradicional de ejecución de proyectos vs modelo integrado IPD

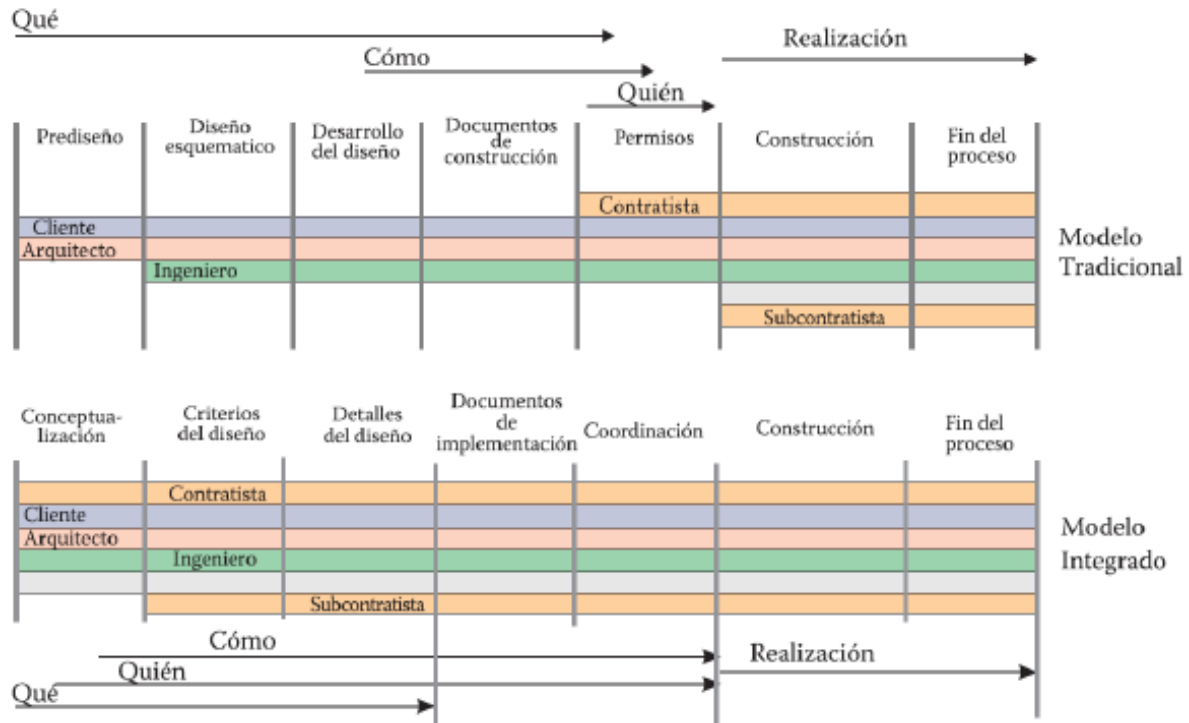


Figura 11. Modelo tradicional vs Modelo integrado IPD. Fuente: Documento “Gestión De Proyectos De Construcción Mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)” (Ogbamwen, 2016).

Apéndice 2. Building Information Modeling (BIM)

Historia

Tabla 3.

Origen del término BIM en el tiempo

Año	Avance
1957	Dr. Patrick J. Hanratty “el padre de CAD”
1968	Donald Welbourn- uso de ordenadores para dibujar formas tridimensionales complejas
1973	Construir sólidos 3D por ordenador
1979	Mike y Tom Lazer- primer software de CAD
1982	-Autodesk tiene como objetivo crear un programa de CAD para Pc. -ArchiCAD, se crea la primera plataforma informática que usó BIM “Virtual Building Solution”
1984	-Graphost empezó a desarrollar un programa de CAD en 3D. -Allplan de la empresa Alemana Nemetschk
1985	-Keith Bentley, la empresa Bentley Systems, proporciona funciones avanzadas de diseño asistidos por ordenador
1986	Robert Aish, primer documento que apareció con el término “Building Model”
1992	GA van Nederveen y F. Tolman, se publicó un artículo con el término “Building Information Model”
2002	-Jerry Laiserin, el termino BIM se popularizará a partir de su artículo “Comparing Pommies and Naranjas” -Gehry Technologies, crea el software Digital Projects “Integrated Project Models”

Año	Avance
	-Autodesk compró la compañía Revit Technology Corporation
	-Software Revit, “Building Information Modeling”

Fuente: Documento “Gestión De Proyectos De Construcción Mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)” (Ogbamwen, 2016).

Función

La función de BIM se puede dividir en 2 partes (Díaz et al., 2014; Yang & Wang, 2009):

Herramientas de diseño

- ✓ Diseño de arquitectura
- ✓ Diseño de estructura
- ✓ Diseño de instalaciones Mecánicas, Eléctricas e Hidrosanitarias o Plomería (MEP)
- ✓ Automatización para producción de documentos
- ✓ Rápida generación de alternativas de diseño
- ✓ Mantenimiento de información y modelado integrado de diseño
- ✓ Comunicación en línea

Herramientas de análisis

- ✓ Análisis estructural
- ✓ Análisis de energía
- ✓ Revisiones de constructabilidad
- ✓ Examen de choque
- ✓ Programación 4D y secuenciación
- ✓ Planificación y utilización del sitio

- ✓ Análisis y gestión de seguridad
- ✓ Estimación de costos, diseño y trabajo de campo
- ✓ Prefabricación

Características

Las características de BIM utilizadas por los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC) incluyen la capacidad de (Bynum et al., 2013; Halttula et al., 2015; MA et al., 2014):

- ✓ La visualización.

La tecnología BIM permite que los diseñadores e ingenieros se conviertan en constructores de la digitalización, cuando se diseña un edificio, pueden ver el material, la estructura y el aspecto una vez terminado el edificio. BIM generar representaciones y animaciones altamente fotorrealistas.

- ✓ La simulación.

La tecnología BIM no solo puede simular modelos arquitectónicos tridimensionales, sino también realizar simulaciones de análisis de planes y programas de construcción en la fase de construcción del proyecto, aprovechando al máximo el espacio y los recursos, eliminando conflictos, obteniendo los mejores planes de construcción y programas.

- ✓ La coordinación.

BIM puede identificar problemas mediante la detección de colisiones para diversas profesiones en etapas tempranas de la construcción de edificios a través del modelado tridimensional, para coordinar y generar datos de coordenadas, luego suministrar a las partes involucradas, evitar el fenómeno de retrabajo y retrasar el cronograma causado por la colisión en el proceso de construcción, mejorando la eficiencia de la producción y el ahorro de costos.

- ✓ La optimización.

Para hacer uso de la información que proporciona la tecnología BIM, llevando a cabo varios análisis de rendimiento, simulación y optimización para el esquema de diseño en varias etapas de desarrollo desde el diseño inicial, obteniendo finalmente el edificio que cumple con los requisitos con un rendimiento óptimo, como para optimizar el programa de construcción en el proceso de la construcción, para optimizar el consumo de energía del edificio durante la operación mediante el análisis de simulación.

- ✓ Naturaleza del trazado.

BIM no solo puede hacer dibujos arquitectónicos y dibujos de componentes que todos puedan ver todos los días, sino también visualizar, coordinar, simular, optimizar a través del edificio, crear un mapa integral de tuberías, una estructura integrada, un diagrama de agujeros, una verificación de colisiones, informes de depuración y recomendaciones para mejorar los programas a través de verificación de colisión y modificaciones de diseño.

Beneficios

En este apartado se numerarán algunos beneficios que se pueden presentar mediante el empleo de BIM en los proyectos constructivos (Bynum et al., 2013; Duque Carmona, 2014; A. H. Fakhimi et al., 2016; Hampson & Kraatz, 2013; Kulkarni & Mhetar, 2017; Ogbamwen, 2016; Pommer et al., 2010):

- ✓ El intercambio de información mejorada y control de documentos añadido, incluyendo modelos de reparto, actas de reuniones, imágenes del proyecto, etc.
- ✓ BIM ayuda al diseño de instalaciones sostenibles. Modelado de desempeño ambiental implica tecnologías analíticas y de simulación.
- ✓ Interoperabilidad, es decir, la capacidad de compartir datos entre aplicaciones.

- ✓ Eliminación de los cambios no presupuestados en los proyectos.
- ✓ La estimación de costos exactitud a menos de 3%.
- ✓ Reducción en el tiempo tomado para generar una estimación de costos.
- ✓ Clash detecciones, en particular los servicios, proporcionando ahorros de tiempo y costes.
- ✓ Reducción del tiempo de entrega del proyecto.
- ✓ Reducción de los trabajos de reparación debido al control de calidad mejorada y la coordinación de diseño.
- ✓ Incorpora las capacidades de análisis estructural, que son clave para los fabricantes.
- ✓ Mejor servicio al cliente
- ✓ Evaluación inicial de diseño del proyecto para asegurar se cumplen los requisitos, mitigando litigios, reducción del número de solicitud de información (RFI) y de cambio de órdenes
- ✓ Un único modelo de información de la instalación puede apoyar el trabajo en equipo y la colaboración durante las fases de diseño y construcción de la instalación.

Propósitos

Un modelo de información del edificio se puede utilizar para los siguientes propósitos (AHBABI, 2014):

- ✓ Visualización: representaciones en 3D se pueden generar fácilmente en casa con poco esfuerzo adicional.
- ✓ planos de fabricación / Shop: es fácil de generar planos de taller para varios sistemas de construcción. Por ejemplo, un dibujo de hoja de tienda de material de metal puede ser producido rápidamente una vez que el modelo se completa.
- ✓ revisiones de código: departamentos de bomberos y otros funcionarios pueden utilizar estos modelos para la revisión de los proyectos de construcción.

- ✓ Análisis forense: un modelo de información de construcción se puede adaptar fácilmente a ilustran gráficamente los posibles fallos, fugas, planes de evacuación, etc.
- ✓ Gestión de las instalaciones: los departamentos de gestión de instalaciones se pueden utilizar para BIM renovaciones, la planificación del espacio y operaciones de mantenimiento.
- ✓ La estimación de costos: el software BIM ha incorporado características de estimación de costos. Material cantidades se extraen y se cambiaron cuando los cambios son automáticamente realizados en el modelo.
- ✓ secuencia de la construcción: un modelo de información del edificio se puede utilizar con eficacia para crear esquemas de solicitud de materiales, fabricación y entrega de todos los edificios componentes.
- ✓ Conflicto, interferencia y detección de colisiones: A medida que se crean modelos BIM, a escala, en el espacio 3D, todos los sistemas se pueden comprobar visualmente para detectar interferencias. Este proceso puede verificar que la tubería no se cruza con vigas de acero, conductos o paredes.

Barreras y desafíos

Los principales desafíos de BIM se presentan a continuación (Duque Carmona, 2014; A. H. Fakhimi et al., 2016; Kulkarni & Mhetar, 2017; Ogbamwen, 2016; Pommer et al., 2010):

- ✓ La falta de madurez de aplicación de la metodología BIM
- ✓ No existe un sistema de estandarización a nivel nacional e internacional del procedimiento correcto para implementar BIM.
- ✓ La necesidad de formación de los integrantes de grupo de trabajo y la actualización de los equipos informáticos para que trabajen correctamente con Software BIM.

- ✓ “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”.
- ✓ 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.
- ✓ Un error de inconsistencia en un modelo BIM afecta en cadena a prácticamente la totalidad del departamento que trabaja sobre él.
- ✓ Alta inversión inicial para adquirir el software de BIM.
- ✓ Necesidad de cambiar la gestión del flujo de información/Integración de información significativa/Organización de datos/Validación de datos
- ✓ Necesidad de colaboración y trabajo en equipo
- ✓ Ausencia del interés del propietario en usar tecnologías BIM y mayor propiedad del modelo

Apéndice 3. Implementación conjunta de Integrated Project Delivery (IPD) y Building Information Modeling (BIM)

Características

Las características de la implementación conjunta de IPD y BIM son (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014; Ribeiro, 2012):

- ✓ Confianza mutua y comunicación abierta entre las partes.
- ✓ Comprender los objetivos de cada uno y la alineación de los objetivos.
- ✓ Asignación equitativa y clara de riesgos previsibles y cuantificables
- ✓ Actitud de los participantes del proyecto mediante el desarrollo de una cultura de asociación y el reemplazo de la responsabilidad individual por la responsabilidad colectiva.
- ✓ Disposición para comprometerse en cuestiones poco claras, conocimiento de riesgos y recompensas
- ✓ Cuestiones legales: qué tipos de contratos se deben usar para una colaboración óptima entre todas las partes.
- ✓ Diseñar el proceso antes de diseñar el proyecto
- ✓ El cliente tiene que ser una parte integral del proceso
- ✓ Introducción constante de valor en el diseño del proyecto
- ✓ Materiales eficientes de gestión
- ✓ Optimización de los medios y métodos;
- ✓ Maximización de pre-construcción
- ✓ Llegar a la ausencia de solicitudes de información (RFI).

Propósitos

- ✓ BIM y cuestiones legales de la implementación de IPD

El uso de BIM en el proyecto no tiene un impacto directo en los asuntos legales. Estos problemas requieren cambios en las leyes y reglamentos para permitir la selección de servicios y procedimientos de asignación de riesgos para permitir IPD. Aunque con BIM, la industria puede darse cuenta de la importancia de IPD y puede soportar el uso de IPD para lograr los máximos beneficios de tecnologías avanzadas como BIM. IPD es una forma de contrato que se requiere para permitir verdaderamente que el proceso basado en BIM se realice de manera eficiente al permitir que los participantes del proyecto colaboren desde el principio del proyecto (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014).

- ✓ BIM y cuestiones de organización de la implementación de IPD

Organizacionalmente BIM puede ayudar a aliviar problemas relacionados con la implantación de IPD. Adoptar BIM es un cambio en toda la organización. Toda la organización pasa por cambios para familiarizarse con el software y los procesos que requiere. Por lo tanto, las organizaciones que ya se han desarrollado para adoptar BIM encontrarán que los cambios organizacionales y los cambios en los flujos de trabajo debido a IPD son relativamente más fáciles de manejar que aquellos que no tienen incorporado BIM. De manera similar, la gestión de proyectos también podría ser facilitada usando BIM. Una organización ya equipada con BIM puede usarla en todos los proyectos, independientemente del tamaño del proyecto y el presupuesto. Al igual que IPD, se plantearon dudas similares sobre la aplicabilidad de BIM en proyectos más pequeños. Con el paso del tiempo y la aplicación exitosa de BIM en pequeños proyectos, los expertos de BIM ahora están convencidos de que se puede usar para todos los tamaños de proyectos (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014).

- ✓ BIM y cuestiones tecnológicas de la implementación de IPD

El papel de BIM para ayudar a la implementación de IPD tecnológicamente es bastante sencillo. BIM puede actuar como un catalizador tecnológico para impulsar el cambio. En los temas tecnológicos, lo que discutimos antes está relacionado con la infraestructura de TI apropiada para IPD. La interoperabilidad es fundamental para el éxito del proyecto de IPD, ya que dentro de un proyecto hay muchos intercambios de información entre los distintos miembros del proyecto de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida. La industria ha dado muchos pasos para proporcionar de algún modo un flujo fluido de información. Los datos BIM se pueden compartir utilizando un formato abierto entre diferentes programas. La interoperabilidad también se puede abordar utilizando BIM Cloud. Permite datos de diversas aplicaciones a través de una plataforma de repositorio central para inter-operar e intercambiar información explícitamente (Azhar, Kang, & Ahmad, 2014).

Beneficios

Los beneficios de la aplicación BIM y IPD están siendo continuamente definidos y evaluados. Se clasifican en procesos, personas y herramientas (A. H. Fakhimi et al., 2016; Hampson & Kraatz, 2013; Ilozor & Kelly, 2012; Judy, 2012; MA et al., 2014):

Procesos

- ✓ Mejor planificación y proceso de construcción colaborativo, integrado y transparente
- ✓ Resolver muchos de los problemas (costo, constructabilidad, horarios, calidad, sostenibilidad, desperdicio, HSE, etc.) durante el ciclo de vida del proyecto
- ✓ Reducir la cantidad de datos redundantes
- ✓ Ofrecer mejoras significativas en asuntos contractuales y legales.
- ✓ Mejores oportunidades para la fabricación fuera del sitio (incluyendo pre-fabricación)

- ✓ Mayores oportunidades para la colaboración a través ya lo largo del ciclo de vida del edificio, a modo de IPD

- ✓ Motiva el desarrollo sostenible

Personas

- ✓ El riesgo y la recompensa podrían distribuirse de manera amistosa entre el equipo del proyecto
- ✓ Facilitar una colaboración más estrecha desde las primeras etapas del Proyecto
- ✓ Los proveedores se integrarán en los procesos de la industria de la construcción
- ✓ Claridad en la comunicación, colaboración, honestidad y transparencia

Herramientas

- ✓ BIM actúa como un excelente equipo de herramientas de construcción y acelera la formación y estrategias de IPD
- ✓ BIM proporciona servicio de intercambio de almacenamiento de datos para IPD
- ✓ BIM proporciona servicios para manejar asuntos legales asociados de IPD.
- ✓ BIM proporciona servicios para tareas de diseño y construcción para completar IPD
- ✓ BIM provoca el impacto de la cultura organizacional en la formación de IPD

Barreras y desafíos

Los principales desafíos en la aplicación de IPD y BIM en proyectos constructivos se clasifican en procesos, personas y herramientas (A. H. Fakhimi et al., 2016; Hampson & Kraatz, 2013; Judy, 2012; MA et al., 2014):

Procesos

- ✓ Necesidad de contratistas calificados
- ✓ Requiere cambios profundos en el proceso de las partes involucradas

- ✓ Distribución de riesgos entre las partes
- ✓ Ausencia de documentos contractuales colaborativos estándar
- ✓ Responsabilidad y propiedad del modelo (cuestiones legales)
- ✓ Falta de marco legal y plantilla de contrato.
- ✓ Falta de estándares unificados correspondientes
- ✓ La falta de compromiso político

Personas

- ✓ Comunicación de equipo
- ✓ Cambio cultural
- ✓ Indiferencia y la falta de conocimiento
- ✓ Resistencia al cambio, junto con las prácticas comerciales arraigadas

Herramientas

- ✓ Cuestiones de interoperabilidad
- ✓ Falta de producto BIM
- ✓ Falta de conocimiento y manejo de BIM

Perspectivas

- ✓ Extender los estándares de datos uniformes de la tecnología BIM.

Delante de la tecnología BIM e IPD todavía hay un largo camino por recorrer. Actualmente, en un estándar de datos abiertos para almacenamiento e intercambio de datos, la tecnología BIM no puede satisfacer las necesidades de intercambio de datos entre las partes, la tecnología BIM también necesita mejorarse para expandir su estándar de datos uniformes, para que pueda ser aceptado por las diferentes necesidades de los participantes (MA et al., 2014).

- ✓ Mejorar el rendimiento de la operación y el mantenimiento de BIM.

IPD nace con la demanda de un proyecto complejo, cuando los participantes ingresan su propia información relacionada con el diseño para construir modelos de información, el modelo de la tecnología BIM existente tiene un aumento significativo en capacidad, operación y mantenimiento y se vuelve difícil de manipular reduciendo la eficiencia operativa. La capacidad de la tecnología BIM necesita mejorar urgentemente en la operación y mantenimiento de modelos grandes (MA et al., 2014).

- ✓ Desarrollar tecnología BIM para adaptarse a aplicaciones en red.

IPD integra a los participantes en el nuevo modo de entrega del proyecto, aunque solo sea para lograr la integración en la ubicación física, dado que el modelo IPD requiere que los participantes se intercambien con frecuencia, seguramente tendrá enormes costos de transporte y costos de tiempo de viaje. Actualmente, la tecnología de red informática ha sido muy madura, la integración de los participantes de IPD a través de la red es una gran solución potencial, por lo que la tecnología BIM también necesita adaptarse al modelo IPD en sí mismo, basado en la tecnología web que integra a los participantes (MA et al., 2014).

- ✓ Formar una alianza bajo el modo IPD.

Todas las partes involucradas en el proyecto deben cooperar para lograr los beneficios generales del proyecto, para lograr la integración de la tecnología BIM con ideas de proyectos de construcción ajustada basadas en el proyecto IPD (MA et al., 2014).

Impactos

Los impactos de la aplicación de IPD y BIM se dividen en impactos en valores y cultura e impactos en la cadena de suministro y la industria, se muestran a continuación (Judy, 2012):

Los impactos en valores y cultura

- ✓ Pasar de la contratación de un consultor para la contratación de un equipo de consultoría
- ✓ El cambio en la cultura
- ✓ Nueva manera de oficina
- ✓ Los contratos y el cambio de derechos de autos en los procesos
- ✓ Entrega de proyectos compartidos
- ✓ Mayor confianza
- ✓ Reducción en la documentación

Los impactos en la cadena de suministro y la industria

- ✓ Intercambio de modelos digitales con consultores, contratistas y subcontratistas
- ✓ Elaboración de los lineamientos nacionales BIM
- ✓ Cambio de relación entre diseñadores, consultores y contratistas
- ✓ Mejora en las ineficiencias actuales de la industria de la construcción
- ✓ Reducción de la carga de trabajo
- ✓ Los gobiernos que exigen el uso de BIM

Apéndice 4. Responsabilidades contractuales

En el 2011 el instituto estadounidense de arquitectos (AIA) Y la asociación general de contratistas de América (AGC), afirmaron que las responsabilidades contractuales y de comportamiento de IPD son: los participantes clave unidos como iguales, riesgo financiero compartido y recompensa basada en el resultado del proyecto, renuncia de responsabilidad entre participantes clave, transparencia fiscal entre los participantes, participación temprana de los vinculados, criterios de objetivos del proyecto desarrollados conjuntamente, toma de decisiones en colaboración, respeto mutuo y confianza, disposición a colaborar y comunicación abierta (Kasun & Suranga, 2013).

➤ Colaboración

La colaboración puede soportar los inevitables desafíos presentados por los proyectos de construcción complejos, puesto que requieren a las personas adecuadas que realizan las tareas adecuadas en un entorno que promueve la confianza y la reciprocidad de las expectativas sobre los resultados del proyecto compartido (O'Connor Jr., 2009).

Por un lado (O'Connor Jr., 2009) aporta las razones de porque se debe colaborar, los riesgos de colaborar, los requisitos para una colaboración exitosa y las claves del éxito de IPD. (O'Connor Jr., 2009) afirma que la razón para colaborar se basa principalmente en que un trabajo en equipo produce resultados óptimos en casi todos los campos de la actividad humana, las nuevas tecnologías ofrecen una excelente plataforma para la colaboración entre los equipos de diseño y construcción. De hecho, tecnologías como BIM exige la colaboración de los participantes para obtener los beneficios.

Los requisitos para una colaboración exitosa se basa en la confianza mutua, comunicación abierta entre las partes, comprensión de los objetivos, asignación de riesgos clara y equitativa, actitud de los participantes, conciencia de los riesgos y recompensas, coordinación efectiva, responsabilidad colectiva en lugar de responsabilidad personal, alineación de los objetivos, ética profesional, proceso acordado para la resolución de diferencias, reuniones formales e informales frecuentes, desarrollo de cultura de asociación, evaluación del rendimiento e implicaciones legales (O'Connor Jr., 2009).

La colaboración no está exenta de riesgos, (O'Connor Jr., 2009) los clasifica en riesgos de información, de proceso comercial y de distribución de ganancias. Los riesgos de información se deben a la medición del rendimiento general de la colaboración; los riesgos de proceso comercial que incluyen los riesgos asociados con la retención de dinero por parte de una empresa asociada; y los riesgos asociados con la distribución no equitativa de retornos de colaboración en ausencia de contratos completos. A su vez, (O'Connor Jr., 2009) propone sistemas que pueden controlar estos riesgos como el sistema de creencias, los sistemas de límites, los sistemas de control de diagnóstico y los sistemas de control interactivo (O'Connor Jr., 2009).

La clave del éxito de IPD según (O'Connor Jr., 2009) se debe a las personas, los procesos y las promesas. La elección de las personas adecuadas con las que hacer equipo es de suma importancia, la gestión del equipo donde todos los vinculados interactúen desde una etapa temprana del proyecto y la promesa de motivar el equipo con una red de incentivos económicos, sociales y morales proporciona el combustible para la innovación y la colaboración.

Los datos de la investigación de (Jones, 2014) fueron recopilados de 54 empresas en Estados Unidos y 39 en Reino Unido, obteniendo las seis causas principales de deficiencias en los proyectos constructivos; a partir de estos conflictos se demostró que un aumento significativo en

la colaboración permitiría un equipo más integrado que tenga las herramientas y la información para interrogar y resolver muchos de los problemas. Métodos como la entrega de proyectos integrados (IPD) podrían maximizar el diseño y consideraciones relativas a la sostenibilidad de la construcción.

Con ayuda de la técnica de modelado de ecuaciones estructurales (SEM) que consiste en probar y estimar relaciones causales a partir de datos estadísticos y suposiciones cualitativas, (C. Chang, Pan, & Howard, 2017) comprobaron el efecto de las variables explicativas (BIM, incentivo, comunicación y colaboración) en la variable independiente (aceptabilidad de IPD), demostrando rigurosamente que cuanto más se implementa BIM en el proyecto más fuerte es la necesidad de características IPD, que una mayor percepción de la necesidad de incentivar la cadena de suministro y la calidad de la comunicación proporcionada por BIM afecta positivamente la implementación de IPD. La colaboración afectó positivamente la aceptabilidad de IPD al cambiar la comunicación, pero no logro afectarla directamente. BIM aumenta la conciencia de los profesionales sobre la importancia de las funciones de IPD.

(C. Chang et al., 2017) aportan un marco de métricas para medir la colaboración dentro de IPD, incluye la co-ubicación, el trabajo multidisciplinar, la productividad del equipo, impacto de la colaboración, la formación, retroalimentación inmediata, en tiempo real el intercambio de datos, los métodos de comunicación, grado de interacción, aspectos individuales humanos (es decir, la rotación), y la tecnología BIM. Esta lista integral proporciona una base sólida para la selección de los parámetros utilizados en la medición de la colaboración en la investigación actual.

Para concluir, la implementación conjunta de IPD-BIM se puede lograr siempre y cuando los involucrados tengan la disposición a colaborar y compartir información temprano y con frecuencia

durante el proceso de diseño y la capacidad de utilizar nuevas tecnologías saliendo del ámbito tradicional (Otani, 2012).

➤ **Aspectos de comunicación**

Los aspectos de comunicación dentro de un proyecto de construcción y su impacto en los resultados han de ser examinados detalladamente, debido a que pueden conducir a resultados positivos o negativos (PERDOMO & CAVALLIN, 2014).

(PERDOMO & CAVALLIN, 2014) como respuesta a esta necesidad determinaron tres factores de comunicación clave dentro de los equipos IPD para optimizar un proyecto, es importante mencionar que todos los miembros se comprometieron a la toma de decisiones en colaboración, el respeto, la confianza, la participación temprana de los profesionales y la comunicación abierta, para permitir a los investigadores centrarse en la búsqueda de otros factores.

El primer factor es fomentar la comunicación integral, en un entorno donde los miembros del equipo puedan compartir fácilmente la información, realizar un seguimiento del rendimiento de cada uno, estar al tanto de cualquier parte del proyecto que requiere su intervención, combinar su desempeño de tareas y hacer que su información sea compatible con la de otros miembros del equipo implementando los modelos BIM; el segundo factor es la influencia de los participantes en la toma de decisiones dado que pueden afectar o beneficiar el proyecto; y el tercer factor es la toma de decisiones en el momento oportuno con el fin de reducir cualquier impacto en el proyecto. Si al menos uno de estos factores no se cumple se ven resultados negativos en el avance del proyecto y el costo. La influencia del factor de comunicación integrada parece ser más fuerte (PERDOMO & CAVALLIN, 2014).

➤ **Riesgo**

Los principales aportes realizados en la categoría de riesgo son presentados a continuación cronológicamente.

(J. K. Holland, 2009) describe los mayores riesgos que pueden derivarse del uso de IPD y BIM para facilitar el diseño y la construcción de estructuras; expectativas irrazonables del propietario, responsabilidad del diseñador por los métodos y medios del contratista, el participante con menos experiencia crea riesgos compartidos con todos, definición de servicios profesionales y proceso de diseño, propiedad y control de la información digital, mantenimiento de registros y archivos, pago por los esfuerzo creativos, entre otros.

Es prudente considerar que si en los próximos años se logran superar los obstáculos en su vinculación puede generar mayores riesgos en lugar de menos generando pérdidas no aseguradas. Este dilema provoca preocupación entre los propietarios y participantes de los proyectos cuando inevitablemente surjan problemas, dado que no habrá protección disponible bajo los programas de seguro tradicionales (J. K. Holland, 2009).

Por esta razón, (J. K. Holland, 2009) presenta una propuesta sobre la asegurabilidad de los riesgos en la implementación conjunta de IPD y BIM. Los seguros planteados son: cobertura de eficacia del rendimiento, cobertura de finalización retrasada, política de responsabilidad profesional específica del proyecto y riesgo del constructor destinada a cubrir el daño a los materiales de construcción y edificio durante la construcción.

El proceso de gestión del riesgo actualmente es importante para el beneficio de un proyecto. (Pishdad et al., 2011) propone siete etapas para el desarrollo de este proceso: identificación de riesgos, asignación de riesgo, medición del riesgo, control de riesgos, financiación del riesgo, aplicación, control y evaluación.

IPD es una metodología donde los riesgos se gestionan colectivamente y se comparten de manera apropiada, el principio de asignación equitativo del riesgo implica que cada riesgo identificado debe ser tomado por una parte que esté mejor capacitada tanto a nivel técnico para su control/gestión y financieramente para absorber el riesgo si se produce. En consecuencia, el control de riesgo es más eficaz y eficiente, su posibilidad de ocurrencia y su gravedad se reduce al mínimo, y en última instancia el costo del riesgo se reduce significativamente (Pishdad et al., 2011).

El mayor impacto financiero de una distribución de riesgos apropiada pertenece a casos de rediseño. Una gestión eficaz del riesgo y estrategias de distribución facilitan la alineación de los objetivos e intereses entre los participantes, promueven el comportamiento del equipo, e incentivan el equipo para lograr el éxito del proyecto (Pishdad et al., 2011).

Por consiguiente, (Pishdad et al., 2011) desarrollan un modelo de gestión de riesgos de contratación multipartidaria integrado con BIM (MPCRM), el cual consiste en la gestión de riesgos en colaboración durante el ciclo de vida del proyecto, permitiendo a las partes contratantes compartir sus ideas sobre el riesgo existente, desarrollar en colaboración las estrategias de gestión de riesgos y negociar los términos del contrato.

Por otro lado, (Abeyratne & Jayasena, 2016) presentan los principales riesgos encontrados luego de efectuar una revisión de literatura basada en la industria de países como Sri Lanka (Sur de Asia), quienes tienen arraigados los métodos convencionales donde el diseño y construcción en gran medida son basados en dibujos CAD 2D, estos riesgos se clasifican según la etapa del proyecto.

(Abeyratne & Jayasena, 2016) afirman que para gestionar el riesgo y cumplir con objetivos de tiempo y costos, el principio de IPD juega un papel importante, planteando un acuerdo para compartir los riesgos y recompensas, lo que ayuda a desalentar las acciones egoístas de los

participantes. Un enfoque de contratación altamente colaborativo y técnico como el IPD basado en BIM sin duda será un factor de cambio de riesgo en la industria.

(Ogbamwen, 2016) menciona que los problemas legales por derechos de autor debido al intercambio de información entre los participantes son los conflictos que más se presentan por la implementación conjunta de IPD-BIM, sin embargo, es cuestión de redactar contratos donde se especifique las obligaciones de todos los involucrados, comprometiéndose a no revelar información siendo esta exclusivamente del proyecto.

Por último, es importante mencionar que los proyectos de IPD tienen algunos riesgos que no pueden cuantificarse, por tal razón, (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) aporta una investigación en la cual combina el método de proceso de jerarquía analítica (AHP) y el método de evaluación integral difusa (FCE), donde FCE es adecuado para los proyectos a los que se les dificulta definir y cuantificar el riesgo, sin embargo, FCE no permite unificar los índices múltiples en un solo índice de evaluación y es ahí donde AHP puede dar apoyo unificando los índices.

➤ **Obligaciones**

(Kasun & Suranga, 2013) mencionan que los métodos de entrega de proyectos de construcción tradicional por lo general son tres: diseño-oferta-construcción, gerente de construcción en riesgo y diseño-construcción, donde cada profesional tiene clara su responsabilidad y no interviene en otras actividades.

Sin embargo, (Kasun & Suranga, 2013) afirman que IPD busca mejorar los resultados a través de un enfoque colaborativo, donde los participantes clave asumen colectivamente la responsabilidad del rendimiento del proyecto acordado. Donde las oportunidades y responsabilidades compartidas alinean los intereses de las partes y proporcionan un incentivo para la colaboración, los acuerdos multi-parte requieren confianza, ya que la compensación está ligada

al éxito general del proyecto y el éxito individual depende de las contribuciones de todos los miembros del equipo. Esto no quiere decir, que los participantes de IPD no tienen ámbitos de trabajo separados de los que son los principales responsables.

➤ **Distribución de ganancias**

Un mecanismo de distribución de beneficios razonable es la condición previa para que la colaboración IPD-BIM funcione sin problemas. Por esta razón, (Y. Teng, Li, Wu, & Wang, 2017) aportan una distribución de ganancias en base a la teoría de juegos junto con el modelo básico de Shapley. Adicional a esto, plantean un modelo de Shapley modificado para el manejo de riesgo, dado que en la operación real de IPD este factor es complejo y variado.

La teoría cooperativa de juegos consiste en un juego en el que dos o más jugadores no compiten, sino que colaboran para conseguir el mismo objetivo y por lo tanto ganan o pierden en conjunto. Seguido de esa teoría se menciona la distribución de las ganancias con el modelo de valor modificado de Shapley, que incluye cuatro categorías de factores de riesgo, es decir, riesgos de operación, económicos, de ganancias y de mercado (Y. Teng, Li, Wu, et al., 2017).

Los resultados de un caso de estudio mostrado por (Y. Teng, Li, Wu, et al., 2017) afirman que al formar una coalición de cuatro partes interesadas (AECO) en el proyecto de IPD, se pueden aumentar las ganancias de los vinculados. Todas las partes interesadas han acumulado más ganancias en comparación con las ganancias promedio de la industria.

(Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) llegó a la conclusión que es necesario satisfacer suposiciones para implementar esta distribución de ganancias como: todos los participantes toman la estrategia de distribución maximizada de ganancias, todos los participantes son totalmente confiables y existe el intercambio de información necesario y, se deben establecer acuerdos múltiples para restringir a los participantes.

Para cumplir con estas suposiciones (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) plantea un marco de referencia para el desarrollo de una plataforma BIM que facilite la comunicación e intercambio de información; y determinó al diseñador, contratista, propietario y consultor BIM como los participantes clave según el grado de importancia en los proyectos de IPD.

Apéndice 5. Aplicación/Implementación

A continuación, se describen cronológicamente los aportes principales en la aplicación e implementación de IPD y BIM en el ámbito constructivo.

En general, Building Information Modeling (BIM) puede implementarse en la estimación, detección de conflictos, análisis de sostenibilidad, soluciones a solicitudes de información en campo, gestión de instalaciones, etc. (Xie et al., 2011).

La aplicación de BIM y IPD en sistemas MEP reduce el impacto ambiental del entorno construido mediante: el uso eficiente de los sistemas MEP, protegiendo la salud de los ocupantes, mejorando la productividad de los empleados, reduciendo el desperdicio, la contaminación y la degradación ambiental de los edificios. También contribuye al diseño y especificaciones de los elementos del sistema MEP, describe las propiedades de los elementos, incluye atributos de rendimiento cuantitativos como compuesto orgánico volátil (VOC), el consumo de energía, la reflectividad o la ganancia solar, satisface mejor las necesidades de energía de calefacción en comparación con las instalaciones con niveles más altos de consumo de energía, facilita la selección de materiales que mejor salud y bienestar proporcione al ocupante. La integridad de la información y el intercambio pueden mejorar el diseño del sistema y equipo (Xie et al., 2011).

La aplicación de BIM en proyectos de sostenibilidad puede tener un impacto directo en el bienestar emocional de los ocupantes, puesto que permite simular el interior del proyecto dando una perspectiva de la iluminación, un análisis de la sombra, determina la disponibilidad óptima de corredores, la calidad del aire, la selección de materiales, el uso de energía y reciclar materiales, etc. (Xie et al., 2011).

(J. Y. Teng et al., 2012) describen la aplicación de BIM en cada fase del proyecto IPD. Concluyendo que BIM es un soporte técnico de IPD, el cual puede simular el proyecto de construcción, inspeccionar la secuencia de operaciones y determinar su coherencia.

El acoplamiento de BIM con IPD en todo el ciclo de vida puede mejorar drásticamente el rendimiento del proyecto, BIM proporciona una plataforma de cooperación para el ciclo de vida de IPD y IPD proporciona el entorno para la aplicación efectiva de las funciones de BIM (J. Y. Teng et al., 2012).

Analizar y evaluar la aplicabilidad de IPD con herramientas BIM en los procesos y las normas portuguesas es necesario para los diseñadores, contratistas y clientes, así como otras partes interesadas, para asumir nuevos roles y habilidades, dando lugar a un cambio importante en la cultura (Ribeiro, 2012).

El potencial de la aplicación de BIM en IPD es alta en términos de un diseño arquitectónico, suministro de dibujos finales e informes, entrega y análisis de energía, las partes contribuyen, estiman y programan como iguales, control de costos, puesta en marcha, diseño MEP, diseño eléctrico y adquisiciones (Kiani & Alerasoul, 2013).

Las barreras para la implementación de BIM en IPD es falta de respaldo legal de la autoridad, falta de operadores capacitados en el software BIM, toma un poco más de tiempo para el desarrollo del proyecto, disponibilidad de material didáctico, curricular y educativo adecuado (Kiani & Alerasoul, 2013).

La aplicación de la tecnología BIM en proyectos de construcción basados en el modo IPD promueve el desarrollo sostenible y la implementación de IPD. Por esta razón, (MA et al., 2014) proponen un marco para la aplicación de la tecnología BIM en el IPD, donde BIM permite el intercambio de información con un mismo formato agilizando el proceso, proporciona servicios

para el manejo de asuntos legales asociados con IPD, facilita servicios para tareas de diseño y construcción puesto que los modelos en 3D pueden ayudar a los participantes de IPD a comunicar problemas profesionales de manera más efectiva y optimizar el diseño, provoca un impacto en la cultura de la organización en la formación de IPD debido a que promueve el trabajo colaborativo haciendo que las partes estén dispuestas a intercambiar información, cooperar, fortalecer la confianza y el respeto mutuo.

Los defectos de la aplicación de la tecnología BIM en IPD según (MA et al., 2014) principalmente son la falta de un marco jurídico y modelo de contrato, falta de estándares unificados que permitan el intercambio de información, la fuerza que posee es insuficiente y la división de responsabilidades es ambigua.

Las perspectivas de la aplicación de BIM en IPD son extender los estándares de datos uniformes de la tecnología donde todos los involucrados manejen un mismo formato y permita que el intercambio de información se realice de manera más efectiva, mejorar el rendimiento de la operación y mantenimiento de BIM, adaptar plataformas de colaboración en red, formar una alianza bajo el modo de IPD (MA et al., 2014).

(Huang, 2014) presenta la aplicabilidad de BIM en las diferentes etapas del proyecto IPD. Afirmando que IPD promueve efectivamente la aplicación de la tecnología BIM.

(Azhar, Kang, & Ahmad, 2014) describe los factores que influyen en la implementación de IPD en proyectos de construcción en el sector público. Estos factores se clasifican en legales, organizativos y tecnológicos. Los factores legales infieren criterios para la contratación de servicios y mecanismo de asignación de riesgos, los factores organizativos involucran la gestión de proyectos, cultura de la organización y los procesos de trabajos y por último el factor

tecnológico que abarca infraestructura IT, protocolos de gestión de la información e interoperabilidad.

La Unión Europea tiene el objetivo de renovar todas las masas de edificios antiguos. La razón del ambicioso objetivo es que 40% del consumo de energía de la Unión Europea procede de edificios existentes de bajo rendimiento, también es una de las fuentes más importantes de emisiones de gases de efecto invernadero (36% en la UE). se afirma que, mediante la renovación de los edificios existentes en toda Europa, habrá beneficios como el ahorro de energía, mejor salud de sus ocupantes, etc. Por lo tanto, se plantea la aplicación de IPD y BIM en proyectos de rehabilitación que apoyen y faciliten el desarrollo de estos objetivos (Trollsås, 2014).

Los desafíos que se pueden superar con la implementación de IPD y BIM son la detección de choques o interferencias con ayuda de escaneo 3D de la edificación para luego generar el modelo permitiendo visualizar el proyecto a partir de un punto de vista realista, los materiales, su configuración estructural, etc., la comunicación en el sitio, interoperabilidad, el modelo BIM facilitaría el trabajo de mantenimiento drásticamente puesto que daría la ubicación exacta de los objetos (Trollsås, 2014).

En particular el modelado de información (BIM), los enfoques integrados, ya sea de entrega de proyectos integrados (IPD) o procesos integrados de diseño (IDP) y la construcción sin pérdidas (LC), parecen ser prometedores en la industria. Por tal razón, AECO industria canadiense de la arquitectura, ingeniería, construcción y propietarios tiene la necesidad de aplicar estas tendencias para su desarrollo (Tahrani et al., 2015).

(Jia & Wang, 2017) estudia la aplicación de IPD y BIM en proyectos de inversión del gobierno con la construcción de una plataforma de gestión. El concepto básico de la plataforma de información de gestión del propietario es lograr el intercambio de información, coordinación y

optimización de proyectos desde una altura estratégica, especialmente para acelerar la transmisión de información y mejorar la eficacia de la comunicación entre el interior y exterior. BIM proporciona el soporte técnico para mejorar el proceso de intercambio de información de los proyectos de inversión del gobierno y la gestión global de información y el concepto de IPD ofrece un nuevo marco de organización para romper la interfaz de gestión tradicional y darse cuenta de la alta colaboración a través de los equipos de proyecto (Jia & Wang, 2017).

(Pishdad-Bozorgi et al., 2018) contribuye con uno de los primeros proyectos piloto exploratorios sobre la implementación de BIM habilitado para la gestión de instalaciones o facility management (FM) con ayuda de IPD, así como el desarrollo de un marco de investigación para construir de manera sistemática y estratégica la base de conocimiento en BIM para el campo FM. La implementación BIM habilitada para FM es el proceso a través del cual la información esencial de la instalación se captura, mantiene y comparte digitalmente en un conjunto de modelos BIM integrados.

➤ **Proyectos de salud**

La industria de la salud es uno de los mercados más importantes del entorno construido, los centros de salud se encuentran entre las instalaciones más complejas para diseñar, construir y operar, puesto que muchos factores influyen en su diseño. Por ejemplo, una mala ventilación y calidad ambiental interior son las principales causas de infecciones, la iluminación inadecuada se correlaciona con la depresión y errores de medicación del paciente, el ruido incomoda a los pacientes y causa un aumento de la tensión y la falta de sueño, entre otras (Pommer et al., 2010).

Para dar solución a esta problemática (Pommer et al., 2010) presentan un modelo conceptual para la entrega de proyectos de centros de salud, el cual integra áreas verdes, principios Lean y Building Information Modeling (BIM), enfocándose en las etapas de planificación y diseño desde

el inicio de un proyecto, puesto que las decisiones tomadas durante este periodo tienen mayor impacto en términos de costo, horario y satisfacción de las partes interesadas del proyecto. BIM contribuye con bases de datos de información coordinada, principios Lean con la eliminación de residuos de proceso y la construcción verde con productos y sistemas medio ambientales; con el fin de obtener simulaciones de escenarios mejorando la disposición de espacios y los procesos operativos dentro del hospital, teniendo en cuenta espacios de flujo, espacios de almacenamiento, espacios de trabajo, espacios de proceso, los servicios públicos (baños, salones), etc.

➤ **Proyectos Urbanos**

(Zhang, 2016) perciben la gestión de proyectos IPD y BIM con una amplia aplicación en los proyectos urbanos, dado que los recursos limitados se utilizan en su totalidad, cambia el modo de producción en la industria de la construcción, aumenta la eficiencia, promueve el avance en dirección del desarrollo sostenible e investigadores estadounidenses apoyan la aplicación demostrando que aproximadamente el 70.3% de los proyectos IPD logra el ahorro de costos y el 59.4% acorta el periodo de construcción.

Por tal razón, (Zhang, 2016) aportan un resumen las características específicas de la aplicación de IPD en el proceso de proyectos urbanos, aclarando la relación entre IPD y la tecnología BIM. Objetivo integrador y contrato multipartidista antes de la ejecución del proyecto, asociación, herramientas administrativas y de prestación de conocimiento profesional durante el proceso de ejecución del proyecto son algunas de sus características.

Sobre esta base, se construye el modelo de gestión colaborativa IPD-BIM, el cual consiste en formar puntos clave como un acuerdo vinculante que permita la cooperación de los participantes, un proceso de construcción del modelo que se base en la confianza mutua hasta alcanzar un equilibrio optimo, plataforma tecnológica asegurando una construcción de información clara,

ordenada e interactiva, un plan modelo y reconocimiento de incentivos. El modelo se divide en etapa preliminar donde se debe establecer el objetivo del proyecto, determinar las funciones y responsabilidades de los miembros del equipo e instaurar un mecanismo de compensación de incentivos contractuales; segunda etapa consiste en el control de la construcción donde se propone el proceso de gestión y proceso de tecnología; y la tercera etapa el efecto de control del proyecto (Zhang, 2016).

➤ **Prefabricación de tuberías**

(Li et al., 2017) presentan un avance significativo en la prefabricación de tuberías implementando BIM e IPD. BIM promueve su adopción aportando una información detallada, clara y precisa de las tuberías, desarrollando un modelo que suministra información útil para evitar conflictos con otros sistemas y detectar interferencias que se pueden presentar al ensamblar los sistemas de rociadores contra incendios, sistema de suministro de agua, sistema de agua de aire acondicionado, sistema de calefacción y el sistema de drenaje. Mientras que la entrega integrada de proyectos (IPD) fomenta la participación temprana del distribuidor en los proyectos, lo cual genera efectos significativos. La mayoría de los proyectos usan el método diseño-licitación-construcción lo que impide una relación contractual entre los contratistas, donde se ven expuestos los conflictos de interés durante la etapa de instalación.

La prefabricación de tubería es arriesgada cuando el espacio de instalación está ocupada por varios contratistas mecánicos, eléctricos, y de plomería (MEP), IPD disminuirá ese riesgo de reproceso pues los intereses pueden ser compartidos por el fabricante, el distribuidor y el contratista MEP, aportando beneficios para la coordinación del diseño detallado y la instalación de todo el sistema de tuberías. Uno de los casos que más involucra IPD es la prefabricación de las

estaciones de bombeo puesto que necesita la integración obligatoria del distribuidor, fabricante y diseñador (Li et al., 2017).

➤ **Seguridad y salud ocupacional**

La prevención a través del Diseño (PtD) se define como abordar las necesidades de seguridad y salud ocupacional en el proceso de diseño para prevenir o minimizar los peligros y riesgos asociados con la construcción, fabricación, uso, mantenimiento y demolición de una instalación.

(Ghosh et al., 2014) reconoció que los arquitectos e ingenieros en realidad podrían jugar un papel importante en la seguridad de las construcciones, puesto que la seguridad de cualquier operación debe ser determinada mucho antes de que la gente, los procedimientos y el equipo se reúnan en el lugar de trabajo, esto se logra adaptando las características, planificación, materiales y configuración definitiva del proyecto.

(Ghosh et al., 2014) asegura que IPD facilita la implementación de la prevención a través del Diseño (PtD) y mejora la seguridad debido a los siguientes mecanismos: la participación temprana de los profesionales, los servicios de asistencia de diseño que brinda oportunidades para que los participantes analicen las alternativas de diseño desde el punto de vista de la seguridad y finalmente, pero lo más importante, el contrato multipartidista de IPD facilita la estructura compartida de riesgos/recompensas, alineando a los diseñadores y contratistas hacia un objetivo común.

La posibilidad de implementar IPD, las tarifas de riesgo y la contingencia de seguros, incentiva tanto a los diseñadores como a los contratistas a colaborar y mitigar los riesgos relacionados con la seguridad a través de PtD y la planificación de seguridad (Ghosh et al., 2014).

Apéndice 6. Sostenibilidad

Cuando un proyecto se está considerando para el desarrollo, su factibilidad generalmente se estudia utilizando los datos existentes de proyecto e industria de la localidad. Esencialmente, se define un rango de costos previsto dentro del cual se reducirá el proyecto 'tasa de mercado'. El enfoque probado para el diseño sostenible ha sido brindar eficacia en la construcción a la tasa del mercado, al aumentar la eficiencia del sistema de entrega del proyecto, como lo demuestra el historial de diseño/construcción de entregas puntuales y dentro del presupuesto (Mount, 2013). A continuación, se presentan los principales avances de la implementación de IPD y BIM.

(Mount, 2013) desarrolla un sistema que hace factible la aplicación de IPD y flujo de trabajo mejorado a través de la implementación de BIM. Afirmando que junto a un equipo colaborativo de profesionales se logran difuminar las líneas entre diseño y construcción, estimación de costos y entrega de costos, para lograr una sostenibilidad ambiciosa.

(Wong & Fan, 2013) señala que funciones como inherencia y herramientas de análisis del modelado de información (BIM) y proyectos de entrega integrada (IPD) pueden mejorar la producción de los diseños de edificios sostenibles. BIM provee análisis de energía, análisis solar, análisis térmico, diseño de iluminación, análisis acústicos, de ventilación y aire, y administración de materiales/recursos facilitando la reducción de energía, conservación de agua y disminución de desperdicios.

A principios del siglo 21 el consejo de Innovación e Industria del Medio Ambiente Construido del gobierno de Australia (BEIIC) (Allen Consulting Group, 2010), reconoce como tendencia internacional el *Green Building*, en el cual se pretende el desarrollo de habilidades digitales en las

nuevas tecnologías de la información de construcción (TIC), tales como BIM, habilidades sociales como la comunicación, la coordinación y la colaboración organizándose cada vez más en torno a la lógica del IPD y por ultimo donde involucre la construcción ecológica o sostenible (Fien & Winfree, 2014).

(Gandhi & Jupp, 2013) afirma que Green BIM se basa en tres pilares conceptuales; principios de diseño ambientalmente sostenible (ESD), optimización de créditos GBC, y sistemas de construcción integrados y procesos de diseño soportados por herramientas de modelado y análisis.

Por esta razón, (Gandhi & Jupp, 2013) aporta un plan de trabajo conceptual para el sistema de gestión de diseño Green BIM. Green BIM aparece en los últimos estudios que rodean el desarrollo en tecnología de modelado y análisis digital, ayudando en la toma de decisiones informadas y el cumplimiento de los procedimientos del método Green Building Challenge (GBC). Los sistemas GBC como Green Star de Australia y LEED de EE. UU. generalmente se otorgan basados en una variedad de criterios, incluyendo, sitios sostenibles, eficiencia hídrica, uso de energía, calidad de atmósfera, material de recursos, calidad ambiental interior e innovación en el diseño. Los requisitos para implementar Green BIM son la gestión de información y la colaboración multidisciplinar.

(Wu & Issa, 2015) propone un nuevo modelo de proceso y mejores prácticas en base a las pautas de Planificación en la Ejecución de Proyectos BIM (PEPG), para hacer frente a los proyectos ecológicos, desarrollando preliminarmente dos esquemas del proceso del nuevo modelo, y posterior a esto ejecutando una revisión y discusión de los casos de estudio pertinentes para verificar el concepto del modelo, examinando las necesidades reales y soluciones con tecnología de última generación para las oportunidades de negocios emergentes en BIM, IPD y sostenibilidad.

El modelo de (Wu & Issa, 2015) es conocido como mapa de proceso BIM verde integrado (*IGBPM*), el cual permite reconocer *BIM verde* (*Green BIM*) como una tendencia emergente en la industria AEC e identificando la falta de un proceso de negocio estándar para hacer frente a la ejecución de BIM en proyectos verdes, especialmente con las directivas de energía y diseño ambiental (LEED).

Construcción de cero energía (ZNE), es un edificio donde la cantidad total de energía utilizada por el edificio anualmente es aproximadamente igual a la cantidad de energía renovable creada en el sitio. Para cumplir con el objetivo de ZNE, el propietario, el equipo de diseño y el equipo de construcción deben buscar formas de trabajar juntos de manera más efectiva. IPD es particularmente apropiado para proyectos que desean lograr ZNE debido a la gran necesidad de colaboración entre las disciplinas de diseño y construcción (Eley, 2016).

(Fadeyi, 2017) aporta el desarrollo de un marco conceptual del proceso iterativo involucrado en el diseño de un edificio sostenible, un marco para la mejora de la productividad de la construcción usando BIM. Tal cambio mejorará el entorno colaborativo necesario para maximizar los beneficios inherentes en BIM.

➤ **Diseño térmico**

El ambiente térmico interior en edificios se requiere en el campo de la arquitectura debido a su importancia en el ahorro de energía y la salud de los ocupantes, actualmente la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) es la herramienta encargada de realizar este tipo de estudios (Yokoi et al., 2016).

(Yokoi et al., 2016) desarrollaron un proceso cooperativo de diseño arquitectónico donde los diseñadores tienen la oportunidad de interactuar, cambiar el diseño y recibir retroalimentación en el entorno térmico, este proceso se llevó a cabo con un sistema en el cual BIM, Dinámica de

Fluidos Computacional (CFD) y Realidad Aumentada (AR) están integrados para proporcionar visualizaciones interactivas.

➤ **Simulación de energía**

La arquitectura y la construcción son de gran importancia en la reducción de la intensidad del calentamiento global y la mejora de los impactos sobre la humanidad, por esta razón se requieren estudios para producir edificios de mayor eficiencia energética (Farias Stipo, 2015).

(Farias Stipo, 2015) afirma que los tres conceptos emergentes que en conjunto contribuyen a un nuevo proceso para el diseño de viviendas sostenibles son Building information Modeling (BIM), Building Energy Simulation (BES) e Integrated Project Delivery (IPD), proporcionando una oportunidad para hacer frente a los impactos negativos en el medio ambiente.

Los procesos de diseño sostenible generalmente se basan en el software de BES (simulación energética) para establecer el consumo de energía esperado de los diseños de construcción. Las herramientas de BES son las más adecuadas para examinar el riesgo y probar alternativas de diseño (Farias Stipo, 2015).

Por tal razón, (Farias Stipo, 2015) crea un proceso con ayuda de la recopilación de las mejores prácticas, de los datos obtenidos de entrevistas y revisión crítica de la literatura. El proceso de diseño para la sostenibilidad *DEPROSU*, es un modelo flexible prescriptivo basado en el rendimiento del diseño, se adapta a un equipo integrado (IPD) para unir a las partes interesadas, implementa tecnologías como BIM para crear un modelo 3D que permita la comunicación fluida entre los consultores de diseño, retroalimentación del diseño, avances y detección de choques, y BES para hacer una simulación detallada y avanzada de energía que permita escoger correctamente el diseño que contribuya con la sostenibilidad.

➤ **Simulación nD**

Los modelos nD son representaciones virtuales que comienzan con modelos en tres dimensiones y que luego se le agregan otras variables, tales como, tiempo (4D), costo (5D) y otros análisis (nD) (Umar et al., 2015).

(Umar et al., 2015) presentan un documento destacando los impactos de BIM 3D y 4D en proyectos de entrega integrada (IPD). Un enfoque de modelado innovador llamado 4D BIM se está empezando a desarrollar el cual asocia elementos de 3D BIM con el tiempo y la información de programación.

La programación 4D según (Umar et al., 2015) puede generar información significativa para el equipo durante las diferentes etapas de un proyecto, como las fechas de inicio y finalización de los elementos, así como su ruta crítica y visualizaciones del diseño del edificio a lo largo del tiempo. Su capacidad para compartir recursos de conocimiento minimiza la necesidad de volver a reunir y replantear la información, lo que resulta en una mayor precisión y una mayor velocidad de información transferida, una disminución de los gastos debido a la falta de interoperabilidad, la automatización de la supervisión y evaluación, el apoyo de trabajos de operación y mantenimiento impulsando la Entrega Integrada de Proyectos (IPD) en las prácticas de construcción.

Apéndice 7. Educación

Actualmente los docentes están empezando a notar que la educación de nuestros futuros ingenieros en BIM y IPD, como enfoque de colaboración y diseño, tiene que ser un precursor de la educación con temas de sostenibilidad (Gutierrez-Bucheli et al., 2016).

Para implementar BIM e IPD y mantenerse al día con la demanda actual y creciente de conocimiento, se requieren cambios en la educación, en el comportamiento humano y apoyo del Estado, puesto que IPD y BIM necesita de un grupo de trabajo amplio con suficiente conocimiento de lo que es y cómo utilizarlo (Trollsås, 2014).

(Daniel Forgues & Becerik-Gerber, 2013) afirman que el conocimiento es la práctica, puesto que abre una perspectiva de lo que es el mundo real permitiendo el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico necesaria para hacer frente a este entorno cambiante. Donde la investigación y la educación están construidas sobre una estructura rígida que a menudo se resiste a cambiar, a diferencia de la industria, las instituciones educativas no están presionados por el mercado para hacer estos cambios. Sin embargo, las nuevas prácticas de trabajo colaborativo y desarrollo tecnológico están creando esa presión sobre las instituciones, replanteándose cómo el diseño y la construcción se les enseña a los arquitectos, ingenieros y gerentes de construcción y cómo se genera el conocimiento con nuevas formas de organización del trabajo.

Algunos centros internacionales de innovación de la construcción que se encuentran en Nueva Zelanda, Australia, Finlandia, Reino Unido, Bélgica y los Estados Unidos demuestran que la creación e implementación de estos es un éxito en el aumento de la eficiencia, el intercambio de

conocimientos y la capacidad de innovación, proporcionando una mayor ventaja competitiva en la industria de la construcción. Un centro de investigación de la industria de la construcción financiado por el Gobierno de Irlanda es el tema principal de la investigación de (Hore et al., 2011).

Un enfoque de las actividades multidisciplinarias en la industria de la construcción es investigado y desarrollado en estos centros, como por ejemplo, marketing electrónico, correo de licitación, Building Information Modeling (BIM), edificio inteligente, la construcción sostenible, materiales y productos innovadores, logística y gestión de cadena de suministro, Proyecto integrado de entrega (IPD), las tecnologías móviles e inalámbricas, construcción magra, gestión de instalaciones, gestión de documentos, TIC para edificios energéticamente eficientes, sistemas de información de gestión de proyectos y muchos más (Hore et al., 2011).

Por último, (Kurul et al., 2013) afirma que la mejor forma de impartir escuelas estandarizadas en Reino Unido es a través de procesos innovadores de IPD que aprovechan el poder de BIM y las tecnologías emergentes cBIM (BIM colaborativo). Los desafíos que se presentan se agrupan en dos categorías principales, primero, los desafíos técnicos relacionados con la naturaleza de las tecnologías BIM y, en segundo lugar, los no técnicos relacionados con las prácticas humanas y de la industria.

(Kurul et al., 2013) propone un marco para la entrega de estas escuelas. Los cinco componentes del marco propuesto son tecnología BIM, consideraciones de sostenibilidad, actores o personas, procesos (es decir, adquisiciones y ciclos de vida del proyecto) y medidas de rendimiento del proyecto.

➤ **Aula presencial**

El aspecto más importante de enseñar a los estudiantes a usar IPD y BIM no está relacionado con un software específico o varias técnicas de modelado. La clave es tener una colaboración multidisciplinaria efectiva y constante sin importar el método de entrega. Sin colaboración, los objetivos del proyecto establecidos por el equipo no se desarrollarán plenamente. Para obtener los mejores resultados, se necesita un equilibrio y un soporte tanto de IPD como de BIM (R. Solnosky et al., 2015).

(Poerschke et al., 2010) perciben la necesidad de que los estudiantes desarrollen un conjunto específico de habilidades como, aprender a colaborar con otras personas, con el objetivo de participar efectivamente en equipos de diseño interdisciplinarios. Para este propósito (Messner et al., 2010) (Poerschke et al., 2010) desarrollan dos iniciativas de cursos que se basan en BIM, facilitando y acelerando la colaboración y el intercambio de información; y plantea los principales retos para la implementación de estos cursos. La primera iniciativa es un curso experimental en el plan de estudios “IPD / BIM proyecto integrador”. La segunda es un curso de diseño de culminación en la ingeniería arquitectónica “colaboración BIM estudio interdisciplinario” (R. Holland et al., 2010).

(Poerschke et al., 2010) afirman que este estudio, más que cualquier otro, tiene el potencial de solidificar las ideas y métodos de cada disciplina en el contexto de un equipo colaborativo de diseño profesional.

(R. Holland et al., 2010) llegaron a la conclusión que estos cursos son significativos en la mejora del mejora el aprendizaje y del trabajo de los estudiantes involucrándolos con un ambiente real, que se asemeje a la vida cotidiana.

La necesidad de una metodología de formación adecuada para los estudiantes que se enfrentan a la práctica profesional después de la graduación es uno de los conflictos que se presentan en las

instituciones actualmente, por tal razón, (Shapoorian & Molav, 2013) desarrollan un programa interactivo de aplicaciones BIM que tiene como objetivo hacer frente a la tecnología en rápida expansión BIM y la ideología de IPD.

Un ambiente de equipo de colaboración hace que los estudiantes se den cuenta de que no importa cuánto saben y lo duro que trabajan, todavía están a merced de otros; entendiendo que el trabajo personal utilizando habilidades de software, conocimientos, talento y experiencia previa crea un diseño único, pero la entrega final es el producto del esfuerzo de equipo (Shapoorian & Molav, 2013).

(Gregory et al., 2013) desarrollaron un programa de estudios de colaboración con el objetivo de preparar a los estudiantes para ingresar al mundo laboral, aprovechar su dependencia digital mediante el uso de BIM, usar una competencia de diseño para fomentar un esfuerzo significativo e introducir IPD para fomentar el respeto por el conocimiento y la autoridad de los demás.

Un estudio de colaboración sólo permite la exploración de dos barreras: la cultura y la tecnología. El desarrollo del programa puede abordar estas barreras dando al estudiante la oportunidad de comenzar a trabajar juntos para crear la confianza, el respeto y las buenas relaciones de trabajo antes de entrar en la profesión aprendiendo sobre IPD, BIM, y de Lean Construction (Gregory et al., 2013).

(R. Holland et al., 2013) desarrollan un estudio interdisciplinario colaborativo BIM (*ICBIMS*), el cual ha sido galardonado con cuatro premios. Además del uso de la tecnología BIM, este estudio tiene otras tres características importantes: equipos de diseño colaborativo, la participación del profesional/cliente con el fin de exponer a los estudiantes a profesionales del mundo real y las expectativas del cliente, donde se selecciona un proyecto real. Esto les brinda a los estudiantes una oportunidad única de aprender de los profesionales y de interactuar con ellos; y diseño

Benchmarking, a medida que los estudiantes desarrollan sus propios diseños, deben comparar su trabajo con el diseño real del proyecto en términos de función, costo, calendario, logística del sitio y consumo de energía.

(D. Forgues & Iordanova, 2010) desarrollan un marco IDP-BIM para remodelar las prácticas de diseño profesional, el cual se deriva de la necesidad de mejores prácticas de ingeniería a partir de software y la realización de trabajos en colaboración. Para desarrollar este marco se propone un programa piloto especial utilizando un enfoque IPD-BIM.

(R. Solnosky et al., 2011) desarrollan un programa piloto “integración del equipo a través de un curso de diseño de Capstone implementación de BIM e IPD”. El programa piloto *Felt* como se denominó, les dio a los participantes la oportunidad de ver de primera mano cómo un equipo de proyecto integrado trabaja en conjunto y logra un objetivo común, es una excelente herramienta en la formación de los ingenieros jóvenes.

(Wright, 2012) desarrolla un plan de estudios, el cual incluye dos áreas: contenido de la construcción y la construcción de la ciencia, ofreciendo áreas potenciales de la integración de BIM y IPD. Este fue acreditado por el Consejo Americano para la Educación de la Construcción (ACCE).

(Macdonald et al., 2013) proponen un marco *IMAC* para la enseñanza de materias AEC, tiene como objetivo apoyar a los académicos en sus planes de estudio con la adaptación y desarrollo de habilidades técnicas e interpersonales (colaboración y trabajo en equipo) con ayuda de herramientas y procesos BIM. La integración de los principios de colaboración IPD y las tecnologías BIM en clases existentes a lo largo del plan de estudios debería reducir la necesidad de desarrollar cursos completamente nuevos.

(Liu et al., 2013) desarrollaron un curso de proyecto integral en el Instituto Politécnico de la Universidad de Nueva York con el objetivo de proporcionar la información y las habilidades necesarias para implementar con éxito BIM en la construcción, desarrollar un módulo en conjunción con la coordinación entre BIM e IPD, conectar la tecnología y la investigación en la industria.

El diseño de edificios a través de la entrega integrada de proyectos en educación arquitectónica e ingeniería (*TBD-IPD*) es un nuevo plan de estudios propuesto por (Perdomo y Cavallin, 2014) (PERDOMO & CAVALLIN, 2014), que consiste en el desarrollo e implementación de intervenciones pedagógicas, entrándose en el desarrollo de un proyecto de diseño integrado en el que los estudiantes de tres facultades trabajan en colaboración con el fin de producir una solución compartida a la tarea de diseño dado. El programa se basó en tres énfasis pedagógicos, educación interdisciplinaria, colaboración interdisciplinaria y aprendizaje en base a proyectos (PBL).

(R. Solnosky et al., 2014) describe el desarrollo, implementación y resultados de un programa piloto de equipo multidisciplinario usando IPD y BIM. Consiste en un curso de finalización que busca que el estudiante incorpore oportunidades para simular situaciones de trabajo en el mundo real, compartir conocimientos, aprender a cooperar, desarrollar habilidades de liderazgo, ser complemento de las debilidades de otros (apoyo mutuo), responsabilidad compartida, distribución de carga de trabajo, formación de una persona íntegra y respeto por los miembros del equipo.

(Forbes et al., 2014) desarrollan un plan de estudios estandarizado el cual permitirá a los estudiantes llevar los principios lean a trabajos futuros, proporcionando a la industria los beneficios de la construcción sin pérdidas. Los estudiantes deben trabajar en colaboración, disciplinas como la arquitectura, ingeniería, tecnología y construcción aportan propuestas para el éxito utilizando los conceptos Lean, IPD y BIM en el diseño, desarrollo y construcción.

(Hwa & Wook, 2015) analizan el contenido del curso IPD-BIM de tres universidades de Corea, señalando la necesidad de tener una educación multifacética, continua y sistemática vinculada al trabajo práctico. Nota que una de las grandes limitaciones es la educación que toma el riesgo económico a nivel de empresa y tiene una comprensión unificada de la parte irreal, integración de sistemas y la comprensión práctica del IPD BIM.

(R. L. Solnosky & Parfitt, 2015) desarrollan un enfoque curricular para implementar BIM en ingeniería arquitectónica en la Universidad Estatal de Pensilvania. La universidad ha avanzado significativamente en este ámbito, adaptando planes de estudios que se enfocan en BIM e IPD, cursos de postgrado en el modelado, tomo la primera iniciativa de un juego de simulación virtual de la construcción, entre otros.

(R. Solnosky et al., 2015) desarrollan un programa piloto que involucra la incorporación de IPD/BIM, donde los estudiantes entiendan la necesidad de relacionar e integrar sistemas y varias disciplinas. El programa se centró en fomentar el enfoque de equipo como un todo y no sobre las disciplinas individuales, y obtener habilidades más potentes que giran en torno a las herramientas de modelado BIM.

(Gutierrez-Bucheli et al., 2016) presentan una propuesta de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de proyectos de construcción con la adopción de los principios de administración de proyectos integrados (IPD) para su desarrollo profesional a través de la metodología aprendizaje en base a proyectos (PBL) de acuerdo con las necesidades de la industria. Proyecto de diseño final es un curso del programa de ingeniería civil en la Universidad de los Andes, donde los profesores involucran a los estudiantes en el desarrollo de un proyecto real en el contexto de Colombia, la aplicación de metodologías como Lean Construction (LC) y IPD mejorado con herramientas BIM,

y la aplicación de un proceso de formación de PBL para los problemas del mundo real bajo los tres pilares de la sostenibilidad: social, ambiental y económico.

(Xie et al., 2017) plantean y resuelven la pregunta ¿el aprendizaje basado en el equipo o Team-based learning (TBL) mejora el aprendizaje de las habilidades IPD de los estudiantes en los cursos de BIM? Llegando a la conclusión que TBL dio a los estudiantes la oportunidad de aprender cómo trabajar con los diferentes miembros de los equipos y la forma de evaluarse ellos mismos y a sus compañeros, ayudó a comprender los conceptos IPD y BIM, los estudiantes a mejoraron su rendimiento académico y desarrollaron habilidades de trabajo en equipo, resolvió problemas de comunicación y mejoro sus capacidades de gestión del tiempo. Estos Los resultados serían una fuente de inspiración para los educadores en el área de gestión de la construcción a considerar el uso de TBL en la enseñanza. En general, TBL involucró a los estudiantes de maneras únicas y positivas.

➤ **Aula virtual**

(Daniel Forgues & Becerik-Gerber, 2013) desarrollan USC-VT un curso virtual y colaborativo habilitado para BIM, cuyo objetivo es capturar la complejidad del mundo real de los proyectos de construcción en entornos mediados digitalmente ayudando a los estudiantes a desarrollar, a través del aprendizaje experimental, la capacidad de comunicación y trabajo en equipo mejorando la eficiencia. A su vez la introducción de BIM en un entorno de colaboración virtual permitió un entorno más realista IPD. Se creó un laboratorio de diseño el cual estudia cómo los diversos instrumentos de mediación (reales o virtuales) pueden mejorar la colaboración, el intercambio de conocimientos y la generación de conocimiento en el proceso de diseño.

En base al trabajo realizado por (Mount, 2013) , un grupo inicial de profesionales se han unido para formar la *IPD.Community*, una plataforma abierta de aprendizaje en línea, para promover

estas herramientas y procesos, con el fin de perfeccionar y colaborar en las mejores prácticas compartiendo información en tiempo real.

Apéndice 8. Plataforma de colaboración

En la actualidad es posible imaginar un programa que permita un número ilimitado de personas para trabajar en el mismo proyecto, o trabajar exclusivamente en un componente, en diversos idiomas, unidades de medida y divisas, donde se pueda realizar un seguimiento, aprobar o rechazar los cambios en tiempo real, donde el propietario sea cada vez más sofisticado en su capacidad para realizar un seguimiento del rendimiento de sus miembros de equipo y costos del proyecto (Cholakis & Cooley, 2013). Este programa hace referencia a las nuevas plataformas de colaboración.

Las plataformas de colaboración permiten que la información del proyecto se pueda gestionar de manera ordenada, fácil de recuperar en línea, donde todos los vinculados tengan acceso, permita modificar fácilmente modelos digitales 3D disminuyendo las interferencias, que todos los participantes estén informados de los cambios u observaciones realizados y reduciendo significativamente las principales dificultades de la implementación de proyectos de IPD con el fin de promover su adopción (Z. Ma et al., 2018).

IPD se caracteriza por la participación temprana de todos los profesionales a cargo del proyecto, buscando la colaboración entre ellos y la contribución en el proceso de desarrollo y decisión, esto se dificulta debido a que los participantes trabajan simultáneamente en otros proyectos y no cuentan con el tiempo suficiente para reuniones constantes o compartir su información. En vista de esto, las plataformas pretenden reducir la dependencia de la comunicación cara a cara e integrar información dispersa y heterogénea de los involucrados (Z. Ma & Zhang, 2015).

Aunque la tecnología actual de las TIC aún no puede sustituir completamente la comunicación presencial si facilita la implementación de estrategias que optimizan los proyectos constructivos (Z. Ma et al., 2018).

Con base en informes y casos de IPD recopilados de literaturas, (Z. Ma & Ma, 2015) establecen que una plataforma de colaboración debe proporcionar como mínimo la gestión de almacenamientos, acceso al modelo digital, la interfaz de usuario, el mantenimiento de operación del sistema, la seguridad de datos y la ayuda al usuario, posterior a esto, debe cumplir requisitos relacionados con los documentos, con el modelo BIM, con los planos y requisitos integrales para la aplicación específica de una plataforma de trabajo de colaboración basada en BIM para apoyar proyectos IPD.

(Pishdad et al., 2011) desarrollan una plataforma de colaboración para la gestión de riesgos, que incluye bases de datos interconectadas tales como los riesgos, el costo de contingencia, calendario que presenta el periodo de tiempo durante el cual se producirá el riesgo, costo del proyecto, una biblioteca con una lista de riesgos y las posibles opciones para su gestión, cada participante tiene acceso no solo para revisar si no para añadir riesgos y establecer una nueva estrategia para su gestión, registra continuamente la información sobre la historia de la negociación, los debates y las entradas de los individuos, los riesgos y las asignaciones de uso compartido, y el costo esperado de riesgo.

Durante años se ha notado la ineficiencia e improductividad del sistema tradicional AECCO (Arquitectura, Ingeniería, construcción, propietario y operaciones), obligando a la industria a generar cambios masivos, algunos, producto de la influencia de las tecnologías de punta BIM y la computación en la nube (cloud computing), y otros desarrollando métodos de entrega de proyectos

integrados (IPD); estos al ser relacionados pueden aprovechar al máximo las posibilidades de colaboración (Cholakis & Cooley, 2013).

En la actualidad se han desarrollado plataformas de colaboración basadas únicamente en el manejo de información BIM. Este enfoque no puede satisfacer las necesidades de los proyectos IPD, por tal razón, (Ma y Zhang, 2015) describen el diseño de una plataforma a partir de los requisitos funcionales de trabajo colaborativo basada en proyectos BIM apoyo a IPD, aportando una base sólida para el siguiente desarrollo de una plataforma de trabajo colaborativo mejorado.

Según la revisión de literatura se observó que en todo el mundo 45,5% de los proyectos implementan IPD pero con reuniones presenciales, 59,1% utilizan la plataforma de colaboración, 27,3% manejan ambos tipos de infraestructura, y sólo el 22,7% no utiliza ninguna, demostrando que la tendencia a futuro se concentrará en el desarrollo de mejores plataformas de colaboración que permitan una poderosa reunión virtual donde se apoye la discusión entre los participantes del proyecto IPD, estableciendo una red social en línea para proporcionar más métodos de comunicación flexibles, mejore las relaciones entre participantes y el uso de una integración de información más avanzada (Z. Ma et al., 2018).

➤ **Requerimientos funcionales**

Los requerimientos funcionales son los cálculos, detalles técnicos, manipulación de datos y otras funcionalidades específicas que un sistema debe cumplir. Por tal razón, (Z. Ma & Ma, 2017) formulan 38 requisitos funcionales para la aplicación de plataformas de colaboración IPD y BIM.

Estos requisitos fueron ordenados según el tipo de información como documentos, modelos BIM, dibujos, información Audio-visual e información comprensiva. Dentro de los documentos se encuentran requisitos de soporte para subir, buscar, editar, descargar y sincronizar documentos; en modelos BIM debe permitir subir, buscar, descargar, verificar el cumplimiento de los modelos,

administrar, editar, ejecutar, eliminar, establecer y modificar el flujo de trabajo; en dibujos se pueden encontrar requisitos como descargar, editar, buscar y cargar planos en la plataforma; la información audiovisual requiere un soporte en videoconferencias, apoyar a los usuarios para planear el flujo de trabajo multidisciplinar, debatir y detectar conflictos del modelo BIM mientras realizan videoconferencias; y por último la información comprensiva debe permitir la consulta de información de apoyo, documento de soporte, de dibujo y de modelo BIM para conectarse entre sí, establecer el flujo de trabajo multidisciplinario, actualización de resultados periódicamente, verificar el diseño automáticamente siguiendo los criterios de diseño, notificar a los usuarios de las modificaciones realizadas, mostrar la información en múltiples monitores de forma sincrónica, registrar el tiempo de finalización de las tareas en el flujo de trabajo, registrar las propuestas aceptadas por el equipo de IPD, encriptar información antes del intercambio y administrar permisos para usar información (Z. Ma & Ma, 2017).

(Z. Ma & Ma, 2017) afirman que estos requisitos establecen una base sólida para desarrollar una plataforma de colaboración basada en BIM que soporta IPD, lo que facilitaría su aplicación y mejoraría la eficiencia, puesto que las plataformas existentes no satisfacen en su totalidad los requisitos necesarios para apoyar su implementación.

Apéndice 9. Sector público

(Sebastian, 2011) afirma que muchas organizaciones gubernamentales están restringidas para implementar IPD debido a la obligación de realizar licitaciones públicas que involucren a múltiples candidatos. Además, las licitaciones públicas se evalúan contra criterios de precios estrictamente definidos conforme al programa de requisitos o especificaciones de diseño del propietario del proyecto, según IPD, estos elementos aún no han sido desarrollados por las partes clave después de la firma del contrato. No existe un marco de licitación legal ni un procedimiento de trabajo formal estandarizado para el método de IPD.

Uno de los grandes retos que se presenta se debe a que la mayoría de los proyectos de infraestructura son proyectos públicos con fondos federales o estatales, donde el oferente seleccionado para construir el proyecto suele ser el que presente la propuesta de menor costo para completar el trabajo. Con IPD, el contratista o encargado de la construcción se tiene que seleccionar antes de diseñar. Si la ley no permite que un contratista se seleccione en función de sus capacidades, no se podrán llevar a cabo las ventajas de la colaboración temprana entre el propietario, arquitecto, ingeniero y contratista, permitiendo escoger el mejor diseño al menor costo (Manning, 2012).

(Tahrani et al., 2015) establecen siete factores clave, que son vistos como controladores para lograr la adopción e implementación de BIM y enfoques integrados: el sector público como conductor, políticas gubernamentales que ordena BIM en todos los proyectos públicos, normas y pautas de BIM, requisitos claros de intercambio de información y estándares abiertos,

organizaciones designadas responsables de la implementación de BIM, informes y promoción de BIM y, por último, programas de investigación BIM.

➤ **Agencias reguladoras**

Las agencias o entidades reguladoras son instituciones creadas por el estado para controlar e intervenir los sectores de la industria en variables como la calidad, el precio, etc. Actualmente, sin importar el tamaño del proyecto la participación de una agencia reguladora es inevitable, ya sea en la fase de concepto, diseño o construcción (Glick & Guggemos, 2009).

En consecuencia, (Glick & Guggemos, 2009) plantean la inclusión de estas entidades como actores fundamentales en los procesos de BIM y IPD, con el propósito de generar beneficios en las diferentes fases de la construcción.

En la fase de concepto, el uso de modelos BIM podría mejorar y simplificar la introducción y adopción de nuevos materiales y métodos de construcción a la agencia reguladora; en los casos donde se requiere una audiencia pública, el uso de modelos 3D aumentaría la transferencia de conocimientos; y el equipo de IPD de un proyecto se beneficiaría del uso de BIM para transmitir información a los organismos reguladores, en un esfuerzo para acortar el proceso de cumplimiento antes del diseño final (Glick & Guggemos, 2009).

En la fase de diseño, encontramos beneficios como la disponibilidad de información actualizada durante el proceso de permisos, eliminando los documentos físicos y permitiendo a las nuevas tecnologías una revisión inmediata en el diseño, esperando una respuesta y aprobación más pronta por parte de la agencia (Glick & Guggemos, 2009).

En la fase de construcción, dado que las entidades cumplen principalmente una función de inspección, el uso de BIM 3D aumenta la capacidad de comparar los planos con el desarrollo de la obra, tener una perspectiva más realista de lo que se está ejecutando y si se está llevando a cabo

lo planteado en la fase de diseño, si el inspector se plantea una pregunta sobre el proyecto o su ejecución se podría llevar a cabo una reunión presencial o por otros medios mientras todos visualizan el modelo 3D mejorando la comunicación (Glick & Guggemos, 2009).

En la fase de operación y mantenimiento, la información de las agencias está abierta al público, por esta razón visualizadores 3D de los proyectos permitiría tener una base de datos ordenada, facilitando a los propietarios u ocupantes estar al tanto de la construcción, equipamiento y mantenimiento de los materiales, sin olvidar que es clave para los proyectos de remodelación. Y en la fase fin de su vida útil, BIM ayudará en la identificación de los elementos que pueden ser reciclados o reutilizados, también proporcionará cantidades y secuenciación para facilitar la deconstrucción segura. Además, puede ayudar en cualquier proceso de documentación requerida por el organismo regulador (Glick & Guggemos, 2009).

Apéndice 10. Generalidades

Algunas generalidades de la implementación conjunta de IPD y BIM encontradas en la revisión de literatura son descritas cronológicamente a continuación.

(Kim & Dossick, 2009) afirma que nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes son necesarios en la innovación de la industria de la construcción. Existe una cita para explicar este hecho: “tecnología BIM es 10% y 90% sociología”. Esto, supone un cambio cultural y sociológico en la manera de entender el ciclo de vida del proceso constructivo. Esta afirmación es vital para entender que no solo estamos hablando de nueva tecnología o de evolución de la ya existente, estamos hablando de nuevos retos.

BIM, como modelo digital, es la herramienta más poderosa que soporta IPD. Debido a que BIM puede combinar el diseño, la información de fabricación, las instrucciones de montaje y la logística de gestión de proyectos en una sola base de datos, proporciona una plataforma para la colaboración durante todo el diseño del proyecto. Simultáneamente, IPD proporciona el entorno donde BIM puede alcanzar el mayor potencial, BIM muestra una gran oportunidad para compartir información, sin embargo, el intercambio de información bajo un ambiente fragmentado, es lo que conocemos como sistema tradicional es difícil y poco eficiente (Yang & Wang, 2009).

IPD y BIM cooperan para cambiar el viejo paradigma de la documentación basada en 2D a prototipo digital y visualizado (BIM), conduce a una nueva distribución del esfuerzo de diseño a través de intercambio de información lo cual tiene más probabilidad de lograr los resultados deseados: rápido, edificios eficientes, efectivos, y reducción de costos, cambiar la forma de flujo

de información del estilo por etapas para continuar una, cambiar el diseño tradicional y mejorar la productividad favoreciendo el nivel y el alcance de la automatización (Yang & Wang, 2009).

Los ponentes del Proyecto Integrado de entrega (IPD) afirman que potencialmente puede lograr resultados superiores en comparación con otros modelos de adquisición como Alliancing. Si bien existen similitudes fundamentales entre Alliancing y estructuras de contratación IPD, hay una serie de puntos clave que los diferencian. Los más notables son la colocación de un entorno Big Room en etapas tempranas, protocolos de Building Information Modeling (BIM), técnicas de gestión de proyectos para mejorar el flujo de trabajo y gestión de costos (Raisbeck et al., 2010)

Por otro lado, BIM es altamente complementario a Lean y IPD, puesto que proporcionan una plataforma común, una fuente de conocimiento compartido de información, es un instrumento de documentación, es una herramienta de colaboración, es paramétrico, y es una herramienta para el choque detección y análisis de contractibilidad. BIM ofrece una gran oportunidad para promover el diseño, la construcción, la colaboración y la integración a lo largo de un ciclo de vida del proyecto, por lo tanto, su plena capacidad sólo puede ser reconocida en un entorno de colaboración (Pishdad et al., 2011).

(Morton & Thompson, 2011) afirma que las principales ventajas de la utilización de BIM habilitado proyecto Entrega Integrada (IPD) dentro de la industria de la construcción del Reino Unido son el uso de reuniones con clientes o de revisión de modelos en momentos estratégicos ayuda al equipo de diseño, la evolución de los participantes y el cliente a identificar áreas problemáticas, así como a reducir los errores de diseño, que a su vez reduce tiempo y dinero, el uso de sitios de almacenamiento de documentos y nuevas soluciones de mobiliario también están ayudando al equipo de diseño en colaboración y coordinación.

BIM está siendo utilizado cada vez más como una herramienta no sólo para el diseño, simular y mantenimiento de los edificios, sino también como una manera de comunicar la intención del diseño a las partes involucradas. Esto tendrá un efecto en las futuras funciones de los profesionales del medio ambiente construido (Morton & Thompson, 2011).

En IPD, todos los participantes trabajan juntos en las primeras etapas del proyecto donde se establecen los objetivos, se comparte información, se optimiza la eficiencia y los miembros del equipo se centran en el proyecto en lugar de la profesión, todo en un esfuerzo por reducir el riesgo. Sin embargo, se presentan retos debido a la superposición de los roles y responsabilidades del arquitecto, ingeniero y contratista, implicando riesgos adicionales. Pero, estos retos pueden ser superados con la compra de pólizas de seguro adicionales (Manning, 2012).

(Ilozor & Kelly, 2012) es un estudio conceptual del modelo de Integración BIM/IPD identificaron los beneficios clave y las deficiencias dentro de la literatura, notando varios problemas derivados de la deficiencia de investigación dentro de la literatura.

Las deficiencias clave dentro de la literatura con respecto al impacto de BIM-IPD son: la falta de un análisis cuantitativo exhaustivo y una verificación de las numerosas aseveraciones cualitativas hechas, una verificación meticulosa de los supuestos beneficios de la adopción de BIM-IPD, por ejemplo, no se encontraron estudios que informaran las horas reales de trabajo gastadas (u otra métrica cuantificable) por contratistas en proyectos comparables, tanto antes como después de la adopción de BIM-IPD. La seguridad no fue mencionada extensamente en la literatura. Esto es sorprendente debido a la importancia fundamental de este tema para los contratistas y al potencial de mejorar las tasas de pérdida de seguridad con más actividades de prefabricación fuera del sitio habilitadas por BIM (Ilozor & Kelly, 2012).

Soluciones integradas de diseño y entrega (IDDS) se definen como procesos colaborativos y habilidades avanzadas con datos integrados, información y gestión del conocimiento para minimizar ineficiencias estructurales y de proceso para mejorar el valor entregado durante el diseño, construcción y operación, y entre proyectos. Los principales procesos de colaboración dentro de IDDS que permiten el uso de Building Information Modeling (BIM) y construcción virtual para integrar el diseño y la entrega de proyectos son: Lean Project Delivery o Integrated Project delivery IPD, diseño basado en evidencia, diseño basado en conjuntos y diseño de valor objetivo (TVD) (Mossman et al., 2013).

Los factores que asisten a la creación de una cultura de proyectos unificada incluyen co-ubicación reuniendo a los participantes clave durante todo el desarrollo del proyecto, gobernabilidad integrada que administre todo el equipo de manera conjunta, alinear las aspiraciones y la supervisión de la práctica (Mossman et al., 2013).

Los beneficios potenciales de estos procesos integrados son: para los clientes, permite enlazar las opciones de diseño a los objetivos de negocio, valor mejorado y un producto de mayor calidad, menor costo de operación, reducción de costo energético; para los diseñadores, menos trabajo puesto que minimiza la iteración de diseños, relaciones, conversaciones y compromisos son gestionados, facilidad para crear edificios verdes, reducción del tiempo en la documentación de diseños; y para los constructores, mejor diseño integrado, menos trabajo, menores costos, una terminación más rápida, logística considerada desde un principio, relaciones, conversaciones y compromisos administrados sistemáticamente, mayor fiabilidad del proceso de construcción y de seguridad de costos (Mossman et al., 2013).

Para que los equipos de colaboración sean eficientes, los miembros del equipo necesitan modelos mentales bien desarrollados entre sí, ya que pueden mejorar significativamente el costo,

el cronograma y las medidas de calidad, especialmente en proyectos complejos. La formación de modelos mentales en proyectos de construcción para la administración de equipos de soluciones integradas de diseño y entrega (IDDS), busca involucrar herramientas, procesos y habilidades de BIM en diferentes partes interesadas. Los factores clave y los modelos mentales asociados con las tareas, los procesos, el contexto, las competencias y los miembros fueron desarrollados por (Singh, 2013).

Las principales razones que impulsan a BIM e IPD a influir en el diseño y la construcción en la actualidad son: residuos, retrabajo y baja productividad en la industria de la construcción, evolución tecnológica, demanda de los propietarios de valor, motivación de Arquitectos e Ingenieros y búsqueda de contratistas para la mejora de la productividad (Liu, 2013b).

(AHBABI, 2014) desarrolla un plan de trabajo para el proceso de la implementación exitosa de IPD en organizaciones que utilizan BIM como el principal vehículo para controlar y gestionar el proceso de integración. Estas siete fases resumen el protocolo: fase 0 configuración de la estrategia, fase 1 requisitos del proyecto, fase 2 compras integradas, fase 3 licitación basada en BIM, fase 4 diseño integrado, fase 5 construcción y fase 6 operar (FM).

(AHBABI, 2014) establece seis principios que los clientes deben liderar permitiendo reconocer el rango de habilidades y capacidades de los interesados para trabajar en colaboración. Estos son: tener una visión general del proyecto para cubrir toda la vida del proyecto, usar acuerdos marco, innovar en las relaciones con proveedores, liderar un buen diseño, comprometerse con el desarrollo sostenible y considerar la gestión de edificios en una etapa temprana.

(Talebi, 2014) establece que BIM como proceso de desarrollo del proyecto en un ciclo de vida del edificio contribuye con la visualización impactando positivamente en la comunicación, la colaboración y la planificación. BIM requiere una mayor integración de los equipos de proyecto y

la colaboración entre todos vinculados. Por lo tanto, respecto a los métodos de entrega, enfoques de colaboración tal como IPD en comparación con los métodos lineales como DBB, es más capaz de optimizar los proyectos basados en BIM. La colaboración de los principales interesados en etapas más tempranas es altamente compatible con las capacidades de BIM. Además, los métodos de colaboración pueden resolver problemas tales como la división de incentivos obtenidos por BIM entre los interesados y la falta de conocimiento del contratista en el diseño fase temprana de su participación.

(Díaz et al., 2014) afirman que al aplicar Lean Construction al modelo IPD se obtiene como resultado el sistema de ejecución de proyectos “Lean” LPDS (Lean Project Delivery System o sistema de entrega de proyectos Lean), el cual toma lo mejor de IPD y LC para alinear personas, sistemas, procesos de negocio y prácticas con el fin de aprovechar los talentos e ideas de los participantes para optimizar valor para el cliente, reducir residuos y maximizar la eficacia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción y BIM contribuye con las funcionalidades de visualización de formas y rápida generación de diseños alternativos.

El sistema de Construcción Industrializada (IBS) se asocia con problemas de fragmentación. Por tal razón, (Nawi et al., 2014) se centra específicamente en las características potenciales de BIM e IPD para mejorar la práctica integrada en la perspectiva de IBS en Malasia, la entrega Integrada de Proyectos (IPD) con la utilización de Building Information Modelling (BIM) podría mejorar el proceso de construcción fragmentado tradicional.

Algunos datos curiosos encontrados en la literatura de (Tahrani et al., 2015) son: Reino Unido más recientemente ha establecido objetivos agresivos en su construcción para 2025 como estrategia industrial: 33% de los costos más bajos, entrega 50% más rápido, las emisiones de gases de efecto invernadero un 50% menor y un 50% de mejora en las exportaciones, Finlandia es famosa

por sus iniciativas de investigación, programas de innovación y establecimientos de redes internacionales. La primera investigación sobre BIM se inició en la década de 1980.

(Halttula et al., 2015) aporta las características clave de modelos de información (BIM) y acuerdos de entrega de proyectos relacionales (RPDA) afirmando que el uso simultáneo de ellos da beneficios para el proyecto. El uso de BIM ayuda a alcanzar las metas RPDA.

(Rahim et al., 2015) afirma que uno de los grandes problemas del enfoque tradicional es la fragmentación. Por ejemplo, la fragmentación de los diferentes participantes lleva a concepciones erróneas y malentendidos, la fragmentación de los datos de diseño, de fabricación y de construcción da lugar a diseñar enfrentamientos, omisiones y errores, y la fragmentación facilita la ocurrencia de cambios de diseño finales generando sobrecostos y demandas de responsabilidad innecesarios. Y para lograr la integración, la mejora en la comunicación y las relaciones es necesario la incorporación de IPD.

Los sistemas de IPD en Estados Unidos, Reino Unido y Australia ha madurado en sus actividades prácticas a partir de 2006. Por tal razón, (C.-Y. Chang et al., 2015) estudian el efecto de BIM en la necesidad de un método alternativo de entrega (IPD) y su aceptabilidad en China. Este requisito es apoyado por los resultados actuales, donde más del 80% de los profesionales encuestados piensa que hay una necesidad de desarrollar una nueva forma de Product Data Management (PDM) o manejo de datos de producto.

(S & M.E., 2016) desarrollo de un marco (*Swimlane*) adecuado para la transferencia de información BIM entre los diversos participantes en el proyecto y el uso de modelo final para la gestión de las instalaciones, siendo clave principal para influir en el proyecto y desarrollar resultados eficientes al ciclo de vida de proyectos IPD.

Un manual de comunicación propuesto por (Čepková, 2016) para establecer normas para la comunicación, como una descripción de la información que debe incluirse en el documento o que transmite y recibe. El Acuerdo IPD ofrece una guía en forma de un protocolo de datos digital sobre cómo montar estructura simple pero aún precisa de instrucciones para el intercambio de información en el consorcio. Building Information Modeling presenta una nueva forma de diseñar (datos digitales).

Con IPD los participantes clave están unidos como iguales, comparten el riesgo financiero y la recompensa en función de cuán bien el proyecto cumpla sus objetivos, acuerdan no demandarse entre sí (es decir, firman renunciaciones de responsabilidad), proporcionan transparencia fiscal, participan entre sí al principio del proceso de diseño, juntos desarrollan objetivos del proyecto, criterios, y participan en la toma de decisiones en colaboración (Eley, 2016).

(Yuri & Pila, 2016) presenta un nuevo modo de trabajo colaborativo: el IPD, un marco de trabajo integrador de resultados fascinantes. El documento describe todo lo que concierne a IPD, como contenido, secuencia de IPD, la propuesta, representación gráfica, principios, la microestructura y algunos casos de estudio.

(Rowlinson, 2017) identificó 12 temas clave dentro de la investigación para la adopción de BIM-IPD : la implementación y adopción, proceso de diseño arquitectónico, la academia y la industria de la capacitación, intercambio de información y la interoperabilidad, construcción y gestión de proyectos, promoción y desarrollo de la tecnología, mantenimiento y administración de instalaciones, códigos de diseño y cumplimiento del código, administración de seguridad, diseño y análisis de espacios urbano/de construcción, y el rendimiento energético y la simulación.

El estudio indicó claramente que hay una variedad de partes interesadas dentro de la industria en todo el mundo que potencialmente pueden beneficiarse de la combinación de BIM y IPD. Sin

embargo, se requieren procesos de cambio para la adopción, por ejemplo, las evidencias de éxito impulsarían esta evolución, que IPD sea aceptado dentro de las industrias de construcción e inmobiliarias en todo el mundo, una serie de partes interesadas se unan para el beneficio mutuo y desarrollen sus propias versiones de IPD culturalmente diferentes, superar la inercia institucional que acosa a los gobiernos y sus agencias, la cual crea desconfianza en la industria. Hasta cierto punto, este es un tema cultural, pero no del todo, es necesario que las instituciones ejemplares y sus proyectos lideren el camino. Ciudades como Hong Kong donde el enfoque IPD ya está bien arraigado dentro de la organización principal y su cadena de suministro. Por lo tanto, la cuestión es de una voluntad política y empresarial de cambiar los paradigmas existentes del sistema de adquisiciones por otros que se ajusten a las características económicas y culturales regionales y nacionales y que enfatizan la colaboración, el intercambio de información y la confianza en el contexto de un modelo tecnológico confiable y confiable del edificio (Rowlinson, 2017).

(Kahvandi et al., 2017) concluyó que, durante los últimos años, la tendencia de los estudios realizados sobre el IPD ha aumentado, en particular los artículos examinados definen la motivación de apoyar los intentos de unir a los miembros del equipo para lograr los objetivos del equipo comunes.

(Kahvandi et al., 2017) establece los factores de motivación del equipo durante las diferentes fases de ciclo de vida del proyecto.

(Kahvandi et al., 2017) afirma que la fuente principal de información de este método IPD-BIM es Estados Unidos; de manera que hasta el año 2012, la mayor parte del volumen de artículos se desarrolló en este país. Las primeras instrucciones sobre la formulación de IPD en la industria de la construcción se han inventado desde 2007 en este país. Otros países, como Europa, China, Irán y Australia también han llevado a cabo diferentes estudios en este campo; en particular desde

2013 hasta ahora, han aumentado significativamente. En los últimos años, especialmente en 2014, los investigadores han prestado más atención al concepto IPD, y la mayoría de ellos trató de localizarlo, mediante la evaluación de las condiciones, el medio ambiente y las leyes de sus países (Kahvandi et al., 2017).

Los estudios de 2001 a 2009 se centran en fundamentos, principios y definiciones del método IPD, y se centran más en la introducción de IPD a las industrias. Estudios de 2010 a 2012 se consideran las lecciones aprendidas sobre la implementación IPD y contratos también investigan desde el punto de vista de factibilidad para la implementación IPD. Y una de las últimas tendencias investigativas es el uso de las tecnologías de TI en la implementación de IPD. Con el creciente desarrollo de la tecnología, el progreso IPD en el campo de intercambio de información y la comunicación en línea también está aumentando (Kahvandi et al., 2017).

(Fadeyi, 2017) discute el papel de la creación de modelos de información (BIM) en la reducción de la fragmentación entre los profesionales en cada etapa de entrega de un edificio funcional, respetuoso con el medio ambiente y habitable, sostenible y fácil de operar.

IPD, LC y BIM están haciendo cambios fundamentales en la industria de AEC. Si bien todos son conceptualmente independientes, abordan diferentes aspectos de la práctica profesional y no requieren ejecución e implementación en conjunto, pero son excelentes complementos, cada uno puede potenciar a los demás y si se hace ausencia de uno tendrá menos efecto en la colaboración exitosa del proyecto. Al revisar y profundizar en el concepto, los beneficios, las barreras y los desafíos de este nuevo enfoque LC, IPD y BIM, se encuentra un déficit de información e investigación en el tema (A. Fakhimi et al., 2017).

Industria de la construcción es uno de los sectores donde existe una necesidad urgente de desarrollo de la interoperabilidad entre las partes interesadas. Por tal razón, es esencial para la

industria darse cuenta de que un equipo integrado que converge en la misma dirección mejorará los resultados, contribuyendo a la evolución y supervivencia del sector alcanzando la satisfacción del cliente (Parente, 2017).

La importancia de IPD y su implementación es esencial, por eso (Parente, 2017) hace un enfoque en los temas de liderazgo, información y procesos, principales componentes de IPD que conducen a los objetivos pretendidos y presentan las ventajas del sistema IPD.

Otra consideración importante es que IPD elimina situaciones que no añaden valor al proyecto (LC). La optimización de todo el proyecto se centrará en las partes que entregan valor lo que aumentará la fiabilidad de la planificación y BIM es el vehículo de transporte de datos ya que la información que permite visualizar aporta en la toma de decisiones, aumentando la percepción del grupo a utilizar su conocimiento para tomar decisiones importantes en el proyecto (Parente, 2017).

(Neve et al., 2017) ha demostrado los cinco elementos de IPD: contrato, organización, cultura, Lean y BIM, mejoran la eficacia de cada miembro del equipo de tal manera que el todo sea mayor que la suma de sus partes, todo lo cual contribuye al éxito y la integración de los proyectos de IPD.

(Neve et al., 2017) descubrió que IPD podría admitir diez habilitadores de innovación, los cuales son: gestión (enfoque, soporte, recursos), incentivos comunes (riesgo compartido y recompensa), confianza, comunicación, colaboración, cultura (sin culpa), red (uso de socios externos), proceso (una gestión del proceso de innovación formalizada por un facilitador), intercambio de conocimiento y empleados (las habilidades correctas).

Por último, (Neve et al., 2017) afirma que el sistema IPD se podría percibir como una Empresa Virtual (VE). El VE es un sistema de entrega de soluciones al cliente creado por una agregación habilitada de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) temporal y reconfigurable de competencias centrales, como lo hace IPD. Al implementar el paradigma VE, IPD tiene el

potencial de integrar aún más la organización y la comunicación del proyecto, creando un contexto interdependiente para el equipo del proyecto. Este contexto podría ayudar a IPD a aumentar la producción de valor.

El estudio de (Jang & Lee, 2018) identificó que factores organizacionales comunes como el número de participantes, el nivel de los tomadores de decisiones y la heterogeneidad de los participantes tenían una fuerte correlación positiva con el tiempo y la eficiencia de coordinación, brindando la oportunidad de establecer diversas estrategias para la gestión del cambio. El tiempo de coordinación se puede reducir implementando el enfoque sala grande o Big Room, un entorno de trabajo integrado y compartido, para reunir a los principales responsables de la toma de decisiones en una sala y facilitar la comunicación entre ellos.

Los principales factores que afectan la coordinación del diseño afirma (Jang & Lee, 2018) que son de gestión, medio ambientales y físicos, como el contrato de IPD, enfoques lean, un entorno de trabajo co-ubicado y la densidad de MEP.

Apéndice 11. Casos de estudio

El proyecto, Autodesk One Market, ubicado en One Market Street, San Francisco, California es un ejemplo exitoso de aplicación IPD con el apoyo de BIM, el éxito se determinó mediante los siguientes criterios: funcionalidad, estética, materiales, mano de obra y de sostenibilidad. BIM fue una plataforma ideal para la búsqueda exitosa de Certificación LEED Platino y el proyecto recibió una buena puntuación aumentando la capa de compensación de incentivos en un veinte por ciento (Becerik-gerber et al., 2009).

Algunos proyectos piloto, como el complejo de edificios de oficinas de vista panorámica de montaña del grupo Camino, han logrado un gran éxito al usar BIM y métodos IPD: cero conflictos entre varios sistemas, menos del 0.2% de reproceso, mejora de la productividad de más del 30% para el contratista mecánico, menos de dos horas por mes dedicadas a la coordinación de campo por el superintendente del contratista general, solo dos cuestiones de campo relacionadas con las solicitudes de información (RFI), cero órdenes de cambio relacionadas con problemas de conflicto de campo (Yang & Wang, 2009).

Con ayuda del proyecto Children's Hospital donde se implementó IPD, BIM y LC, (Kim & Dossick, 2011) llegaron a varias conclusiones: Lean y BIM fueron herramientas comprobadas en la industria para mejorar el rendimiento de los proyectos, y en este caso de estudio trabajaron en armonía con la cultura y la organización para la entrega integrada del proyecto, también sintieron que el uso de estas herramientas en un equipo integrado resultó en un mejor producto final ya que la experiencia y las perspectivas de los distintos miembros del equipo se expresaron e incorporaron

en el diseño y la construcción, el equipo pudo enfocarse en tomar las mejores decisiones para los objetivos del proyecto, compararon con otros proyectos en los que los participantes habían trabajado y descubrieron que BIM facilitó y mejoró la implementación de Lean, incluido el diseño basado en conjuntos en el que las partes interesadas compartieron y se comunicaron con los modelos, entendiendo que cuando se introducen herramientas digitales para ayudar a la coordinación los equipos pueden estar más satisfechos con los resultados, sin embargo, se debe tener claro que herramientas, tales como BIM, apoyan el trabajo en equipo integrado, pero no crean el equipo integrado.

(Kim & Dossick, 2011) concluyeron que son cinco los componentes o elementos que se apoyan y refuerzan mutuamente: el contrato relacional, la cultura de participación, la organización en torno a sesiones de trabajo grupales, la aplicación de principios Lean Construction clave, y creación de modelos de información (BIM).

(Judy, 2012) afirma que en Australia se ha presentado una evolución en los últimos 20 años, inicialmente con la implementación de CADD en la década de 1990, desde mediados de los 2000 con BIM y por último la incorporación de IPD en el proceso de diseño y entrega de proyectos constructivos. Este desarrollo en especial desde el 2005 ha contribuido a destacar únicamente los beneficios de BIM estableciendo plazos obligatorios de entrega de proyectos con esta herramienta como en Estados Unidos, Reino Unido y el gobierno de Queensland.

Sin embargo, con el estudio económico BEIIC realizado el 29 de octubre del 2010 se abre una brecha investigativa sobre la implementación conjunta de IPD-BIM, donde organizaciones nacionales como el departamento de obras públicas de Queensland, Asociación cooperativa de centros de investigación (CRC), Universidad tecnológica de Queensland (QUT), Universidad RMIT en Melbourne, Centro nacional de investigaciones para ambiente construido sostenible

(SBEnc), industrias como NATSPEC, buildingSMART y la participación del Instituto Australiano de Arquitectos (AIA) reconocen los beneficios de utilizar BIM pero afirman que es necesario vincularlo con IPD para obtener excelentes resultados. Demostrando los resultados en proyectos como Dandiiri en Queensland, donde se han incluido resultados exitosos 'verdes' que fueron apalancados a través de la inversión en BIM e IPD en una etapa temprana del proyecto.

Los casos de estudio donde se implementó IPD y BIM demuestran que se pueden derribar barreras como los contratos que abordan problemas legales, la preocupación por los derechos de autor y cuestiones de responsabilidad e inexperiencia (Hampson & Kraatz, 2013). Esta vinculación mejoró la toma de decisiones estratégicas, potencializó líderes en la innovación, adquirió y explotó el conocimiento, desarrolló productos y procesos teniendo en cuenta el aprendizaje organizacional, maximizó el uso de tecnología, integró a los participantes, mejoró la solicitud de información, el cliente entendió a través de la visualización, mejoró la productividad (entregas a tiempo), aumentó el producto para un mismo presupuesto, se potencializó la práctica integrada (reducción de enfrentamientos) y retuvo más el personal a través de mejora de habilidades y satisfacción en el lugar de trabajo (Hampson & Kraatz, 2013).

Los mecanismos de trabajo que reducen los problemas que se presentan en la fase de ejecución de un proyecto son IPD y BIM, escenario perfecto donde todos los que participan en el proyecto aportan un ambiente de trabajo óptimo, tienen la misma importancia, detectan fallos del proyecto y los corrigen a tiempo, permitiendo la gestión de los proyectos de construcción desde las primeras fases hasta la entrega final (Duque Carmona, 2014).

(Ogbamwen, 2016) en su investigación afirma que los países donde más se ha desarrollado esta estrategia son Estados Unidos y el norte de Europa. Proyectos como North General Hospital de Harlem New York (2014) tuvo éxito puesto que facilitaba la toma de decisiones y se solucionaban

los errores rápidamente, debido al establecimiento de buenas comunicaciones entre los participantes; otro caso exitoso fue el Sutter Medical Center Castro Valley permitiendo desarrollar el proyecto en siete meses menos de lo esperado. La implementación en España aún se está iniciando, quizás en un futuro inmediato se empieza a utilizar estas metodologías y se podría exigir proyectos con la unión de IPD y BIM.

Apéndice 12. Formas de contrato

“Las alianzas son contratos de relación basada en incentivos en el que las partes estén de acuerdo en trabajar juntos como un equipo integrado en una relación que se basa en los principios de la equidad, la confianza, el respeto, la apertura, sin diferencias y sin culpa. En alianzas todas las partes están obligadas a un esquema de riesgo / recompensa en el que los ahorros y la pérdida de participación estén en función del éxito o fracaso del proyecto” (Bomba & Parrott, 2010).

(O’Connor Jr., 2009) afirma que un nuevo tipo de contrato son acuerdos IPD, los cuales se basan en contratos relacionales que se centran en las comunicaciones y relaciones entre las partes, así como sus derechos, obligaciones y entregables específicos. Un contrato bien elaborado que cree incentivos apropiados y pida una distribución razonable de riesgo reforzará la confianza mutua e incentivará a la aplicación de IPD y BIM.

Los ConsensusDOCS y el Instituto Americano de Arquitectos (AIA) han formado una serie de contratos los cuales abordan implicaciones legales de IPD y BIM.(Bomba & Parrott, 2010). Dentro de estos acuerdos se encuentra ConsensusDOCS 300, A295, C195, AIA E202-2008, AIA C191-2009, ConsensusDOCS 301, ConsensusDOCS 200 y contratos como AFP A295-2008, A195-2008, y B195-2008.

Otras formas de contrato son Forma Integrada de Acuerdo para la Entrega de Proyectos Lean (Instituto de información acreditada IFOA) (EE. UU.), PPC2000 y PPC2000 International (Reino Unido) y Acuerdos de alianza (Australia) (Mossman, Ballard y Pasquire, 2013) (Mossman et al., 2013)

ConsensusDOCS 300 es el primer acuerdo multipartita estándar de IPD publicado en los Estados Unidos, donde el propietario, el diseñador y el constructor firman el mismo acuerdo, incorporando los principios Lean. Se crea un equipo central tanto a nivel de gestión de proyectos como de desarrollo de proyectos para tomar decisiones de proyectos basadas en el consenso para aumentar la eficiencia y los resultados del proyecto. Las partes acuerdan que los objetivos del proyecto pueden lograrse mejor a través de un contrato relacional que promueva y facilite la planificación estratégica, el diseño, la construcción y la puesta en marcha del proyecto a través de los principios de colaboración y ejecución del proyecto (O'Connor Jr., 2009).

A295 (Condiciones generales para la entrega integrada de proyectos) es un documento que establece los deberes del propietario, arquitecto y contratista, y también establece en detalle cómo trabajarán juntos en cada fase del proyecto: conceptualización, diseño de criterios, diseño detallado, documento de implementación, construcción y cierre (O'Connor Jr., 2009).

C195 (Acuerdo de entidad de propósito único) es un acuerdo basado en un enfoque de costo objetivo con distribución de riesgos, supresión de reclamos y disposición de incentivos alentadores a través del cual el propietario, el arquitecto, el gerente de construcción y, tal vez, otros participantes clave del proyecto, se convierten en miembros de una sociedad de responsabilidad limitada operando en cumplimiento de los objetivos de costo y rendimiento que los miembros establecen conjuntamente (O'Connor Jr., 2009).

AIA E202-2008 establece los protocolos, los niveles esperados de desarrollo y los usos autorizados de los modelos de datos, y asigna la responsabilidad específica para el desarrollo de cada modelo a un nivel definido de desarrollo en cada fase del proyecto (Bomba & Parrott, 2010).

ConsensusDOCS 301 (CD 301) identifica los derechos y responsabilidades de los participantes del proyecto relacionadas con el uso de BIM (Bomba & Parrott, 2010).

ConsensusDocs 200 comunicaciones electrónicas aplica a las comunicaciones digitales, tales como el correo electrónico, los pagos, y la transferencia de dibujos (Manning, 2012).

AIA C191-2009 es un acuerdo multipartita estándar a través del cual el propietario, arquitecto, contratista y quizás otros participantes clave del proyecto ejecutan un solo acuerdo para el diseño, construcción y puesta en marcha de un proyecto (Bomba & Parrott, 2010).

Contratos como AFP A295-2008, A195-2008, y B195-2008 son documentos IPD transitorios, debido a que algunos acuerdos del arquitecto, ingeniero y contratista con el propietario están separados. Los documentos IPD transitorios integran las funciones y servicios del propietario, el arquitecto, el ingeniero y contratista (Manning, 2012).

Considerar el método de entrega de proyecto más apropiado en proyectos BIM para asegurar una colaboración abierta e integrada es crucial, teniendo claros los aspectos legales y reglamentarios (Rizal, 2011) (Sebastian, 2011). IPD se ha desarrollado para estimular y facilitar dicha colaboración con el apoyo de BIM. Sin embargo, se han identificado varios desafíos como la necesidad de muchas negociaciones y consejos legales para establecer un contrato IPD, la falta de condiciones generales de contratación en relación con un proyecto BIM, no existe un procedimiento de trabajo formal estandarizado para el método de IPD (Sebastian, 2011).

Por último, (Bomba & Parrott, 2010) mencionan que no existe un contrato que involucre IPD y BIM conjuntamente, impidiendo en algunos casos su vinculación a proyectos constructivos.

Apéndice 13. Cómo integrar

Integrar es completar un todo con las partes clave. A continuación, se presentan los principales aportes de cómo integrar IPD y BIM en los proyectos de construcción.

La innovación, la automatización, la productividad, la eficiencia, la disponibilidad y la calidad son características que se vuelven cada vez más relevantes para los proyectos de AEC. En consecuencia, (Monteiro et al., 2014) resaltan la importancia de los enfoques automáticos e integrados para la entrega de proyectos, más específicamente, mediante el uso de plataformas BIM y protocolos de generación de documentación relacionados con AEC.

En los últimos años BIM ha tenido un gran avance en la industria de la construcción, sin embargo, se ha dejado de lado los protocolos de generación de documentos técnicos que son igualmente importantes en la entrega de proyectos, por tal razón, (Monteiro et al., 2014) proponen y desarrollan un nuevo marco que permite la integración de diseñadores y contratistas en todo el ciclo de vida del proyecto y que aborda la coordinación de herramientas BIM con plataformas MGSV / BOX.

El marco consiste en tres etapas: pre-modelado que contiene el análisis del proyecto, mapeo WBS, definición libro de obra digital (LOD) y preparación del modelo; luego viene la etapa de modelado compuesta por proyecto de modelado, diseño del modelo, creación de objetos, seguro de calidad y parametrización de despegue; y por último la etapa de especificaciones seccionada por la manipulación de datos, generación de documento, generación de cuenta de cantidades (BOQ), comparación BOQ y el modelo multifunción.

Por otro lado, (Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) proporcionan un esquema de colaboración trilateral (LC, IPD y BIM), estableciendo los beneficios, las barreras y los puntos principales a tener en cuenta a la hora de su implementación. Llegando a conclusiones como: la colaboración trilateral permite un nivel de colaboración que no sólo mejora la eficiencia y reduce los errores, sino que también permite la exploración de enfoques alternativos y ampliaciones de las oportunidades de mercado. Los puntos principales a tener en cuenta para su colaboración e integración son: la confianza mutua y la comunicación abierta entre las partes, la comprensión y alineación de los objetivos, la asignación equitativa y clara de los riesgos previsibles y cuantificables, actitud de los participantes del proyecto por desarrollar una cultura de asociación, la sustitución de la responsabilidad individual por la responsabilidad colectiva, disposición a ceder en cuestiones poco claras, la conciencia de los riesgos y recompensas y tener claro los tipos de contratos que deben ser utilizados para la colaboración óptima entre todas las partes. Algunas barreras que se presentan en la vinculación de IPD, LC y BIM son: la falta de interoperabilidad, compromiso de gestión, la experiencia del equipo como unidad y requiere un cambio de las partes involucradas.

(Y. Teng, Li, Li, et al., 2017) aclararon que LC, IPD y BIM pueden trabajar por separado y de manera apropiada, pero el logro de su plena capacidad no es posible sin sus colaboraciones, puesto que cada uno aporta algo para mejorar la industria de la construcción, por su parte LC se centra en las actitudes, procesos, técnicas para mejora continua, el aumento del valor, la eliminación de los residuos dentro de un proyecto, las cadenas de suministro sueltos e interacciones con terceros, mientras IPD se concentra en el contrato multipartidista y la colaboración entre todas las partes y BIM como herramienta proporciona territorio tecnológico de intercambio de información entre todas las partes.

Por tal razón, (A. Fakhimi et al., 2017) propone un esquema de colaboración trilateral, donde se demuestra que, para aprovechar todo el beneficio potencial de los métodos, es necesario utilizarlos en conjunto en un proyecto, y su desempeño es más eficiente cuando todas las partes firman un acuerdo contractual basado en las relaciones (IPD) para la ejecución de un proyecto Lean a través de sólidas herramientas tecnológicas (BIM).

Apéndice 14. Integración del equipo

La integración del equipo hace referencia a la utilización de herramientas BIM, a la participación de los profesionales en la planificación y al trabajo grupal donde dos o más miembros del equipo comparten el espacio de trabajo. La cohesión grupal por su parte hace énfasis en la comunicación, el compromiso con los objetivos del proyecto, la química del equipo y la colaboración (Franz et al., 2010).

(Franz et al., 2010) menciona que los métodos de entrega de proyectos donde la cohesión y la integración del equipo son fomentadas apoyan la reducción de costos, mejoran la calidad, permiten el crecimiento del cronograma e intensifican el trabajo. Estos aspectos tienen una fuerte influencia en los métodos de entrega y en el rendimiento del proyecto.

(Franz et al., 2010) demostró que la vinculación de métodos de entrega de proyectos donde el contratista y el diseñador se apoyan desde el inicio logran niveles más altos de integración del equipo; y los métodos que incluyen la transparencia de costos con contratos de libro abierto y la selección del constructor basada en su desempeño resultaron en equipos más cohesivos.

Por otro lado, (Nofera et al., 2011) en su documento mencionan las características innovadoras de IPD que facilitan la comunicación e integración del equipo, estas son: forma integrada de acuerdo la cual permite que todas las partes incluyendo propietario, diseñadores, constructor, y socios comerciales se unan en un solo tratado en el que deban compartir riesgos y recompensas; planificación de procesos; Charrettes que permite reuniones de colaboración en la que el grupo de profesionales elabora una solución a un problema de diseño; Building Information Modeling (BIM); diseño del valor objetivo (TDV) donde el diseño se lleva a cabo para alcanzar el valor

máximo que el propietario puede recibir dentro del presupuesto permitido; y Pull Scheduling diseño basado en conjuntos que desarrolla un plan coordinado para una fase de un proyecto basado en los principios Lean Construction en el cual se asegure el beneficio de las partes.

Algunas limitaciones encontradas en la aplicación de IPD es la falta de conocimiento y experiencia con su uso, la resistencia al intercambio de información y miedo al cambio. (Nofera et al., 2011) recomiendan efectuar capacitaciones donde se aborde el tema y permita a los participantes entender la metodología.

Y por último, (C. Chang, 2016) afirman que el beneficio de BIM no puede ser plenamente cosechados a menos que los intereses de los participantes estén alineados bajo un sistema de suministro integrado, por tal razón, IPD es el acuerdo contractual principal para incentivar la participación de BIM.

Los sistemas de incentivación de BIM pueden involucrar tres mecanismos: establecimiento de un objetivo de costo, diseño de grupos de incentivos (tamaño y sus fuentes de financiamiento) una estrategia eficaz para alinear los intereses a través de la creación de un fondo común en el que cada participante tiene una participación y el tercer y más importante mecanismo se refiere a cómo compartir ganancias/riesgos de manera eficiente y cómo adjudicar el incentivo dependiendo del rendimiento ya sea del proyecto o de cada participante (C. Chang, 2016).

En general, se considera que los incentivos monetarios han sido más beneficiosos que perjudiciales para la motivación e integración del equipo y deben proporcionarse a través de un plan lineal basado en grupos, con poco recurso a la evaluación subjetiva del desempeño (C. Chang, 2016).

Apéndice 15. Percepciones

La percepción es la base del conocimiento, puesto que forma una impresión consciente de la realidad física de su entorno (interpretación) facilitando la comprensión de los temas y dado el caso desarrollándolos. Algunas de las percepciones encontradas de la implementación conjunta de BIM e IPD son citadas a continuación.

(Kent & Becerik-gerber, 2010) desarrollaron una serie de encuestas a profesionales con experiencia en el manejo de IPD-BIM, llegando a la conclusión que el uso de IPD por la industria de construcción en Estados Unidos se encuentra todavía en su infancia. Aunque algunos profesionales han trabajado en proyectos IPD, la mayoría, no tiene experiencia directa IPD o no está familiarizado con los conceptos, lo que sugiere que es necesario un enfoque en la educación de IPD.

Los encuestados indican que la confianza, el respeto y las buenas relaciones de trabajo son la clave para el éxito de proyectos IPD, es necesario un buen liderazgo para fomentar un ambiente de equipo de colaboración, hay preocupaciones en torno a los riesgos, el intercambio de recompensa, el seguro de responsabilidad y la contabilidad de libro abierto. Las barreras para el uso generalizado de IPD son culturales, de procedimiento y de organización (Kent & Becerik-gerber, 2010).

Aunque BIM es un desarrollo relativamente reciente, a medida que más profesionales de diseño y construcción entienden los posibles beneficios que se pueden obtener a través de su uso se convertirá en una herramienta vital para el diseño y la construcción sostenible, puesto que pautas de sostenibilidad como la gestión de proyectos incorporados, eficiencia energética, operaciones de

las instalaciones, la construcción de la puesta en marcha, materiales sostenibles, el desarrollo sostenible del lugar, uso eficiente del agua y calidad del aire interior se suplen con esta herramienta (Bynum et al., 2013).

(Bynum et al., 2013) percibe que las fases de diseño y construcción son óptimas para implementar BIM y métodos de entrega de proyectos para la construcción sostenible.

(Azhar, Kang, Asce, et al., 2014) aporta uno de los primeros estudios que investigan cómo los propietarios del sector público perciben IPD y su relación con las TIC. Los autores concluyen que los propietarios del sector público creen que, en general, las características IPD mejoran la eficacia de la entrega del proyecto. Ellos también perciben que las TIC fomenta IPD.

Por otra parte, (Govender et al., 2018) afirma que la implementación de IPD en proyectos constructivos se ha visto afectada dada la falta de comprensión de la metodología, de apoyo de la industria, de habilidades y de conocimientos. BIM es más reconocido en la industria, sin embargo, la falta de conocimiento, habilidades y experiencia evitan explotar la totalidad de sus recursos impidiendo el avance tecnológico.

Es difícil dar el paso a la vinculación de sistemas IPD y BIM existiendo tantos vacíos de conocimiento (Govender et al., 2018). La aplicación de IPD y BIM trae beneficios que se deben dar a conocer; la industria como principal agente necesita y debe publicar más información con respecto al tema (Govender et al., 2018).

Apéndice 16. Control de costos

Según la guía PMBOK, publicada por la Universidad Autónoma de Ciudad de México (UACM), la estimación de los costos es un proceso que consiste en el desarrollo de una aproximación de los recursos monetarios que se necesitarán para completar las actividades que demandará el proyecto. Un control adecuado de costos permite mejorar la creciente necesidad de competitividad y es fundamental para la toma de decisiones.

(Kulkarni & Mhetar, 2017) implementaron un modelo que permite comparar el control de costos de un proyecto con metodología tradicional y un proyecto que involucra IPD y BIM 5D. La comparación de metodologías arrojó que los beneficios y técnicas de control de costos que aportan los proyectos IPD y BIM son: el intercambio de información mejorada y control de la documentación adicional donde se incluyen actas de reuniones, imágenes del proyecto, modelos, etc.; ayudas BIM de instalaciones sostenibles, puesto que el modelado de estructuras con desempeño ambiental implica tecnologías analíticas y de simulación; interoperabilidad, es decir la capacidad de compartir datos; eliminación de los cambios no presupuestados en el proyecto; precisión de estimación de costos dentro del 3%; 80% de reducción en el tiempo tomado para generar una estimación de costos; detección de interferencias; reducción del tiempo de entrega del proyecto; reducción de los trabajos de reparación debido al control de calidad mejorada y la coordinación de diseño incorporado en las capacidades de análisis estructural, que son clave para los fabricantes.

Apéndice 17. Estructural

La aplicación conjunta de IPD y BIM es utilizado como una herramienta o mecanismo para ayudar a los ingenieros con su trabajo, en especial se acopla a los requisitos para una integración estructural (Uihlein, 2015).

(Franklin D. Lancaster, 2010) afirma que BIM contribuye con el análisis estructural puesto que es compatible con plataformas como ETABS. Modelos BIM permiten la visualización del tiempo, dinero, energía, dimensiones, interferencias, materiales, etc. optimizando procesos.

Por otra parte, (TATUM & LUTH, 2012) formulan los pasos para la integración de dos disciplinas clave, ingeniería estructural e ingeniería de la construcción. Como primer paso esta contratar y organizar el equipo de trabajo, el proyecto debe contar con personas clave que aporten habilidades, conocimientos y apoyen las actividades integradas; luego establecer criterios preliminares de diseño y enfoque; el tercer paso es establecer criterios preliminares para los métodos de construcción; y por último la selección del alcance y herramientas para el modelado.

Luego de analizar casos de estudio de la integración de la ingeniería estructural e ingeniería de la construcción, (TATUM & LUTH, 2012) llegan a la conclusión que para obtener el máximo beneficio en IPD, los modelos de diseño requieren detalles a nivel de construcción, la transferencia de conocimiento en las partes interesadas del proyecto es clave para su desarrollo, el diseño proactivo de conflictos del diseño en un proceso de modelo BIM es más efectivo y económico durante la ejecución de la obra y las ganancias de productividad requieren planificación detallada.

Actualmente la integración se está convirtiendo en una prioridad para la industria de la construcción, por tal razón (Uihlein, 2015) desarrolló un marco para la integración estructural. Este se divide en tres categorías principales y estas a su vez se componen de varios parámetros que dan un mayor significado a la idea.

La primera categoría es el proceso integrado donde describen la participación de los ingenieros estructurales en el diseño a partir del compromiso inicial incluyendo los recursos del proyecto, las interacciones profesionales y el intercambio de ideas, esta categoría es apoyada por el tiempo, las relaciones profesionales y el ambiente del equipo; la segunda categoría es la integración de metas donde se describe el factor guía usado para tomar decisiones de diseño y elecciones de sistemas, apoyada por subtemas como resolver problemas técnicos, constructabilidad, soporte de diseño arquitectónico, múltiples usos de la estructura y la satisfacción de las necesidades del dueño; y por ultimo las articulaciones físicas donde se describe la forma de construcción final de la estructura y cómo se percibe, apoyada por subcategorías como estructura expuesta, fusionando estructura y arquitectura, detalles estructurales y ausencia percibida de estructura (Uihlein, 2015).

Este marco va dirigido a objetivos tales como la innovación técnica, factibilidad de construcción, diseño arquitectónico, estructuras que se combinan con otros sistemas, la garantía de que se cumplen las necesidades del propietario y a una “Integración arquitectónica-estructural” (Uihlein, 2015).

Apéndice 18. Detección de conflictos

Un proceso de colaboración que facilita las tareas de detección de conflictos fue presentado por (Seo et al., 2012), el cual consiste en la participación del contratista general en la fase de diseño, siendo IPD uno de los factores importantes para esta etapa puesto que busca una colaboración basada en BIM entre los participantes permitiendo el intercambio de información, reduciendo los errores de diseño al mínimo; la expansión y participación de los vinculados al proyecto en una fase temprana, donde la relación entre Lean Construction y BIM juega un papel importante, ya que busca eliminar cualquier error en el proceso que impide la eficiencia del trabajo mediante la construcción de un sistema de colaboración de subcontratistas, aportando sus conocimientos en el diseño y detectando conflictos; y por último, la especificación del proceso de trabajo donde utiliza ECRS (eliminar, combinar, reordenar y simplificar) para la selección de los errores a tratar, elaboración de listas de verificación y comprobación de los conflictos que se detectaron, y documentos donde informe la solución que se propuso.

Adicionalmente, (Seo et al., 2012) aportan un modelo *IDEF0* que describe detalladamente la obra, los participantes, los requisitos y la salida del proyecto, facilitando el flujo de trabajo para la detección de interferencias o choques en los proyectos constructivos; y un modelo *BPMN* (modelo y notación de procesos de negocio) que aporta una clara distinción de las actividades de los participantes en sus respectivos cargos y la forma de entrega de la información.

Apéndice 19. Ordenes de cambio

Las órdenes de cambio presentan una de las mayores fuentes de crecimiento de costos en los proyectos de construcción y tienen un impacto negativo en la productividad, la eficiencia del trabajo y la comunicación entre participantes (Liu, 2013a). Por consiguiente, (Liu, 2013a) investiga el impacto de las ordenes de cambio utilizando una predicción con el método de red bayesiana, el cual consiste en una representación gráfica de la relación causa y efecto entre un conjunto de variables, basándose en este caso en los posibles estados de BIM e IPD, la probabilidad de evitar una orden de cambio y como evitarla.

Posterior a esta investigación, (J. Ma et al., 2017) establecen un mecanismo de incentivos compuesto por un método de compensación para los contratistas, otro para los diseñadores y un método para el cálculo de sus parámetros, basados en IPD, llegando a la conclusión que al implementar este mecanismo de incentivos los participantes trabajan más eficientemente, por un lado su capital se ve expuesto y por otro en caso de estar en un rango de órdenes de cambio establecido por la empresa recibirán una bonificación. El proyecto en el cual se implementó esta estrategia permitió observar una reducción de órdenes de cambio ahorrando presupuesto claro está después de pagar los respectivos incentivos.

(J. Ma et al., 2017) encontró que las órdenes de cambio también podrían reducirse significativamente mediante el uso de tecnología BIM, funciones como la visualización y detección de conflictos son capaces de descubrir más del 80 por ciento de los problemas ocultos en los resultados de diseño.

Casos de estudio donde se aplica BIM e IPD conduce a la reducción del 32% en las órdenes de cambio de coordinación, la reducción de 74% en la solicitud de información (RFI), contribuye a la eficiencia de horario y costo, por ejemplo, el ahorro de 40% del tiempo total en el horario y el 26% del costo presupuestado en comparación con los proyectos entregados tradicionalmente (Liu, 2013a).

Apéndice 20. Diseño de valor

(Pishdad-Bozorgi, P., Moghaddam, E.H. and Karasulu, 2013) en su documento mencionan que IPD, el proceso de diseño del valor objetivo (TVD) y herramientas BIM usan estrategias conjuntamente para promover los esfuerzos de generación de valor de los proyectos constructivos por un menor costo.

TVD es un proceso que busca un mayor valor en aspectos como la calidad, sostenibilidad, desempeño del ciclo de vida, etc. por un costo menor, lo que implica un proceso de optimización; IPD le proporciona una excelente plataforma para desempeñarse, puesto que en este tipo de proyectos el propietario, el diseñador y el constructor trabajan en colaboración y toman decisiones colectivas para alcanzar o superar el valor deseado; y BIM facilita la estimación de cantidades y costos lo que actualmente lleva mucho tiempo y no esta excepto de errores generando pérdidas (Pishdad-Bozorgi, P., Moghaddam, E.H. and Karasulu, 2013).

BIM es una buena herramienta para la co-creación de valor, es posible realizar costos, consumo de energía, recursos o simulaciones de emisiones de CO2 con el modelo y garantizar que la solución brinde el máximo valor agregado al cliente disminuyendo los riesgos en el proyecto (Halttula et al., 2015).

Para concluir es importante tener claro que las mejores prácticas consideran el costo del ciclo de vida en lugar del costo de diseño y construcción. Depende del propietario definir el costo del ciclo de vida como uno de los criterios de valor objetivo, con el fin de garantizar que el equipo no

tenga incentivos para reducir el costo de diseño y construcción a costa de un mayor costo de operación (Pishdad-Bozorgi, P., Moghaddam, E.H. and Karasulu, 2013).

Apéndice 21. Rendimiento del proyecto

La evaluación constante del rendimiento del proyecto es básica en las tareas diarias de todo profesional. Unas de las razones para que esto ocurra se debe a proyectos más versátiles, con múltiples cambios y con altas dosis de incertidumbre. Por tal razón, (Kelly, 2015) desarrolla el primer estudio de rendimiento de proyectos IPD y BIM.

(Kelly, 2015) muestra los rendimientos con respecto al aumento de costo, al crecimiento de programación del proyecto y a la solicitud de información (RFI) de proyectos que implementan BIM y IPD, BIM sin IPD, IPD sin BIM, sin BIM o IPD, otras metodologías y teniendo en cuenta otras variables. Algunos resultados fueron: proyectos que utilizaron tanto BIM e IPD experimentaron menor crecimiento de costos que otras combinaciones de tecnología y estrategia; los proyectos que utilizan BIM en cualquier forma experimentan un 5.2% menos de costos respecto a los que no lo implementan; por otra parte, los proyectos que utilizan IPD, con o sin BIM, experimentaron un 10,8% menos del crecimiento de programación del proyecto respecto a los que no lo utilizaron; por último, los proyectos que utilizan IPD sin BIM experimentan el promedio más bajo de solicitud de información.

(Kelly, 2015) sugiere que otros factores, más allá de la simple presencia o ausencia de BIM e IPD, cuentan con una preponderancia en la variabilidad de los resultados de rendimiento del proyecto.

A pesar de lo anterior, y desde una perspectiva práctica, el uso de BIM e IPD todavía se recomienda generalmente como una herramienta para verificar el costo y programar el cronograma

de proyectos de construcción. Tal vez, con el tiempo, el impacto de IPD y BIM en el desempeño del proyecto arroje resultados más satisfactorios, puesto que la comprensión y aplicación de la tecnología y la estrategia aún no han evolucionado (Kelly, 2015).

Apéndice 22. BIM vs CAD

El principal estudio realizado en esta categoría fue aportado por (Cambeiro et al., 2014), quien realiza un análisis comparativo entre el proceso tradicional utilizando CAD y un proceso integrado de planificación de proyecto con el apoyo de BIM, llegando a conclusiones tales como: las medidas tomadas desde los modelos BIM y CAD con respecto a lo que realmente se ejecuta proporcionaron una desviación promedio total de 27,33%, en contra de 50,2% respectivamente, en todas las áreas, la relación de media y desviación, longitudes, etc., demostrando que BIM es mucho más preciso que las herramientas tradicionales CAD. Adicionalmente, BIM permite la detección temprana de las interferencias y los conflictos entre los diferentes sistemas de construcción evitando sobrecostos, facilita el cálculo de cantidades mejorando los problemas de desperdicio, proporciona una visualización de materiales para satisfacción del cliente.

(Cambeiro et al., 2014) describe los principales obstáculos que se presentan al vincular BIM, por ejemplo, los tamaños de archivo que maneja son más grandes comparando con las herramientas CAD, lo cual requiere un equipo de gran alcance para hacer su uso viable. Por otro lado, la adaptación a este formato de trabajo requiere más esfuerzo por parte del equipo de diseño, ya que deben ser más reflexivos, visualizando el proyecto desde el principio en tres dimensiones, lo que requiere una gran capacidad de visión espacial.

Es importante mencionar que para tener éxito en el proceso de construcción empleando BIM, se deben introducir herramientas de control, auditoría de los datos producidos y el sistema de

planificación, establecidos dentro de la metodología de entrega de proyecto integrado (IPD) (Cambeiro et al., 2014).

Apéndice 23. Estrategias de modelado

Las estrategias son procedimientos que debe utilizar cualquier profesional de modo inteligente y adaptativo con el fin de ayudar a construir una actividad adecuadamente, y así poder lograr los objetivos se le propongan.

(J. Y. Teng et al., 2012) proponen una estrategia de modelado de BIM para proyectos IPD. Su idea principal es secuenciar modelos que permitan apoyar el trabajo en equipo y mejorar la visualización del proyecto. Esta estrategia se compone por modelo de diseño arquitectónico, modelo de diseño estructural, modelo de diseño de ingeniería especializada, modelo de colaboración, modelo de gestión de la construcción, modelo de inversión estimada y costo, modelo de instalación especializada y modelo de operación. (J. Y. Teng et al., 2012) detalla la función de cada modelo y los aspectos que involucra.

Apéndice 24. Proyectos inter-organizacionales

Las relaciones inter-organizacionales son transacciones de recursos, flujos y vinculaciones que ocurren entre organizaciones permitiendo la interacción con su entorno. Actualmente las empresas ven la colaboración como un enfoque para mantenerse en el mercado debido al constante ataque de los competidores internacionales, la tecnología cambiante y las nuevas regulaciones. Estos vínculos les proporcionan una opción para invertir o asumir riesgos, asimismo tienen la posibilidad de fomentar y transferir el conocimiento que, estratégicamente, sirve como un mecanismo de productividad y eficiencia organizacional. Por tal razón (Esther Paik et al., 2017) centran su investigación en la aplicación efectiva de IPD y BIM como una innovación en equipos de proyecto AECO inter-organizacionales.

(Esther Paik et al., 2017) modifican un modelo de procesos en proyectos inter-organizacionales en contexto de IPD, el cual consiste en el intercambio de información con otros dentro y fuera del equipo del proyecto, agrega métricas de comunicación (es decir, administración, monitoreo, negociación, desafíos), confianza y parámetros de ajuste cultural para explicar la implementación de la innovación inter-organizacional, sistemas de toma de decisiones, la ausencia de obstáculos, la participación temprana de los participantes en el proyecto, objetivos alineados del proyecto, la coordinación intensiva entre los miembros del equipo inter-organizacional para desarrollar planes alternativos efectivos y resolver disputas imprevistas obteniendo la aceptación de partes interesadas, el compromiso y otros.

(Esther Paik et al., 2017) llegan a la conclusión que los equipos de trabajo que participan en la implementación inter-organizacional IPD probablemente deben poner su mayor esfuerzo en los mecanismos de coordinación.

Apéndice 25. Búsqueda de rentas

La búsqueda de rentas se produce cuando un individuo, organización o empresa busca obtener ingresos económicos a través de la manipulación o explotación del entorno político o económico produciendo una actividad económica menos propicia al crecimiento. En la industria de la construcción dado el sistema de licitación y de supervisión la búsqueda de rentas es relativamente común entre los participantes en aras de sus propios intereses (Mei et al., 2017).

Debido a esto, (Mei et al., 2017) estudiaron el comportamiento de búsqueda de rentas de los interesados en construcción con ayuda de la teoría de juegos, llegando a la conclusión que existen algunos factores clave que pueden impactarlo como la supervisión de la eficiencia, las recompensas y los castigos.

(Mei et al., 2017) proponen un modelo de búsqueda de renta de los participantes a base de proyectos BIM e IPD, dado que este tipo de proyectos tienen el impacto más significativo en la eficiencia de los factores mencionados. Por un lado, IPD promueve el principio de compartir tanto el beneficio y el riesgo mejorando las recompensas y los castigos; y BIM contribuye un flujo de información que con el tiempo se puede compartir sin problemas durante el ciclo de vida del proyecto, mejorando las comunicaciones entre los participantes y la eficiencia de la supervisión del dueño de las actividades, reduciendo el costo real de los proyectos de construcción lo cual incluye el costo de supervisión de búsqueda de rentas.

Apéndice 26. Preparador de proyectos

(Bach, 2015) menciona que los proyectos donde se implementa IPD y BIM, los contratistas, arquitectos, propietarios y tal vez subcontratistas desde el principio comparten beneficios y riesgos, ocasionando que el gerente de proyecto quede de lado.

Sin embargo, si consideramos un proyecto como un sistema complejo hecho para los seres humanos, necesitamos un director cuyo enfoque será la efectividad y la eficiencia del proyecto, por esto (Bach, 2015) propone un “Project Coach” o entrenador de proyecto quien deberá convertirse en un facilitador del proyecto, ayudando a los participantes a ser más eficientes, a perseguir los objetivos comunes, a mejorar las reuniones, ayuda a minimizar el desperdicio, obtener el diseño del costo objetivo y alinear los diferentes valores durante la vida del proyecto, también debe enseñar las herramientas que servirán para crear confianza y compromiso entre los gerentes, arquitectos, ingenieros, subcontratistas, superintendentes y trabajadores; es decir, lograr los objetivos con eficiencia y satisfacción para todas las partes creando un buen ambiente de trabajo.

Las competencias que debe tener un entrenador de proyectos son: atención plena, observador, asertividad, empatía racional y emocional, habilidades de comunicación, esperanza, creatividad, disciplina, orientación de eficiencia, manejo de conflictos y prevenir problemas. En conclusión, el entrenador de proyectos es una persona que acompaña a un grupo en sus desafíos (Bach, 2015).

“Si queremos un verdadero trabajo en equipo en nuestros proyectos con la finalidad de ganar, tenemos que desarrollar formas de crear confianza, compromiso, valores compartidos, comunicación y respeto a las personas” (Bach, 2015).

Apéndice 27. Gestión de adquisición

La gestión de adquisición del proyecto describe cómo serán gestionados los procesos para comprar o adquirir los productos, servicios o resultados necesarios fuera del equipo del proyecto para desarrollar una actividad. (Ariffin et al., 2017) establece una relación significativa entre BIM, IPD y este sistema de gestión permitiendo la asignación de riesgos, la colaboración, los factores de diseño y los factores de tiempo y costo.

Para resumir, en la colaboración, BIM actúa como un enfoque y un apoyo que integra a las partes para lograr los resultados deseados de manera efectiva. En el factor de diseño, BIM principalmente previene y predice choques de sistemas, contribuye con el análisis estructural, entre otros. En la asignación de riesgo es importante metodologías como IPD donde los riesgos asociados con el proyecto tienen un modelo de riesgo compartido entre las partes clave en diseño y construcción. Los factores de tiempo y costo son reconocidos como los elementos esenciales, se podrían reducir con la introducción de herramientas BIM en el proyecto. (Ariffin et al., 2017) concluye que BIM y IPD están relacionados principalmente con la gestión de compras o adquisiciones en términos de riesgos y luego por el factor de diseño.

Apéndice 28. Cienciometría a partir de CiteSpace

La técnica cienciométrica, un método de investigación que se refiere a la visualización o mapeo del dominio del conocimiento (Pollack y Adler, 2015). Esta técnica es un método cuantitativo que aplica la bibliometría a la literatura publicada; se usa para mapear la estructura y evolución de numerosos temas basados en conjunto de datos académicos a gran escala (Börner et al., 2003). Mediante modelado y visualización de redes, investigación cienciométrica tiene como objetivo analizar el paisaje intelectual del dominio de un conocimiento y percibir preguntas que los investigadores han sido tratando de responder, así como los métodos que tienen desarrollado para alcanzar sus objetivos (Chen, 2006). Visualizando el todo de la implementación conjunta de BIM e IPD se proporciona un enfoque para adquirir una perspectiva de patrones de investigación y tendencias en este campo. La literatura BIM e IPD proporciona evidencia tangible del desarrollo en este campo, lo que puede llevar a conclusiones sobre estudios influyentes que impulsan la adopción, implementación, y evaluación posterior, así como las áreas gerenciales donde estos trabajos están encarnados. Las técnicas requeridas para emprender un análisis rápido y efectivo pertenecen al dominio de herramientas de visualización, como CiteSpace, Science of Science (Herramienta Sci2) y BibExcel (Chen et al., 2011). En este caso, el software CiteSpace fue utilizado para la red de análisis y visualización. Las palabras clave y el resumen se consideran como descripciones claras y concisas de los contenidos de la investigación. En este estudio, la literatura de la implementación conjunta de BIM e IPD se analizó en términos de palabras clave y términos abstractos para retener las opiniones de los autores (He et al., 2017).

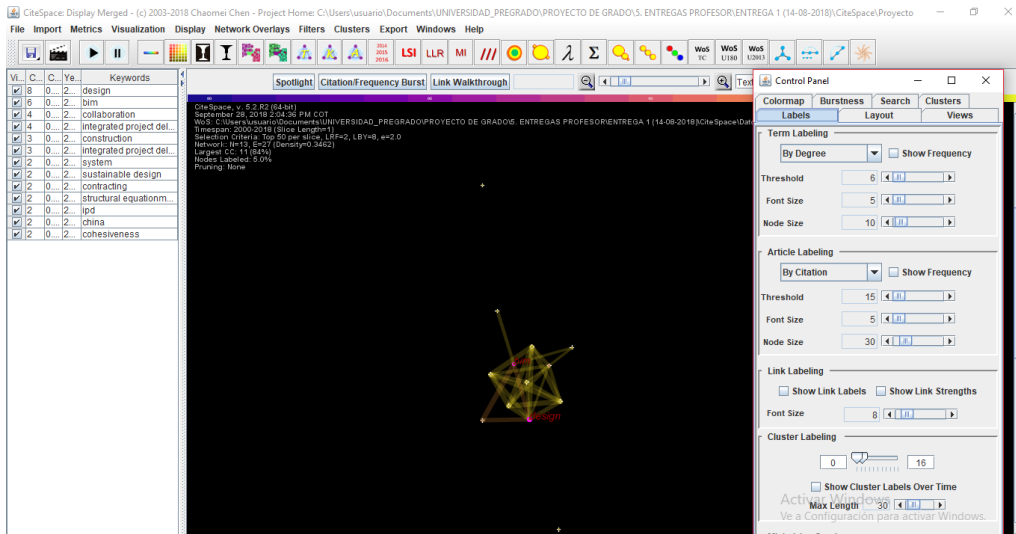


Figura 12. Interfaz gráfica de CiteSpace