

“ PLANTEAMIENTO GERENCIAL DE UNA ESTRATEGIA TÉCNICA PARA LA SELECCIÓN DE LOS METODOS ALTERNATIVOS DE ENTREGA DE PROYECTOS Y EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN BIM EN ORGANIZACIONES PYMES DEL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE BOGOTÁ D-C.”



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

David Alirio Sandoval Carreño – Código: 550930; Edna Mayerly Bermúdez Becerra - Código: 550987; Henry Bladimir Torres Fonseca – Código: 550940.

Universidad Católica de Colombia

Facultad de ingeniería civil

Especialización en Gerencia de Obras

Bogotá, D. C., Junio 2018.



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	7
1. Generalidades.....	9
1.1 Línea y tipo de Investigación.....	9
1.2 Planteamiento del problema.....	9
1.2.1 Antecedentes del problema	10
1.2.2 Pregunta de investigación	11
1.3 Justificación	11
1.5 Objetivos.....	12
1.5.1 Objetivo general.....	12
1.5.2 Objetivos específicos.	13
2. Marco de referencia	14
2.1 Abreviaturas.....	14
2.2 Marco conceptual.....	15
2.3 Marco Jurídico	17
2.4 Marco geográfico	17
2.5 Marco demográfico.....	17
3. Metodología.....	18
3.1 Fases del trabajo de grado.....	18
3.2 Instrumentos o herramientas utilizadas.....	19
3.3 Población y muestra.....	19

3.4 Alcances y limitaciones	19
3.5 Fase 1: Desarrollo del estado del arte	20
3.5.1 Panorama General de la construcción	23
3.5.2 BIM	28
3.5.3 Métodos de entrega de proyectos y su relación con BIM.	31
3.5.4 Métodos de adquisición de contratos y su relación a los Métodos de entrega.....	41
3.5.5 Tipos de Contratos más utilizados en la industria de la construcción.....	48
3.6 Fase 2: Aplicación de la encuesta de percepción.	54
3.6.1 Determinación de la muestra.....	56
3.6.2 Ficha técnica de la encuesta.....	57
3.6.3 Listado de preguntas	58
3.6.3 Estadísticas Generales.....	58
3.6.4 Conclusiones de la encuesta de percepción.	74
3.7 Fase 3: Estrategia de selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación BIM en empresas PYMES sector construcción.	76
3.7.1 Componente 1: Estrategia de selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos ..	76
3.7.1.1 PASO 1: Selección del método de entrega de proyectos	77
3.7.1.1.1 Consideraciones dentro de cada método de entrega	77
3.7.1.1.2 Criterios de evaluación	80
3.7.1.2 PASO 2: Selección del método de adquisición.....	83
3.7.1.3 PASO 3: Selección del tipo de contrato.....	84
3.7.2 Componente 2: Estrategia de implementación BIM en PYMES del sector de la construcción.	85

3.7.2.1 Planificación	88
3.7.2.1.1 Análisis de Hardware y redes.....	89
3.7.2.1.2 Análisis de Software	90
3.7.2.1.3 Definición de los Objetivos.....	90
3.7.2.2 Definición del Plan de Formación	92
3.7.2.3 Conformación de comité interno BIM	93
3.7.2.3.1 Perfiles BIM.....	93
3.7.2.3.2 Estándares, libros y estilos.....	93
3.7.2.3.3 Normativa e investigación	94
3.7.2.4 Participación gremial BIM.....	94
3.7.2.5 Seguimiento y control de implementación.....	95
3.7.2.6 Beneficios percibidos de la implementación BIM.	95
4. Productos a entregar.....	97
5. Resultados esperados e impactos	97
6. Estrategias de comunicación.....	97
7. Conclusiones y recomendaciones	98
8. Bibliografía	100
9. Listado de ilustraciones.....	104
10. Listado de Tablas	106
11. Anexos	107

Introducción.

El advenimiento de las nuevas tecnologías de información, las mejoras en las comunicaciones y el desarrollo de software avanzado en el sector de la Arquitectura, ingeniería y construcción, específicamente las referentes a la gestión de la información digital a través del Modelado de información para la construcción (BIM), están impulsando cambios significativos en la perspectiva actual de los profesionales y de las empresas del medio de la construcción en Colombia, con relación a la adopción de enfoques gerenciales actuales y la adopción de nuevas tecnologías, juntos como estrategia encaminada a disminuir los riesgos y aumentar la productividad del sector de la construcción.

Los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción constituyen dentro de la investigación el contenido del enfoque gerencial a desarrollar, puesto que estos competen a las diferentes alternativas de gestión y flujos de trabajo, en contraste con el método tradicional de diseño-licitación-construcción, adoptado para el desarrollo y gestión de proyectos de construcción de la industria colombiana durante muchos años; la pertinencia de este enfoque dentro de la investigación se da debido a que se ha evidenciado que la mayoría de problemáticas relacionadas con sobrecostos y mayores permanencias en obra presentadas durante la fase constructiva de un proyecto, obedecen a una desestimación del valor agregado de la fase de diseño, puesto que no se entiende como en la actualidad no es involucrado el contratista en la fase de diseño, entendiendo que su experticia constructiva constituye un aporte invaluable en la disminución de los riesgos y en el aumento de la productividad de desarrollar el proyecto.

Las diferentes maneras en que el contratista de obra interviene en la fase de diseño de un proyecto, los criterios a tener en cuenta al momento de seleccionar sus servicios y la manera como contractualmente se va transmitir el riesgo y la recompensa de ejecutar el proyecto por parte

de un propietario constituyen el concepto de método de entrega de proyecto; adicionalmente la inclusión de la innovación tecnológica BIM dentro de una PYMES para apalancar los flujos de trabajo dentro de cada una de las alternativas de entrega de proyectos a seleccionar, de manera que identificar los criterios clave para la configuración de estos dos aspectos, es lo que constituye el nombre de la estrategia técnica de carácter gerencial para la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación de BIM en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá.

De acuerdo con lo anterior mencionado, el objetivo propuesto para el presente proyecto, consistió en elaborar una estrategia técnica de carácter gerencial para identificar los criterios claves al momento realizar la selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción e implementación BIM en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá; en orden respectivo, el proceso metodológico propuesto para desarrollar la estrategia consistió en adquirir una perspectiva técnica que permitiera identificar, organizar y estructurar conceptualmente el estado del arte referente a las temáticas pertinentes, posteriormente la elaboración de una encuesta de percepción para contextualizar el tema con respecto al punto de vista de los profesionales de la industria PYMES del sector de la construcción en Bogotá, por último la elaboración de una estrategia técnica gerencial para la selección adecuada del método de entrega de proyecto e implementación BIM en empresas PYMES, realizar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

1. Generalidades

1.1 Línea y tipo de Investigación

La línea de investigación del proyecto se enmarca en la “Gestión Integral y dinámica de las organizaciones empresariales”, se opta por un tipo de investigación descriptiva donde se mide, somete a análisis y evalúan aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, entre otros. (H. Sampieri, Collado, & B. Lucio, 2007, pág. 45).

1.2 Planteamiento del problema

Los enfoques actuales de gerencia de proyectos de construcción han enmarcado como objetivo primordial el disminuir los riesgos de entrega de proyectos y aumentar la productividad laboral del sector de la construcción, esto teniendo en cuenta que existe una gran brecha en este sentido en contraste con las demás industrias, principalmente por el bajo índice de digitalización de sus procesos. Al respecto de lo anterior, Camacol Innova 2020 realizó un estudio de productividad y riesgos sectoriales en el sector de la construcción en Colombia, en el que se menciona que existe una probabilidad de 50-60% de aumentar la productividad del sector de la construcción si se toman mejoras en siete áreas específicas; unas de las áreas principales establecidas para lograr este objetivo están relacionadas con la innovación tecnológica del sector de la construcción y la renovación de la estructura contractual entre desarrolladores de proyectos y subcontratistas, de tal modo que se cambie el esquema tradicional de desarrollar proyectos basado en una evaluación por costos más bajos, hacia un modelo que integre de manera efectiva el trabajo colaborativo, la solución de problemas y la planificación integrada.

Ante este hecho, para realizar los ajustes en las áreas mencionadas por el estudio, se ha configurado por parte de Camacol innova 2020, una iniciativa estructurada en primera medida

en la adopción de un enfoque gerencial de proyectos de construcción que permita disminuir los desperdicios o pérdidas y maximizar la producción o rendimientos del proyectos, este enfoque adoptado es conocido como Lean Construcción; por otro lado con el objetivo de incentivar el uso de tecnologías para mejorar la productividad del sector, en aras de fortalecer la colaboración e integración de las partes al momento de realizar un proyecto, se ha estructurado una estrategia denominada “ Estrategia de fomento y madurez del uso de BIM en Colombia” de la cual se vienen elaborando documentos guías que serán publicados por Camacol. (Cunningham, 2018).

Ante el evidente escenario de implantación BIM en el medio de la construcción en Colombia, surge la incertidumbre con respecto a si las empresas PYMES del sector de la construcción en Colombia(Ver anexo), están preparadas para asumir el reto de cambio, en el sentido de poder identificar desde un enfoque gerencial los criterios de evaluación para seleccionar la alternativa de método de entrega de proyecto que mejor se ajuste al contexto de sus proyectos, y de la misma manera identificar paralelamente los criterios requeridos para realizar un plan de implementación BIM dentro de sus organizaciones.

1.2.1 Antecedentes del problema

Según un reporte presentado por SmartMarket Report (McGaw Hill Construction) en los Estados Unidos, con relación al impacto en la eficiencia y utilidad los métodos de entrega de proyectos de construcción en el sector de la arquitectura e ingeniería, reveló en primera medida que de una tercera parte, casi la mitad de los propietarios, arquitectos e ingenieros encuestados que experimentaron la entrega de proyectos con el método de entrega alternativo IPD como método evolutivo de Lean Construcción, reportaron que este es el mejor método de entrega de proyectos para obtener mejoras en la comunicación del equipo del proyecto, en el orden de 59%

entre los arquitectos y 39% entre los contratistas, incrementar la eficiencia de los procesos en orden del 48% entre los arquitectos y 32% de los contratistas; también afirman que esperan ver incrementado el uso de IPD en los próximos tres años (M. Bernstein & Laquidara, 2014).

Recientes investigaciones sugieren que el hecho de implementar BIM en todas sus acepciones, con los métodos de entrega integradas de proyectos, puede mejorar el proceso tradicional fragmentado de entrega de proyectos (Nasrun, 2014). El American Institute Architects (AIA), aclara que BIM es una herramienta y no un método de entrega, sin embargo, el proceso del método IPD trabaja de la mano a mano con BIM y aprovecha todas sus capacidades. (AIA National, 2007). Los estudios anteriormente referenciados demuestran que existe una conexión entre los métodos de entrega alternativos de proyectos y el uso de la tecnología BIM, lo que sirve de soporte para indagar al respecto de cuál es la percepción respecto al conocimiento de los criterios de evaluación para la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación de la metodología BIM por parte de las empresas PYMES del sector de la construcción de la ciudad de Bogotá.

1.2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo realizar una estrategia técnica de carácter gerencial, para la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción e implementación BIM en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá?

1.3 Justificación

Implementar BIM exitosamente implica cambios en la conducta, cambios culturales y tecnológicos que transforman una organización, adaptando nuevos procesos e implementando nuevos estándares. (Jones & Laquidara-Carr, 2015)

Ante el hecho inminente del proceso de implementación BIM en la industria de la construcción en Colombia (Zigurat & BIM Forum Colombia, 2018), es importante que las empresas PYMES y profesionales del medio de la construcción en Bogotá, tengan a su disposición a manera de guía, una estrategia gerencial que les permitan identificar los requerimientos de índole tecnológico que este hecho conllevará, adaptándose a los cambios e implicaciones que conllevará la implantación BIM, y los nuevos enfoques gerenciales relacionados a las alternativas de selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción, con respecto a los criterios para la selección de servicios de diseño y construcción, y la manera como contractualmente se repartirá el riesgo y la recompensa de desarrollar el proyecto, en contraste con el método tradicional de entrega de proyectos.

1.4 Hipótesis

Es necesario un planteamiento gerencial que estructure el proceso de selección de un método de entrega de proyecto e implementación BIM en el sector PYMES de la industria de la construcción en Bogotá, puesto que se considera que hace falta inducción frente al tema y su implicación es relevante en el desarrollo de proyectos del sector de la construcción.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar una estrategia técnica gerencial que identifique y evalúe los criterios claves al momento de realizar la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos y el proceso de implementación BIM en organizaciones PYMES del sector de la construcción en Bogotá.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Concebir una perspectiva general de la industria de la construcción para estructurar el estado del arte de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación de la metodología BIM en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá.
- Determinar mediante una encuesta realizada a profesionales vinculados a empresas PYMES del medio de la construcción en Bogotá, el grado de percepción frente al conocimiento de la implementación BIM y los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción.
- Formular una estrategia gerencial para la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción e implementación BIM, en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá, plantear conclusiones y recomendaciones respectivas.

2. Marco de referencia

2.1 Abreviaturas

2D: Diseño en dos dimensiones: X, Y.

3D: Diseño en tres Dimensiones: X, Y, Z

4D: Planificación 3D y gestión proyecto.

5D: Mediciones y presupuestos modelos 3D

6D: Estudios y análisis de eficiencia energética modelos 3D

7D: Gerencia de operación basada en modelos.

AEC: Architecture, Engineering and Construction / (Arquitectura, ingeniería y construcción).

AGC: Associated General Contractors of America.

AIA: American Institute of Architects.

BAM: Building Assembly Modeling / (Modelado de ensamblado de construcción)

BEP: BIM Execution plan / (Plan de ejecución BIM)

BIM: Building Information Modeling/ (Modelado de información de la construcción)

BOOM: Building operation modeling / (Modelado de operación de la construcción)

CAD: Computer Aided Design/ Diseño asistido por computador.

CMatRisk: Construction Management at Risk

DB: Design-Build.

DBB: Design-Bid-Build.

FEL: Front-End-Loading

FM: Facility Management / (Gestión de la instalación)

ICE: Engineer Concurrent Integrated / (Ingeniería concurrente integrada)

IFC: Industry Foundation Classes / (Fundación de clases de Industria – Formato archivo)

IoT: Internet of Things / (internet de las cosas)

IPD: Integrated Project Delivery / (Entrega de proyectos integrada)

LOD: Level of Development.

LPDS: Lean Project Delivery System / (Sistema de entrega de proyecto Lean)

MEP: Mechanical, Electrical and Plumbing.

PYMES: Pequeñas y medianas empresas

RFP: Releasing Request for Proposals / (Liberación de solicitud de propuestas)

RFQ: Request for Qualifications/ / (Solicitud para calificación)

VDC: Virtual Design Construction / (Diseño y construcción virtual)

2.2 Marco conceptual

BIM: Conocido como el acrónimo de Building Information Modeling/ (Modelado de información para la construcción), pero con mayor importancia definido como Business Information Management.

Es un concepto que ordena a personas, procesos y herramientas, en un ambiente sinérgico, simultaneo y colaborativos el cual está alineado a la industria AEC, impactando eficientemente en la cadena de valor (Propietarios, proyectistas y diseñadores, producción y los usuarios), que toma como base el uso de un modelo tridimensional inteligente que contiene las características físicas y funcionales de un activo, que brinda una herramienta para la toma de decisiones durante su ciclo de vida. (Miller&Co, 2015)

LEAN: Es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto cuyo objetivo es maximizar el valor y minimizar los desperdicios, una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras.

LPDS: Proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida de este; Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. (Pons Achell, Introducción a Lean Construction, 2014).

PYMES: Acrónimo de pequeña y mediana empresa, Es una empresa con características distintivas, y tiene dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones. Las pymes son agentes con lógicas, culturas, intereses y un espíritu emprendedor específicos. (Sánchez Ángel & Corre Basto, 2016)

PDM: Project Delivery Method / (Método de entrega del proyecto): Es la manera contractual en la cual el propietario trabaja con el diseñador y el constructor. Es una de las primeras decisiones que un propietario se hace, cuando decide construir un proyecto. (Hardin & MCcool, Bim and Construction manager: Proven tools, Methods, and Workflows, 2015, pág. 47)

PDS: Project Delivery System / (Sistema de entrega de proyecto), Define la estructura de relaciones, los roles, responsabilidades de las partes, y la secuencia general de actividades requeridas para entregar el proyecto. (Moore, 2000).

2.3 Marco Jurídico

Si bien con referencia a BIM en Colombia, aún no existe normativa ni reglamentación al respecto, la Cámara colombiana de la Construcción CAMACOL INNOVA 2020 y BIM forum Colombia sirvieron como referentes para la investigación.

2.4 Marco geográfico

El contexto geográfico de la investigación está enmarcado en la ciudad de Bogotá-Colombia.

2.5 Marco demográfico

Referenciado a estudiantes y profesionales universitarios activos vinculados a empresas PYMES del medio de la arquitectura, ingeniería y construcción de la ciudad de Bogotá.

3. Metodología

3.1 Fases del trabajo de grado.

El diseño metodológico de la investigación se planteó en tres (3) fases principales: La primera fase consistió en adquirir una perspectiva general para identificar y organizar conceptualmente el estado del arte de la metodología BIM y los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción con objeto de encontrar los aspectos vinculantes y los soportes para estructuración de la estrategia.

La segunda fase consistió en determinar mediante una encuesta el grado de percepción con respecto al conocimiento de los métodos alternativos de entrega de proyectos y su relación con proceso de implantación de la metodología BIM; este objetivo se planteó teniendo en cuenta que es necesario ubicar el tema de investigación en el contexto de los enfoques gerenciales tratados por los profesionales de la industria de la construcción, además de servir de soporte para estructurar la estrategia de selección de los métodos de entrega de proyectos e implementación BIM en empresas PYMES.

La tercera fase consistió en la formulación de una estrategia de selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación BIM para una PYMES del sector de la construcción en Bogotá; en procedencia a la estructuración y trato a los temas relacionados en la construcción del estado del arte y a su vez con el análisis de las respuestas de la encuesta de percepción; realizar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

3.2 Instrumentos o herramientas utilizadas

Para la formulación de la encuesta se utilizó un formulario de Google, en el cual se proyectaron 12 preguntas tendientes a vincular los conceptos básicos de los temas tratados; la encuesta fue difundida por medio de una cuenta de mensajería de correo electrónico y aplicaciones de mensajería instantánea (WhatsApp).

3.3 Población y muestra

La poblacional fue delimitada a profesionales activos y estudiantes de gerencia obras del medio de la arquitectura, ingeniería y construcción de la ciudad de Bogotá – Colombia, vinculados laboralmente a empresas PYMES, para estimar una aproximación del tamaño de la muestra se utilizó la base de datos del observatorio laboral para la educación del Ministerio de Educación, y el departamento nacional de estadísticas (DANE), posteriormente se realizó un muestreo aleatorio simple para determinar la cantidad de encuestas a realizar.

3.4 Alcances y limitaciones

El alcance de la propuesta metodológica se enfocó principalmente con base a la percepción de los estudiantes del curso de especialización en gerencia de obras y de los profesionales del sector AEC en Bogotá que laboran en empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá; en primera instancia, consistió en documentar el estado del arte de los métodos de entrega de proyectos alternativos y su relación al proceso de implantación de metodología BIM, posteriormente consistió en conocer la percepción de los métodos de entrega de proyectos de construcción alternativos y su relación con el proceso de implantación BIM en el contexto del sector de la construcción en Bogotá por medio de una encuesta; por último consistió en generar

una estrategia técnica de carácter gerencial, que abarca el análisis de la conceptualización de los temas desarrollados en el estado del arte, que permita de acuerdo a la percepción arrojada en la encuesta por parte de los profesionales de empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá, entender el proceso y evaluar los criterios clave para la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos y el proceso de implementación BIM en las organizaciones PYMES.

Las limitaciones de la investigación fueron establecidas por el tiempo de desarrollo y ejecución del proyecto referente al periodo académico y el contexto de la ciudad de Bogotá.

3.5 Fase 1: Desarrollo del estado del arte

A continuación, se desarrollará una descripción breve del porqué de cada uno de los temas seleccionados que conforman el cuerpo del estado del arte y su importancia para la estructuración de la estrategia técnica gerencial para la selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción e implementación BIM en organizaciones PYMES.

En la actualidad, llevar a cabo cualquier idea de negocio relacionada con la industria de la construcción, ya sea por una fuente de financiación de recursos públicos o privados, conlleva en si una relación contractual entre sus diferentes interesados; por un lado, el propietario el cual tiene la necesidad de desarrollar su idea de negocio, debido a que no posee la experticia suficiente para desarrollar técnicamente el proyecto en todas sus fases, debe transmitir ese riesgo a través de la adquisición de servicios especializados para la elaboración de los estudios, diseños y construcción del proyecto; como se explicó anteriormente la manera tradicional de entrega de proyectos Diseño-Licitación-Construcción, en la que el constructor interviene en el proceso una vez ha concluido la fase de diseño y licitación, evidencian las problemáticas actuales de sobrecostos y adiciones en tiempo de los proyectos, debido a la desestimación de la experticia y

el aporte del constructor durante la fase de diseño del proyecto; en consecuencia se ha establecido que el trabajo colaborativo en instancias tempranas del proceso de entrega de un proyecto de construcción, soportados por la inclusión de tecnología BIM para dinamizar los flujos de trabajo entre los interesados del proyecto, agregan valor al objetivo global de disminuir los riesgos y aumentar la productividad del sector de la construcción.

En contraste al esquema tradicional de entrega de proyectos, las diferentes maneras en las que interviene el constructor en el proceso de entrega del proyecto, específicamente en la fase de diseño, adicionalmente los criterios bajo los cuales se adquieren los servicios de diseño y construcción, y la manera como se distribuye el riesgo y la recompensa de desarrollar el proyecto, dan apertura a nuevas alternativas de métodos de entrega del proyectos de construcción, en donde se configuran otros esquemas y adendas contractuales para la transmisión del riesgo y el manejo de productos de información digital basados en herramientas informáticas que permiten la colaboración e integración de las partes en el diseño, la construcción y el mantenimiento del activo del proyecto.

De acuerdo a lo anterior mencionado, en términos de un enfoque gerencial, se considera de gran relevancia para un propietario como para un gerente de construcción, conocer cuáles son los criterios clave para la selección de cada uno de los diferentes métodos alternativos de entrega de proyectos, sus ventajas, desventajas, y la manera como inciden y determinan el éxito a través de las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto; conocer los criterios y tipos de contratos adecuados para la adquisición de servicios de diseño y construcción que mejor se ajusten a cada método de entrega, entender las ventajas y desventajas que aportan la tecnología BIM referentes a la colaboración e integración de los interesados en las instancias de diseño, construcción y mantenimiento del activo de un proyecto de construcción.

El porqué de la vinculación de BIM con los métodos de entrega de proyectos, se debe a que BIM actualmente es utilizado como herramienta tecnológica para auspiciar la colaboración y coordinación de disciplinas que intervienen en el diseño y construcción de un proyecto de construcción; también porque existen métodos de entrega de proyectos alternativos que son totalmente integrativos, en el sentido de que todos los interesados pueden ser vinculados desde la fase de estudios y diseños, para desarrollar y compartir conjuntamente los productos o diseños del proyecto en formato digital de modelos de información de la construcción (BIM).

El objetivo de construir el estado del arte se enfoca en realizar una revisión selectiva de las fuentes primarias de literatura y artículos de revista, con base en la cual se realizará un análisis para el desarrollo de la perspectiva teórica objeto de investigación; el cuadro a continuación organiza en orden de desarrollo, los temas pertinentes para la construcción del estado del arte y posteriormente la estructuración de la estrategia de selección de los métodos de entrega de proyectos e implementación BIM.

Ilustración 1- Estructuración del contenido del estado del Arte.

1. Panorama General	2. BIM	3. Metodos de entrega + BIM	4. Elementos Intervinientes para la seleccion de los Metodos de entrega + BIM
<ul style="list-style-type: none"> • Panorama General de la Industria de la Construcción • Modelo de información empresarial (BIM) • Industria 4.0 • PYMES • Ciclo de vida de los proyectos de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Orígenes de BIM • Contexto de implantación BIM • Madurez de implantación BIM • LOD – Level of Detail • Plan de ejecución BIM • Protocolos y Estándares BIM • Implementación BIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Método tradicional (Diseño - Licitación - Construcción) • Método de Gerente de construcción en Riesgo – (CM -at-Risk) • Método de entrega de proyecto Design-Build () • Método de entrega integrada de proyectos (Integrated Project Delivery - IPD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Consiguiedo el contrato • Métodos de selección de la adquisición del servicio • Tipos de Contratos más utilizados en la industria de la construcción

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1 Panorama General de la construcción

Teniendo en cuenta que desde el momento de iniciar a un proyecto de construcción hasta su finalización, transcurre un periodo considerable de tiempo e inversión de recursos, es importante para el propietario o gerente de proyectos, previo a la selección de un método de entrega de proyecto, tener una perspectiva clara a largo plazo con respecto a las tendencias del negocio de la industria de la construcción en lo concerniente al modelado de información de la construcción y su conexión con la industria 4.0; esto debido a que en la actualidad se realizan esfuerzos por parte de los proveedores de tecnologías con el objetivo de industrializar y automatizar el negocio de la construcción; esta perspectiva de industrialización debe darle al gerente herramientas desde el punto de vista de enfoques gerenciales actuales encaminados a mejorar la productividad y en paralelo con la inversión de recursos tecnológicos que permitan optimizar los procesos constructivos y disminuir el riesgo de desarrollar los proyectos.

Al contrario de otras industrias que conducen la economía global, la industria de la construcción todavía opera en el nivel de una industria artesanal, la cual conduce a prácticas ineficientes que incluyen la generación de cantidades masivas de desperdicio, lo cual no solo va en detrimento del costo final del producto, sino que también es insostenible desde un punto de vista comercial como medioambiental, esto debido a que la industria de la construcción no ha sido considerada como un conjunto de sub procesos organizados y optimizados en la cadena de valor de un producto.

El panorama del negocio de la construcción ha dado un giro importante debido a la inclusión de las nuevas tecnologías, específicamente BIM, puesto que se ha demostrado que su implementación conduce a grandes beneficios en el sector de la construcción, mejorando aspectos de comunicación, coordinación e interoperabilidad, permitiendo de esta manera que se

den nuevas vistas a los métodos alternativos para la entrega de proyectos y su objetivo de reducir los riesgos y aumentar la productividad del sector.

A continuación, a manera de resumen de las temáticas abordadas y con el objetivo de dar rigor y soporte suficiente, la siguiente tabla relaciona en orden respectivo la estructura de las temáticas, las fuentes de investigación y la distribución del planteamiento metodológico propuesto para abordar el estado del arte del panorama general de la industria de la construcción.

Tabla 1. Estructura conceptual No. 1 Desarrollo Panorama General

Temas Abordados	Título	Autor	Planteamiento Metodológico
Panorama General de la Industria de la Construcción.	The BIM revolution: a literature review on rethinking the business of construction	(C. & W., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva • Tendencias de Negocios • Iniciativas implementación nueva tecnología • Estructura de las organizaciones
Modelo de información empresarial (BIM)	Business Information Modelling (BIM): What is it and what part does it play in our industry?	(Services, Artic Building, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios del Modelado • Beneficios del Modelado • Tipos de Modelos • Negocio 4D,5D,6D y 7D. • Esfuerzo/Efecto • CAD vs Modelado
	The Future of the Building Industry (1/5): A Tale of Three Domes	(McLeamy, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Disrupción modelo tradicional de entrega de proyectos.
Industria 4.0	The Future of the Building Industry (4/5): Buildings Are Assembled, Not Built	(McLeamy, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva del Futuro Gerencial de la construcción.

	El SENA a la vanguardia de la cuarta revolución.	(Betancur Pérez, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de automatización de la industria de la construcción
	Centro de innovación Conconcreto		<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento Mundial • Nuevas Tecnologías • Contexto Nacional
	Conconcreto sueña “imprimir” vivienda social	(Rojas T., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de Proyectos • Innovación
PYMES	Las PYMES: una mirada a partir de la experiencia académica del MBA	(Villegas Londoño & Toro Jaramillo, 2010), Eafit	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de Empresa • Leyes que acobijan las Empresas • Clasificación de Empresas en Colombia.
	Las PYMES de Ingeniería y su papel en el sector transporte	(Clavijo, Vera, Párga, & Samora, 2014) - Ley 905 de 2004.	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de PYMES en Colombia. • Servicios en Colombia de las empresas de la industria de la Construcción.

Ciclo de vida de los proyectos de construcción	EL ciclo de vida del proyecto	(ESAN, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Diferentes puntos de vistas
	Director de proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento.	(Lledó, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Características principales • Fases • Variaciones según la industria
	Construction extention to a guide to the Project Management Body of Knowledge	(PMI Standard Provisional, 2000)	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoques de las posturas metodológicas
	Gates to Success	(Muiño, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque de los métodos de entrega de proyectos.
	Gerencia de proyectos - Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones	(García Reyes, Echeverry Campos , & Mesa Hernández, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque de los ciclos de vida de proyectos construcción Colombia.
Segmentación del método tradicional Diseño-Licita-Constuye.	Background Building Information Modelling	(Scottish Futures Trust, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación BIM • Conclusiones y aportes.

Fuente: Elaboración propia.

En resumen del panorama general adquirido de acuerdo con la revisión presentada en la tabla anterior, consiste en abordar el sector PYMES de la construcción, como un sector industrializado el cual conoce y es consciente del valor agregado que aporta cada una de las fases de desarrollo dentro del proceso de entrega de los proyectos de construcción, en ese sentido resaltar que los proyectos de construcción no deben ser concebidos para desarrollarlos en fases independientes, puesto que el valor del ejercicio mental y pre construcción virtual que se añade en la actual fase denominada “diseño” del proyecto, también debe ser considerada como parte integral del proceso

constructivo del mismo proyecto, y en consecuencia al llegar a una instancia “constructiva” lo que se debe tener en cuenta es un ensamblaje de todos los subproductos previamente realizados o preconstruidos por los diferentes actores de la cadena de valor, de manera que se pueda dar en sí la materialización del proyecto de construcción consolidando el valor agregado aportado en cada fase y por cada uno de los actores del proyecto. Esta postura solo es posible al compaginar los avances de la industria 4.0 en el sector de la construcción, la perspectiva alineada de los gerentes y propietarios con los enfoques gerenciales actuales tendientes a aumentar la productividad de la industria, y los aportes de la innovación tecnológica en gestión y digitalización de la información del sector construcción concernientes a BIM.

Sin duda alguna las PYMES en la construcción del estado del arte juegan un papel fundamental debido a que representan la mayoría de las organizaciones de la industria de la construcción en el país, ya que estas constituyen cerca del 80% de las sociedades del sector de la construcción de edificaciones en Colombia (Gandini, 2014), también porque configuran el escenario donde se gesta el proceso de implementación de la metodología BIM. Según el registro Único Empresarial y Social (RUES), en Colombia existen 45338 empresas de construcción y 43299 personas naturales registradas bajo esta actividad, para un total de 86687 empresas, que representan el 3.2% del total de empresas del país. (Clavijo, Vera, Párga, & Samora, 2014, pág. 42).

3.5.2 BIM

Uno de los aspectos incidentes en el aumento de la productividad laboral, sin duda alguna está relacionado con la inclusión de la innovación tecnológica que BIM añade a los flujos de trabajo en el proceso de entrega del proyecto; para dar contexto a esto es necesario entender que el termino BIM puede tener diferentes connotaciones, según (Yusuf, 2015) BIM puede ser entendido como un producto representado por un modelo virtual de información de la construcción, otro aspecto mencionado es que BIM puede ser considerado también como una actividad relacionada al proceso de llevar a cabo la creación de los modelos de información de la construcción y también existe el concepto que BIM puede ser considerado como un sistema, con referencia a la estrategia utilizada para administrar los modelos de información de la construcción.

Para la construcción de una estrategia de implementación BIM dentro de organizaciones PYMES del sector de la construcción en Bogotá, es importante abordar BIM desde el punto de vista de un proceso de implantación e implementación, entendiendo más allá de los aspectos técnicos del modelo que sin duda son importantes comprender, como por ejemplo el significado del nivel de detalle geométrico u información de un modelo virtual (LOD), el grado de madurez de un proceso de implantación BIM, la elaboración de un plan de ejecución BIM de un proyecto (PEB), los protocolos y estándares BIM para organizar dentro la PYMES el flujo de trabajo y la estructura de manejo de información, entre otros, las diferencias entre los conceptos de implantación e implementación.

Camacol innova 2020 en su iniciativa de fomento y madurez del uso de BIM en Colombia, creara un escenario en donde las organizaciones PYMES que no hallan abrazado con anterioridad este proceso voluntario de implementación, tendrán obligatoriamente que verse en la

necesidad de adaptarse a un proceso impositivo como es la implantación BIM dentro de sus organizaciones; por lo tanto identificar las temáticas, estructurar los conceptos técnicos claves a tener en cuenta por parte de los propietarios o gerentes de construcción vinculados a empresas PYMES en una estrategia de implementación BIM, constituye un factor determinante que agrega valor en esta transición de adopción de nuevas tecnologías y flujos de trabajo en el sector de la construcción en Colombia.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, en la siguiente tabla se brinda un esquema organizado de la estructura conceptual de las temáticas pertinentes, sus fuentes literarias y el enfoque metodológico conducente a enlazar las bases que se requieren para realizar la estrategia de implementación BIM en PYMES del sector construcción en Bogotá.

Tabla 2. Estructura conceptual No. 2 Desarrollo BIM

Temas Desarrollados	Título	Autor	Planteamiento Metodológico
BIM	Building Information Modeling.	(Yusuf, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Interpretaciones • BIM en el ciclo de vida de las edificaciones.
Implantación Vs. Implementación BIM	Estado arte implantación BIM Europa	(EUBIM Observatory, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Definición • Usos de BIM • Estrategias
	El BIM en Latinoamérica [Actualizado]	(Editeca, s.f.)	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevas Practicas • Iniciativas Diferentes Países
	Estrategia de fomento y madurez de BIM en Colombia	(Cunningham, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • BIM Colombia

Madurez de Implantación BIM	Niveles de Madurez del proceso de implantación BIM - (UK)	(Arquiparados, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Inicios • Procesos • Niveles de Madurez
LOD	Level of Development o Nivel de Desarrollo	(Sanchez Ortega , 2016) (Alonso Madrid, s.f.)	<ul style="list-style-type: none"> • Definición • Inicios • Clasificación
	LOD: Niveles de desarrollo de un proyecto.	(Montilla Duque, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo • Colabores empresariales • Características de clasificación • Límites de nivel de detalle modelo.
	Niveles de un modelado en BIM	(Jimenez & Jiménez Abós, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Definición • Inicios • Clasificación
Plan de Ejecución BIM	Plan de ejecución BIM	(Hardin & MCcool, 2015, pág. 75)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Criterios • Actualidad
	Creating a BIM Execution Plan - Penn State BIM Project Execution Planing Guide	(Myers, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> • Guías de planes de ejecución BIM • Aspectos principales • Importancia • Estructura base
Protocolos y Estándares BIM	Protocolo BIM Fases del proyecto	(Miller&Co., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Importancia • Características principales • Entorno al modelo • Modelo Único • Principales Consideraciones
Implementación BIM	Implementación BIM para empresas - innova proyectos	(Innova Training, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Objetivo • Procesos • Consideraciones • Guías de ejemplos
	BIM A0, Introducción al BIM	(Zigurat courses, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto • Objetivo • Procesos • Consideraciones • Guías de ejemplos

Fuente: Autores.

3.5.3 Métodos de entrega de proyectos y su relación con BIM.

De acuerdo con (Hardin & MCcool, 2015); en esencia el método de entrega del proyecto es la manera en la cual el propietario del proyecto trabaja contractualmente junto con el diseñador y el constructor del proyecto; es una de las primeras y más importantes decisiones que hace un propietario cuando decide emprender un proyecto de construcción puesto que determina la manera cómo será repartido el riesgo y la recompensa de desarrollar el proyecto.

La manera en la que directamente el constructor interviene en el proceso de desarrollar el proyecto, esencialmente en la fase de diseño, la manera contractual en que se distribuye el riesgo y la recompensa de ejecutar el proyecto, los criterios y la forma como se adquieren los principales servicios de diseño y construcción, es lo que configura las diferentes alternativas para realizar la entrega de un proyecto de construcción.

Es evidente que, al vincular al contratista de obra en instancias previas a la ejecución del proyecto, restablece el valor de la fase de diseño, puesto que se mejora la colaboración y comunicación de los actores intervinientes, repercutiendo en la calidad de los diseños y por ende en la disminución del riesgo de encontrar inconvenientes derivados de constructibilidad, entre otras problemáticas que afectan la productividad del proceso de desarrollo de un proyecto de construcción.

El diseño y construcción de proyectos bajo métodos de entrega integrativos optimiza los resultados del proyecto, ya que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes. (Pons Achell, 2014, pág. 46); En este sentido se sobreentiende que debe darse la suficiente importancia al hecho de entender las diferentes alternativas que existen para realizar la entrega de un proyecto, pues dota de una perspectiva holística al propietario o gerente del proyecto, sobre los resultados esperados a futuro, al momento de tomar la decisión de

emprender su idea de negocio de proyecto de construcción.

El enfoque gerencial de los métodos alternativos de entrega de proyectos se articula en paralelo con los aportes de innovación tecnológica de BIM para dinamizar los flujos de trabajo del proceso de diseño, construcción y mantenimiento del proyecto; por lo tanto la siguiente tabla presenta una revisión de los cuatro principales métodos de entrega de proyectos más comunes a nivel mundial y su estructura temática con relación a BIM: método tradicional (Design-bid-build), método diseño-construcción (Design-Build), método de gerente de construcción en riesgo (CM-at-Risk) y el método de entrega integrada de proyectos (IPD), (Hardin, 2009); al finalizar se analizará la metodología de gestión de proyectos basada en el Diseño virtual y construcción o VDC, la cual ejemplariza el uso actual de BIM para apalancar los flujo de trabajo en las fases de diseño y construcción de proyectos de construcción en el método de entrega de proyectos alternativo IPD, con el objetivo de reducir riesgos y aumentar la productividad del proyecto.

Tabla 3. Contenido temático de los métodos de entrega de proyectos

Método tradicional (Diseño - Licitación - Construcción)	Método de Gerente de construcción en Riesgo	Método de entrega de proyecto Diseño – Construcción	Método de entrega integrada de proyectos (IPD)
<ul style="list-style-type: none"> • Contratos separados con el diseñador y constructor. • Sigue una ruta de progreso lineal • Interrupción del proceso por licitación y asignación del constructor. • Los riesgos son 	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos separados con el diseñador y constructor • 2 fases: Fase A de diseño y Fase B de construcción del proyecto. Con intervención del constructor en calidad de gerente. • los tipos de proyecto por lo general deben 	<ul style="list-style-type: none"> • Una sola fuente de diseño y servicios de construcción, (Un solo contrato). • Ambiente de equipo colaborativo basado en la confianza • Entrega más rápida, decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de contratos entre múltiples partes • Metas desarrolladas y validadas conjuntamente • Intensa colaboración entre el equipo del proyecto • El riesgo y

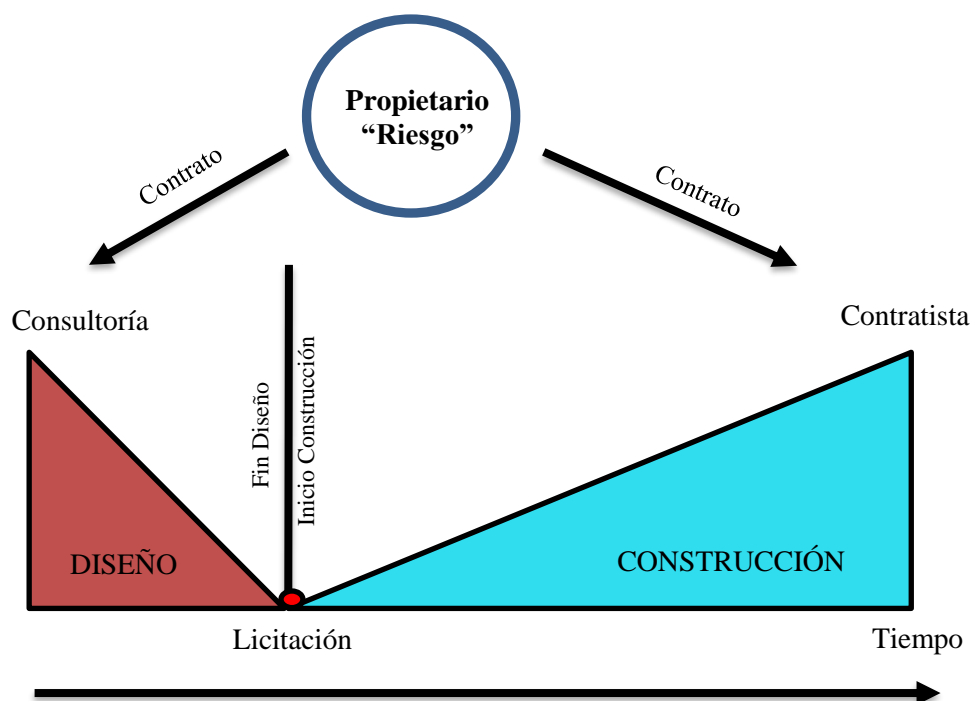
altos	ser bajos en	más rápidas	beneficio es
• Sobre costos por	complejidad.	• El riesgo es	compartido
ajustes a diseños.	• Contratista es	minimizado para	
	contratado bajo la	los propietarios.	
	figura de gerente de		
	construcción en		
	riesgo (Fase A)		
	• El contratista		
	entrega el precio		
	máximo a garantizar		
	para la Fase B		

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes ilustraciones describen el proceso de desarrollo para cada uno de los métodos de entrega de proyectos de construcción analizados.

Método tradicional (Diseño - Licitación - Construcción)

Ilustración 2. Relación linear del método (Diseño-Licitación- construcción)



Fuente - (Jim Rogers- Construction manager- Project delivery Methods, Lynda.com, 2017).

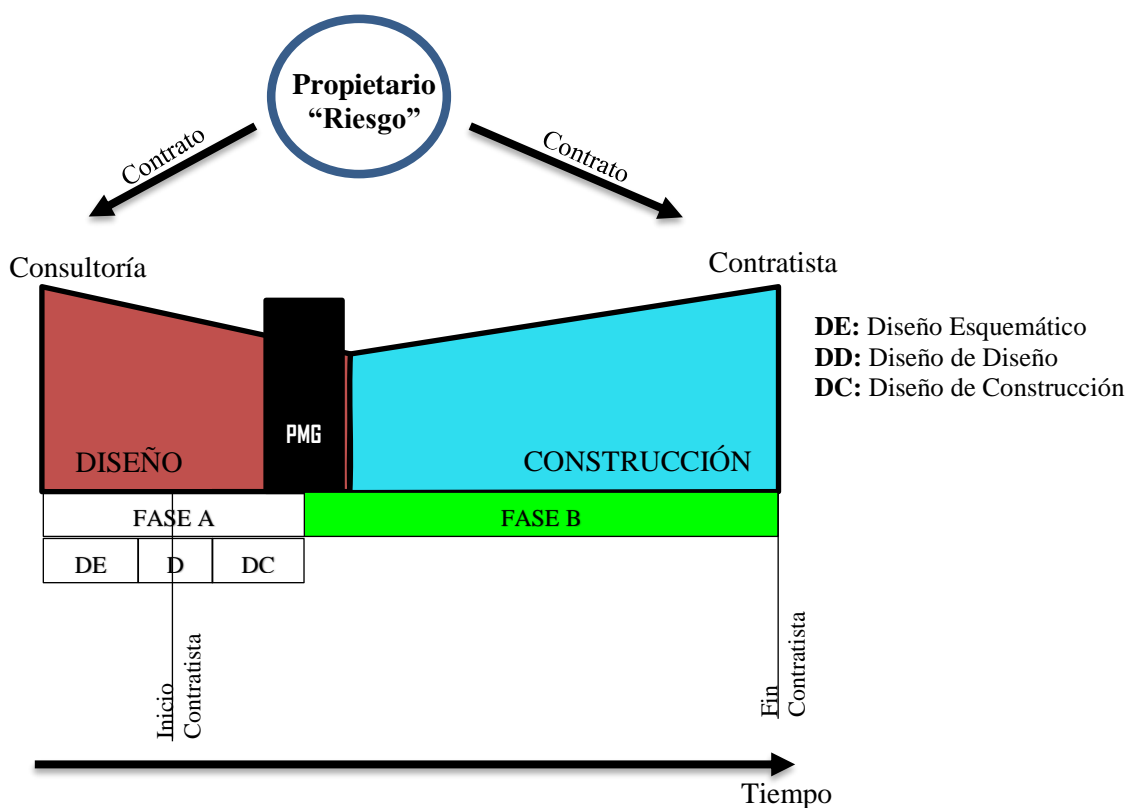
El método tradicional de entrega de proyectos es el más conocido y usado en la industria de la construcción, consiste en la desestimación del valor agregado de la fase de diseño, debido al involucramiento tardío de los interesados clave en la ejecución del proyecto (constructor) en esta fase, generando un incremento en el riesgo de desarrollar el proyecto, debido a que el proceso lineal del flujo de trabajo es fragmentado en el tiempo, ya que una vez finaliza la fase de diseño se debe invertir tiempo para la preparación de documentos, la licitación y posterior asignación del contratista de obra, interrumpiendo el intercambio de información entre las partes, conllevando en la mayoría de los casos a ordenes de cambio por sobre costos debido a la necesidad de realizar ajustes a los diseños iniciales y adicionar tiempo para cumplir el alcance inicial del proyecto. La entidad contratante (propietario o gerente) debe establecer dos contratos, uno con el consultor de diseño y otro con el contratista general de obra mediante el cual se transfieren los riesgos de desarrollar el proyecto; generalmente el aspecto fundamental para tener en cuenta al momento de contratar los servicios de las partes es basado en el precio de la oferta económica más baja.

Método de Gerente de construcción en Riesgo – (CM -at-Risk).

El método se desarrolla de manera similar al método anteriormente descrito de Diseño-Licitación - Construcción; la entidad contratante todavía posee el riesgo de los diseños y de nuevo tiene que administrar por separado dos contratos, uno el de consultoría de estudios y diseños, y otro con el contratista de obra, sin embargo, al principio del proyecto el contratista es contratado bajo la figura de gerente de construcción en riesgo trabajando en nombre de la entidad para asistirle en la fase A de diseño o pre-construcción del proyecto desarrollada por el consultor; sin embargo, en algún punto del contrato, el contratista termina su papel de agente

asistente de gerencia en fase de diseños, cuando asumiendo el riesgo tendrá que suministrar el precio máximo a garantizar (PMG) para la fase de construcción, convirtiéndose a partir de este punto en contratista general de la obra a construir. Esta decisión puede incluso ser tomada antes de que la fase de diseño este totalmente completa, y que los planos de construcción estén al 100%, lo que le da al contrato en cierto punto, un aceleramiento (fast-tracking), debido a que el contratista de obra participa desde fase temprana de diseño, y se pactan entregables parciales con la entidad y la consultoría para iniciar trámites de licencias e inicio de actividades de obra, incluso como se mencionó antes de haber terminado en su totalidad los planos de construcción del proyecto por parte de la consultoría.

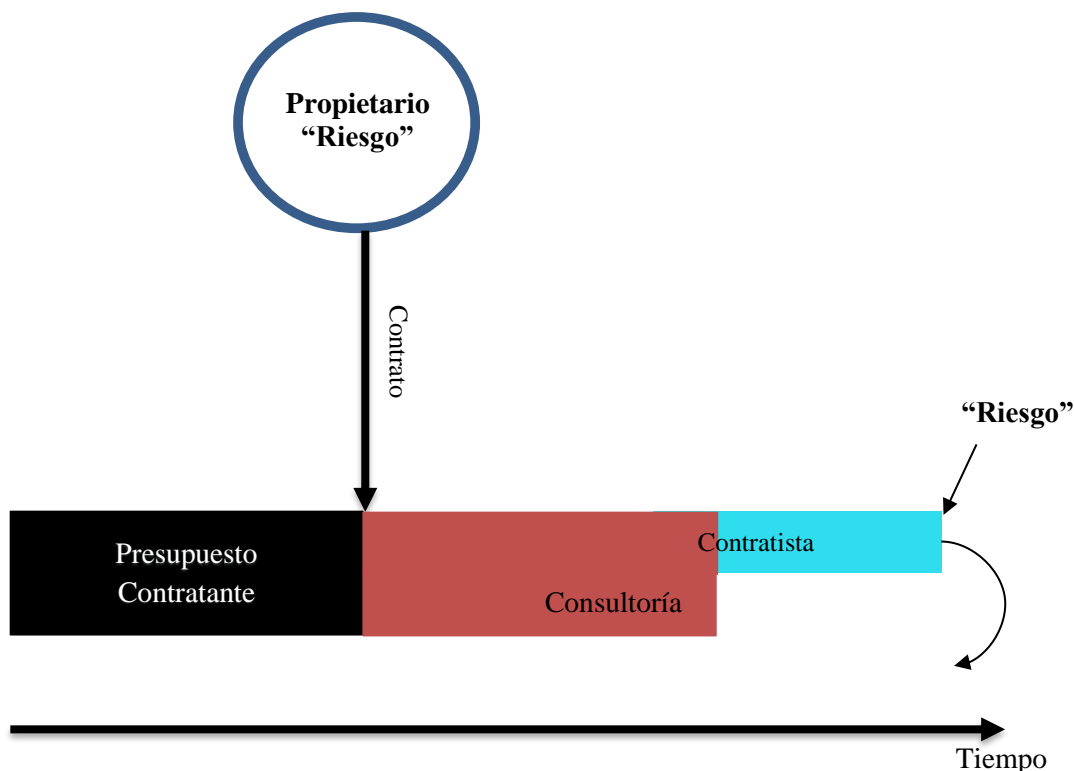
Ilustración 3. Método de Gerente de construcción en riesgo (Fuente: Recuperado de Jim Rogers- Lynda.com)



Fuente – Recuperado de BIM and Construction Manager, 2015).

Método de entrega de proyecto Design-Build (Diseño – Construcción).

Ilustración 4. Método de Diseño - Construcción (Fuente: BIM and Construction Manager, 2015).



Fuente: BIM and Construction Manager, 2015.

En el método de Diseño - Construcción, el propietario (owner), transfiere el alcance, los requerimientos y el presupuesto del proyecto de acuerdo con su estimación inicial; los requerimientos del contratante deben contener las especificaciones para el funcionamiento, la geometría o forma y la programación para la culminación del proyecto. En el método Diseño-Licitación, la entidad contratante establece un solo vínculo contractual para distribuir el riesgo, el cual puede ser una unión consorcial que incluya la consultoría de diseño y construcción del proyecto, o un solo contratista con capacidad para realizar el diseño y construcción en el sitio del

proyecto; o incluso puede ser un solo contratista que subcontrata a un consultor para realizar los estudios y diseños del proyecto o viceversa.

El objetivo del equipo de Diseño y construcción consiste en tomar los requerimientos iniciales del propietario y diseñar de acuerdo con el presupuesto establecido, administrar el proceso de diseño, obtener los permisos y licencias necesarios para la construcción, y construir el proyecto dentro del tiempo y presupuesto previsto.

El método Design-Build rompe el molde de roles y responsabilidades tradicionales, demandando un ambiente de equipo colaborativo basado en la confianza. Este método es una plataforma para la innovación, la velocidad de entrega, el aumento de la calidad, y el aseguramiento del presupuesto, pero requiere un cambio de mentalidad de los miembros del equipo del proyecto para ser un éxito.

Método de entrega integrada de proyectos (Integrated Project Delivery - IPD)

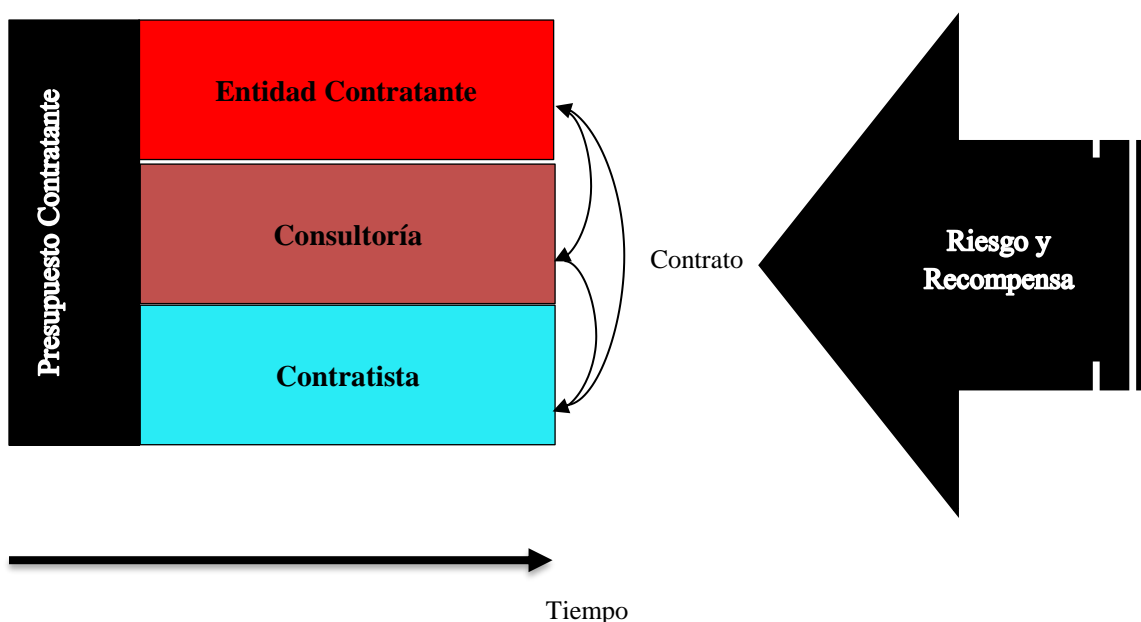
El método de entrega integrada de proyectos (IPD), es similar al método de entrega Diseño-Construcción; sin embargo, la mayor diferencia de este método es el manejo del riesgo del proyecto; en este método, el riesgo es compartido entre la entidad contratante, la consultoría de estudios y diseños, el contratista de obra y los subcontratistas; de la misma manera la recompensa de ejecutar bien el proyecto también es repartida de acuerdo con los resultados en general del proyecto.

El método de entrega IPD promueve el concepto de riesgo y recompensa compartida del proyecto a través del cumplimiento de los objetivos del proyecto, la compensación puede aumentar o disminuir dependiendo de los resultados, es decir, por ejemplo: el equipo desarrolla un objetivo de enmarcar el proyecto dentro de un presupuesto establecido, si al finalizar el

mismo este se encuentra bajo el presupuesto establecido, honorarios adicionales son distribuidos en el equipo, de lo contrario si el proyecto llega a estar por encima del valor presupuestado, los honorarios pactados decrecen para todo el equipo. IPD promueve un gran acuerdo de comunicación entre las múltiples partes intervinientes y promueve la intensa colaboración entre el equipo del proyecto, debido a que esto puede resultar en utilidad adicional para todos los miembros del equipo. (Hardin & McCool, 2015, pág. 62)

El método IPD promete mejores resultados en la entrega del proyecto, sin embargo, estos resultados no se darán a menos que la mentalidad de las personas involucradas también cambie; es decir, obtener los beneficios de IPD, exige un esfuerzo gerencial y un compromiso de todos los interesados del proyecto, para acoger los principios enmarcados en IPD; al respecto la siguiente ilustración representa la estructura de principios esenciales del método de entrega integrada de proyectos IPD.

Ilustración 5. Método entrega de proyectos integrada (IPD)-Riesgo y recompensa repartida.



Fuente: Recuperado de BIM and Construction Manager, 2015

En la siguiente tabla se estructura conceptualmente los principales temas abordados para el desarrollo del estado del arte relacionado con los métodos de entrega de proyectos y su implicación en su entorno, identificando los aspectos clave requeridos por los propietarios o gerentes vinculado a las empresas PYMES, para la selección de los diferentes métodos de entrega de proyectos e implementación BIM.

Tabla 4. Estructura conceptual No.3 Métodos de entrega de proyectos y su relación con BIM

Temas Desarrollados	Título	Autor	Planteamiento Metodológico
Principales tipos de métodos de entrega de proyectos	Construction Management: Project Delivery Methods	(Rogers, 2017)	Concepto Alternativas de entrega Características Principales Áreas de Implementación de los métodos
	Integrated Project Delivery (IPD): Un marco integrador de ejecución de proyectos	(Huancachope Pila, 2016)	Enfoque actual gerencia proyectos construcción
	Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación	(Carmona & David, 2014)	Enfoque actual gerencia proyectos construcción Casos de aplicación.
	Selecting the best project delivery system	(Moore, 2000)	Aspectos claves de selección
			Aspectos claves en

	The integration of Project Delivery in the Construction industry.	(Cody, 2010)	colaboración
BIM y los métodos de entrega de proyectos.	BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows	(Hardin & MCcool, 2015)	Vínculos Ventajas y desventajas Adendas contractuales BIM.
VDC- Diseño virtual y construcción.	Singapur VDC guide v.1.0-October 2017	(Centre for Construction IT and the VDC Workgroup on behalf of BCA and the BIM Steering Committee, 2017)	Fase de Diseño Fase de Construcción Estudios realizados Resultados Relación con BIM Ventajas y Desventajas Características para considerar.
	From BIM to VDC to the digitalization of construction	(Fisher, 2017)	Aplicaciones de estudio
	A Guide to Applying the Principles of Virtual Design and Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process	(Khanzode, Fisher, Reed, & Ballard, 2006)	Implicación en la Fase de Diseño, Fase de Construcción Soportes de estudios realizados Resultados Relación con BIM Ventajas y Desventajas Características para considerar.

Fuente: Autores.

Como producto del análisis realizado a cada uno de los aspectos relacionados anteriormente, La siguiente tabla resume los aspectos clave a considerar por parte de un

propietario o gerente de proyecto con respecto a la selección de los métodos de entrega de proyectos y BIM.

Tabla 5. Aspectos clave de BIM en los métodos de entrega de proyectos

BIM			
Método tradicional (Diseño - Licitación - Construcción)	Método de Gerente de construcción en Riesgo	Método de entrega de proyecto Diseño – Construcción	Método de entrega integrada de proyectos (IPD)
<ul style="list-style-type: none"> • Sirve de soporte de coordinación en la fase constructiva o en la fase de diseño. • Agiliza el cómputo de cantidades a los contratistas. • Facilita el entendimiento de los procesos constructivo para el contratista. • Alto nivel de claridad en el diseño 	<ul style="list-style-type: none"> • Está vinculado con un plan de ejecución BIM • Permite el involucrar al contratista en el proceso de diseño • Reduce el Riesgo de incongruencias en diseños en la fase constructiva (Fase B). • Mejora la comunicación y colaboración entre las partes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovecha al máximo las herramientas y practicas BIM • Proceso de entrega del proyecto más sencillo. • El equipo es más proactivo en lugar de ser reactivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está vinculado con un plan de ejecución BIM • Detección temprana de incidencias que se puedan presentar en la fase de diseño. • Integración de la información en todos los aspectos o niveles. • Usos del modelo en todas las fases. • Definición de las responsabilidades de los miembros del equipo en proyectos con requerimientos BIM

Fuente: Autores.

3.5.4 Métodos de adquisición de contratos y su relación a los Métodos de entrega.

El tema debe ser abordado dentro de la construcción del estado del arte, puesto que adquirir los servicios por parte de un propietario o gerente de construcción es una actividad clave en el proceso de selección de un método de entrega de proyecto alternativo, considerando que se debe encontrar nuevos criterios para evaluar la intervención del contratista en la fase de diseño, tratando de identificar sus capacidades como las del equipo de diseño para trabajar colaborativamente en el desarrollo del proyecto junto con los demás actores interesados en el proyecto.

El tema de adquisición de contratos se adhiere al enfoque gerencial actual adquirido para elaborar la estrategia de selección de un método de entrega e implementación BIM, por lo tanto el contenido se desglosará en subtemas introductorios referentes a, cómo encontrar los proyectos para licitar, cuáles son las reglas del juego, cuáles son las fuentes de información, el proceso de licitación o presentación de ofertas, los criterios de competición y el método de entrega del proyecto, por último presentando el método de selección de adquisición de contratos.

Tabla 6. Estructura conceptual No.4 Elementos intervinientes en la selección del método de entrega

Temas Desarrollados	Título	Autor	Planteamiento Metodológico
Consiguiendo el contrato	Construction Manager - Jumpstar 2nd.	(J. Jackson, 2010, pág. 70)	Procesos Métodos ¿Cómo encontrar y adquirir un proyecto? Posición del Gerente
Las reglas del juego	Construction Manager - Jumpstar 2nd.		Ofertas Financiación Procesos para la contratación
Las fuentes de información y el Proceso de licitación o presentación de ofertas	Web. Principales Plataformas de contratación SECOP II	(Colombia Compra Eficiente, s.f.)	Divulgación Información suministrada Proceso adquisitivo de servicios Selección de la mejor oferta
Criterios de competición y el método de entrega del proyecto	Construction Manager - Jumpstar 2nd	(J. Jackson, 2010, pág. 88)	
Métodos de adquisición del servicio de construcción	Construction Manager - Jumpstar 2nd	(J. Jackson, 2010, pág. 88)	Adquisición basada en el precio de la oferta más baja (Low-Bid) Adquisición basada en método de Best-

Value
 Adquisición basada
 en método de
 calificación de
 aptitudes
 (Qualifications)
 Adquisición directa

Fuente: Autores.

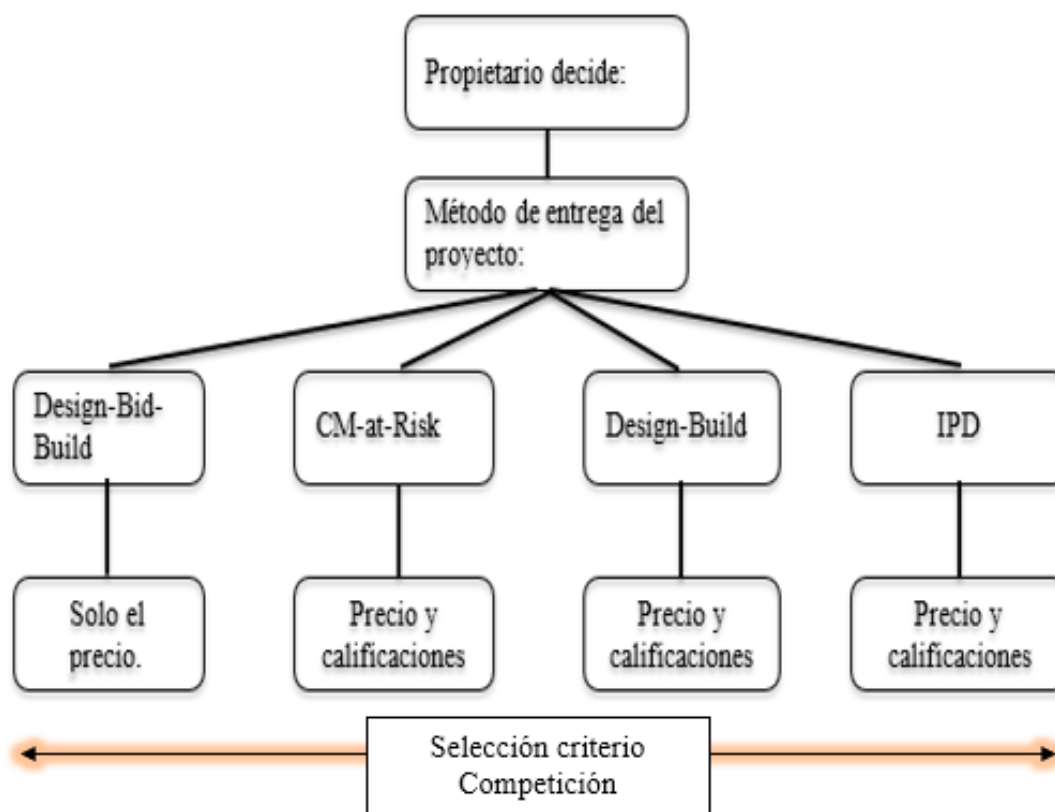
El volumen de trabajo de una compañía debe ser asegurado a través de una rigurosa competición de ofertas precios o licitaciones. El primer paso consiste en determinar quiénes están preparando ofertas para construir nuevos proyectos y cuando estarán listos para iniciar el proceso, esta importante tarea para la gerencia de la organización debe ser responsabilidad de todo el equipo, sin embargo, las organizaciones suelen asignar personal específico para realizar esta importante tarea. En la actualidad las compañías de construcción deben entender que el principal objetivo no es el de competir si no de negociar de acuerdo con el inmenso valor que tienen para ofrecer en sus organizaciones. (J. Jackson, 2010, pág. 70).

Criterios de competición y el método de entrega del proyecto

De acuerdo con (J. Jackson, 2010), en el método de entrega tradicional Design-Bid-Build, el criterio de selección primaria para determinar el ganador el contrato es el precio. Básicamente, el contratista que suministre el precio más bajo, a este será adjudicado el contrato.

La siguiente ilustración describe la conexión entre el método de entrega de proyecto seleccionado y el criterio de selección del contrato. (pág. 77).

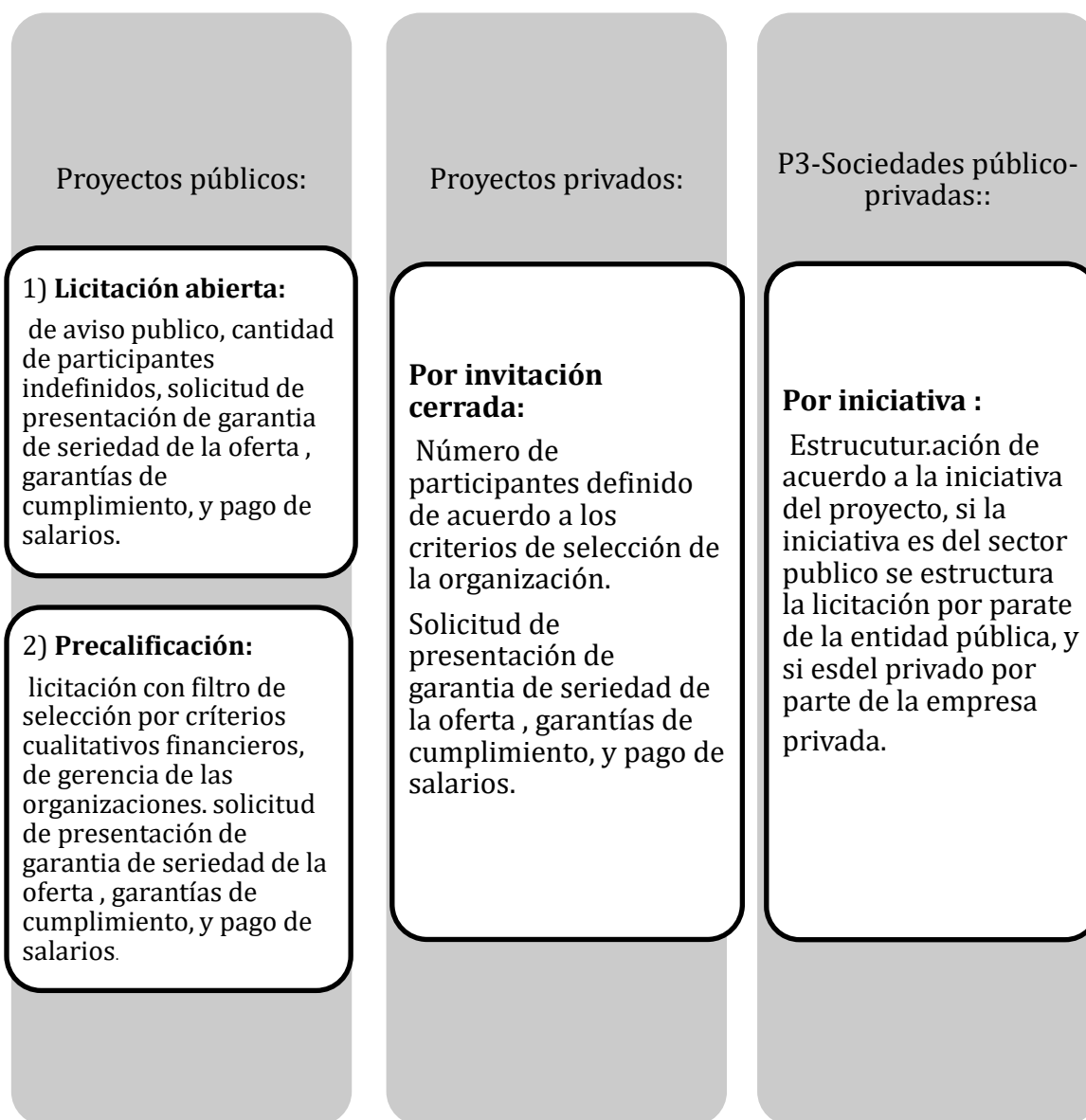
Ilustración 6. Conexión Método de entrega y Criterio de selección



Fuente- Elaboración Propia - Adaptado de (J. Jackson, 2010).

La siguiente ilustración resume los procesos implícitos para la adquisición de servicios de diseño y construcción de proyectos del sector público y privado.

Ilustración 7 Proceso de adquisición de contratos de construcción



Fuente- Autores.

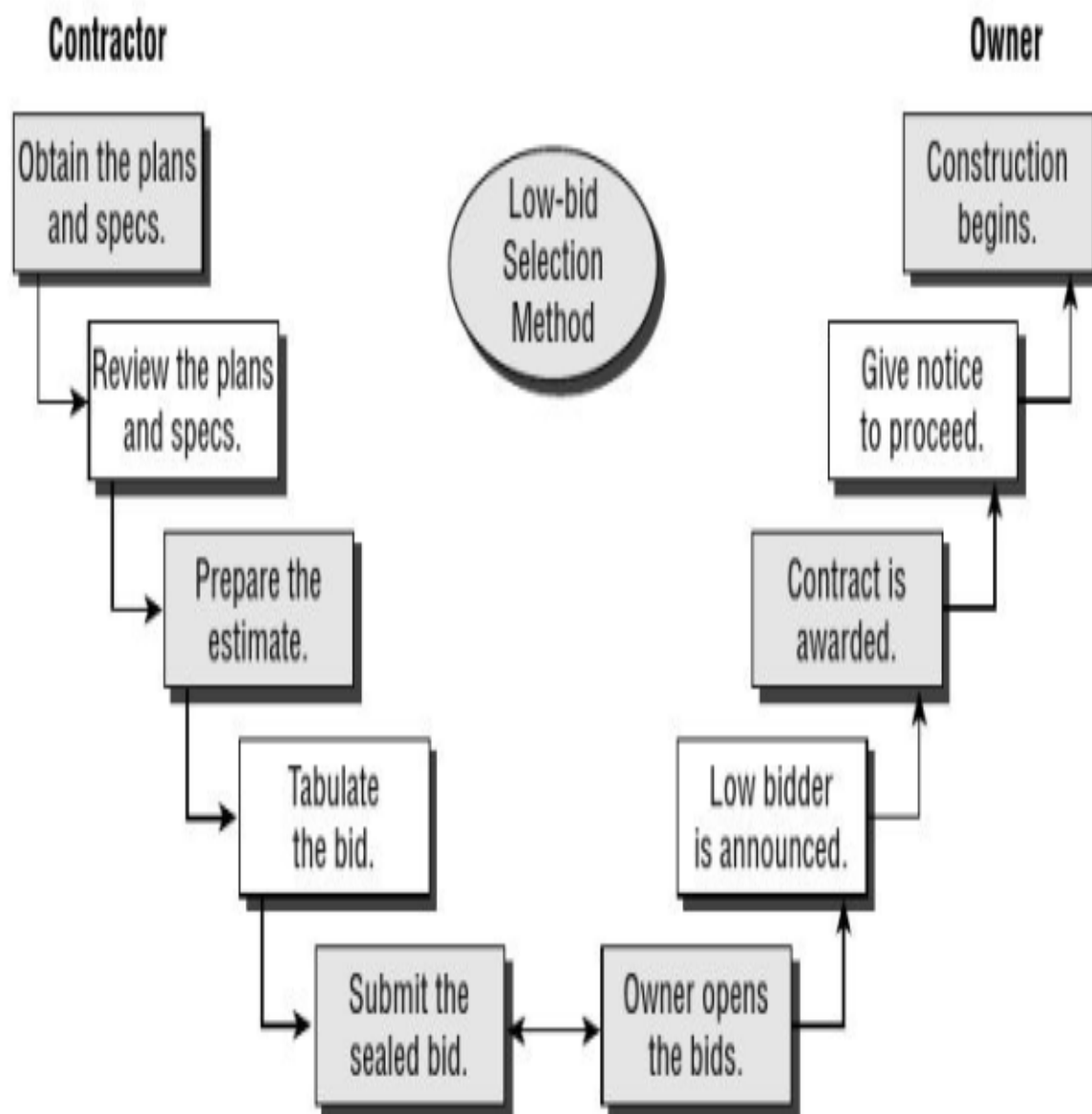
Métodos de selección de la adquisición del servicio de construcción

De acuerdo con la anterior ilustración, una vez el propietario del proyecto ha seleccionado el método de entrega y el criterio de competición que se usará, existen básicamente cuatro métodos utilizados para la adquisición de servicios de gerencia de construcción, diseño y construcción de proyectos. (J. Jackson, 2010, pág. 77).

• **Adquisición basada en el precio de la oferta más baja (Low-Bid):**

Como su nombre lo menciona, este método de selección se basa solamente en el precio de la oferta más baja. La siguiente ilustración resume el flujo paso a paso del proceso en el cual consiste el método.

Ilustración 8. Diagrama de flujo -método Low-Bid

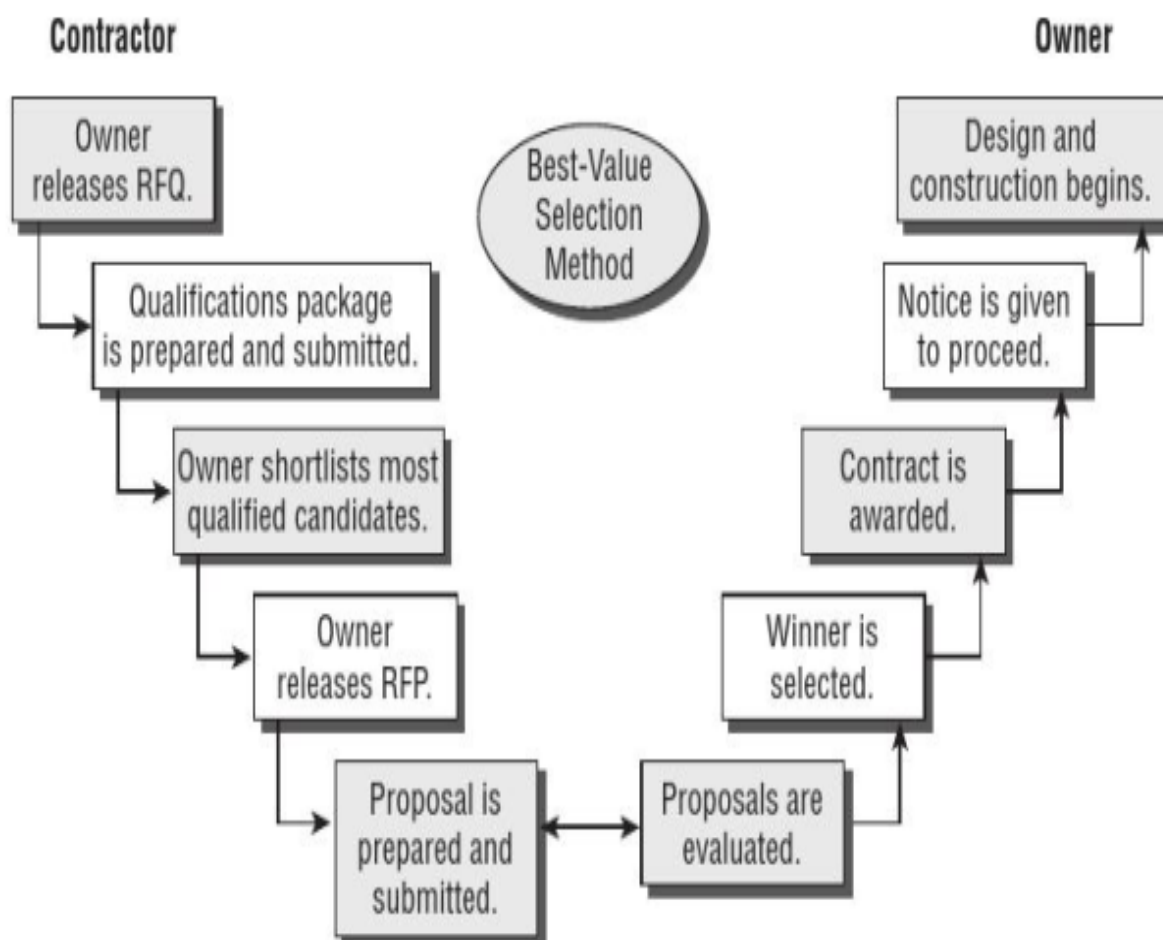


Fuente: Recuperado de (J. Jackson, 2010, pág. 77).

• **Adquisición basada en método de Best-Value:**

A diferencia del Low-Bid, en este método de selección de adquisición, el jurado calificador basa la selección del servicio en los criterios de calificación de aspectos cualitativos sujetos a la apreciación del diseño y construcción del proyecto, como también del precio presentado en la oferta. La siguiente ilustración resume el flujo paso a paso del proceso en el cual consiste el método.

Ilustración 9. Diagrama de flujo -método Best-Value



Fuente: Recuperado de (J. Jackson, 2010, pág. 77).

- **Adquisición basada en método de calificación de aptitudes (Qualifications):**

Este método no tiene limitación en sector privado de la construcción, cualquier propietario podría decidir solicitar a un número de contratistas consultores, competir bajo el criterio de calificación de aptitudes, sin embargo, de acuerdo con (J. Jackson, 2010, pág. 88) , no es muy común que este método sea selecciona por los propietarios, ya que la mayoría está acostumbrado al método Low-Bid. En este método el precio de los servicios no es considerado en el proceso de selección, el precio de los servicios es negociado después que la selección ha sido realizada con base en sus aptitudes y competencias demostradas. En complemento a lo anterior, se menciona que el método Qualifications, también es conocido con el nombre de Selección Directa (Direct Selection), en la cual los propietarios simplemente solicitan un servicio, basados en la reputación y desempeño del contratista en proyectos anteriores reconocidos por su calidad y profesionalismo.

3.5.5 Tipos de Contratos más utilizados en la industria de la construcción.

En Colombia el marco normativo para los procesos de contratación de obra pública se rigen por la ley 80 de 1993, 1150 de 2007, ley 1474 de 2011, ley 1508 de 2012, ley 1682 de 2013 y la ley 1882 del 15 de enero de 2018; para establecer el valor y la forma de pago de los contratos de obra pública las entidades estatales pueden utilizar el método de precio global, método de llave en mano, método de precios unitarios, método de administración delegada, y método de reembolso de gastos. (Colombia Compra Eficiente, 2014).

Cual quiera que sea el escenario mediante el cual ha sido seleccionado un contratista, una vez el propietario del proyecto ha tomado la decisión respecto a qué tipo de método de entrega de proyecto y que estrategia de adquisición del servicio ha de emplear, el propietario o sponsor

también determinará qué tipo de contrato será utilizado para el proyecto. Generalmente cualquier forma de contrato usada depende del tipo de proyecto y la cantidad de riesgo que el propietario del proyecto está dispuesto aceptar; frente a este aspecto, es importante que el gerente de construcción esté familiarizado con los principales tipos de contrato a elegir; de acuerdo con (J. Jackson, 2010). Existen cuatro tipos básicos de contratos de construcción; los cuales son: contrato de suma global o precio fijo, contrato de costo más beneficio porcentual fijo, contrato de precio máximo garantizado y contrato a precios unitarios. (pág. 112).. De acuerdo con lo anterior, se puede deducir que los métodos utilizados por las entidades estatales para definir el valor y forma de pago de los contratos en el medio de la construcción en Colombia, están en concordancia con los tipos de contratos más utilizados en la industria de la construcción a nivel mundial. Por lo anterior se considera que se realiza el recorrido conceptual para cada uno de los cuatro tipos de contratos mencionados cubre la temática objeto principal de la revisión.

Contrato de suma global o precio fijo.

Los contratos de precio fijo son el tipo de contrato más común en el medio de la construcción de edificaciones, bajo este esquema de contrato, el contratista acuerda completar el trabajo detallado en los planos y en las especificaciones técnicas, por una sola cantidad fija de dinero. Desde el punto de vista del propietario, probablemente es el tipo de contrato más seguro, debido a que se conoce el costo por adelantado, sin embargo, esto es asumiendo que los planos y especificaciones técnicas desde la cual el contratista estimó el costo del proyecto son exactos, han sido revisados constructivamente y están completos. Una vez el contratista firma el contrato, ambas partes deben convivir con los términos del contrato, y cualquier defecto, error u omisión en los planos y especificaciones resultará en una orden de cambio para el propietario del proyecto.

Las órdenes de cambio resultan en trabajo adicional y tiempo extra, las cuales convergen en sobrecostos para el propietario; aunque la mayoría de los propietarios son inflexibles acerca de no generar ordenes de cambio al proyecto, es completamente irreal asumir que cuando un propietario de un proyecto hace una oferta de adquisición de servicios de construcción de un proyecto, los documentos del contrato estarán sin defectos; Los cambios de órdenes deben ser siempre anticipadas para un flujo de trabajo desarrollado mediante el método de Design-Bid-Build y un contrato a precio fijo o global. (J. Jackson, 2010, pág. 112).

De acuerdo con lo anterior mencionado, en la siguiente tabla se detalla un ejemplo comparativo de un tipo de contrato Lump-sum.

Tabla 7. Ejemplo – Contrato Lump-Sum - costo fijo

Valor fijo Contrato	Costo Actual	Impacto contratista	Impacto propietario
\$ 100'000.000,00	\$ 100'100.000,00	Contratista pierde \$ 100.000	Ninguno, el costo del contrato permanece igual.
\$ 100'000.000,00	\$ 95'000.000,00	Contratista gana un adicional de \$ 5'000.000	Ninguno, el costo del contrato permanece igual.

Fuente – Adaptado de (J. Jackson, 2010).

Contrato Cost-Plus-Fee - (costo reembolsable).

(J. Jackson, 2010) , afirma lo siguiente:

Bajo esta figura de contrato de costo reembolsable o también referido como contrato de tiempo y materiales (T&M), el propietario reembolsa al contratista, todos los costos directos del proyecto asociados con el objeto de su ejecución, más unos honorarios o porcentaje fijo del costo directo del proyecto. Este tipo de contrato es frecuentemente utilizado en situaciones donde es difícil definir con exactitud el alcance del proyecto o cuando se necesita iniciar la construcción del proyecto antes que los planos y especificaciones estén completamente terminados. (pág. 112).

Este tipo de contrato garantiza una utilidad al contratista, con respecto al costo del proyecto, sin embargo, bajo este tipo de contrato, el propietario del proyecto está bajo un riesgo significativo, debido a que no se establece un límite o precio definido para el costo del proyecto, y el contratista realmente no tiene un incentivo para minimizar este costo, para evitar este tipo de situaciones, el propietario debe especificar claramente en el contrato las condiciones de pago a reembolsar y los honorarios pactados.

Al momento de realizar un cobro por parte del contratista, este deberá soportar todos los extractos de cuentas, transacciones bancarias, etc., de los gastos incurridos del proyecto a la fecha de cobro, esto requiere un alto grado de coordinación y gestión para organizar la documentación completa del cobro.

De acuerdo con lo anterior mencionado, en la siguiente tabla se detalla un ejemplo comparativo del costo final de un proyecto, de acuerdo al tipo de contrato Cost-Plus-Fee.

Tabla 8. Contrato Cost-Plus-Fee -Costo reembolsable

Costo Actual	% Honorario del Costo Actual*	Monto del contrato	Impacto contratista	Impacto propietario
\$ 100'000.000,00	\$ 5'000.000,00	\$ 105.000.000	Ninguno, el Contratista gana 5% del costo contrato	5'000.000 sobre el costo total de \$ 100'000.000 Incluía honorarios.

Fuente – Adaptado de (J. Jackson, 2010).

Contrato PMG (Precio Máximo Garantizado).

El tipo de contrato PMG (Precio Máximo Garantizado), según (J. Jackson, 2010), se define;

Un tipo de variación del Cost-Plus-Fee (contrato de costo reembolsable), y se ha convertido en un tipo de contrato muy popular, particularmente en conexión con el método de entrega de proyecto Design-Bid-Build. Este tipo de contrato contiene las mejores características del tipo de contrato Lump-Sum y del contrato de Cost-Plus-Fee; consiste el reembolso al contratista de los costos de materiales, mano de obra, equipos, subcontratos, costos en general y la utilidad esperada con respecto al precio máximo garantizado. El precio máximo garantizado otorga un límite máximo del precio total del contrato, y al mismo tiempo estipula que el propietario del contrato solo está obligado a pagar el costo actual del proyecto más honorarios o utilidad pactada. Bajo este escenario, el propietario está protegido por la garantía de un precio máximo garantizado e inclusive recibe el beneficio de cualquier ahorro realizado al proyecto. Este tipo de premisa permite el inicio temprano de la construcción debido a que el precio del proyecto puede estar definido antes de que los planos y especificaciones estén al 100 por ciento completados. Cualquier ahorro por debajo del precio máximo revertirá en el propietario. (pág. 113),

De acuerdo con lo anterior mencionado, en la siguiente tabla se detalla un ejemplo

comparativo del costo final de un proyecto, de acuerdo con el tipo de contrato PMG.

Tabla 9. Contrato PMG (precio máximo garantizado).

Valor fijo Contrato	Costo Actual	Impacto contratista	Impacto propietario
\$ 100'000.000,00	\$ 100'100.000,00	Contratista pierde \$ 100.000 pérdida	Ninguno, el costo del contrato permanece igual.
\$ 100'000.000,00	\$ 95'000.000,00	No hay impacto.	Propietario u contratista reciben beneficio de 5'000.000 de ahorro. 60-40%

Fuente – Adaptado de (J. Jackson, 2010).

Frecuentemente cuando se usa el método de precio máximo garantizado, el propietario provee un incentivo al contratista por la eficiencia mostrada durante la ejecución del contrato, dividiendo cualquier ahorro con el contratista en rangos 60-40% e incluso 50-50%.

Contrato precios unitarios.

El contrato por precios unitarios es implementado cuando el trabajo a ser ejecutado no puede ser medido con suficiente exactitud antes de tiempo. Por su complejidad en la medición, las actividades de obra civil y carreteras frecuentemente van acompañadas de un contrato a precios unitarios, a pesar de que la ingeniería y las especificaciones técnicas del sitio son preparadas para este tipo de trabajo, es muy difícil hacer estimaciones de exactas de cantidades, debido a que este tipo de material no es precisamente algo que físicamente pueda ser contado, como el contar ladrillos o la cantidad de acero de un proyecto, por esta razón el propietario del proyecto provee típicamente a los contratistas el formulario de cantidades fijas para aplicar precios unitarios. El riesgo de este tipo de contrato para el propietario del proyecto es bastante obvio, debido a que las

cantidades pueden variar en gran manera y este se vería con responsabilidad de realizar una adición en valor al contrato. El precio final de este tipo de contrato no es conocido hasta que el trabajo es completado; lo único cierto que es conocido en este tipo de contrato, es el precio unitario para cada tipo de actividad, el cual permanece igual a través de todo el proyecto. (J. Jackson, 2010, pág. 114)

Tabla 10. Contrato precios Unitarios

ítem	Cantidades estimadas.	Precios unitarios contrato	Valor ofertado	Cantidades actuales	Costo final
Excavación	100 m3	\$ 35.000,00	\$ 3'500.000,00	120 m3	\$4'200.000,00
Instalación tubería 10"	50 m	\$125.000,00	\$ 6'250.000,00	45 m	\$5'625.000,00

Fuente – Adaptado de (J. Jackson, 2010).

3.6 Fase 2: Aplicación de la encuesta de percepción.

Sin duda alguna el conductor más grande de la implantación BIM en los diferentes países, han sido las iniciativas lideradas por los gobiernos, como es el caso de los Estados Unidos de América (USA), a través de la administración de servicios generales (GSA), por otro lado el gobierno del UK lidera la estrategia del uso totalmente colaborativo de BIM en los proyectos del sector público a nivel mundial desde 2016; a diferencia de estas principales iniciativas, en Latinoamérica, el Gobierno de Chile ha liderado la estrategia de implementación BIM en proyectos públicos desde el 2016, siguiendo las líneas del Gobierno Británico, sin embargo en Colombia, hay un amplio margen de mejora en orden de conseguir un nivel avanzado de madurez en términos de estandarización, uso generalizado en toda la cadena de suministros, el uso extensivo en las etapas de construcción y gerencia de instalaciones, entre otros aspectos. Los

próximos años serán críticos para el desarrollo de BIM en Colombia. (Gomez-Sanchez, Rojas-Quintero, & Aibinu, 2016, pág. 2).

La encuesta realizada fue orientada en primera medida al estado de percepción de los métodos de entrega de proyectos de construcción con relación a la implantación de la metodología BIM en Colombia; esto teniendo en cuenta que en Colombia ya existen antecedentes de estudios basados en encuestas realizadas a estudiantes, profesionales y empresarios del sector AEC, las cuales evidenciaron el estado de percepción en cuanto a la experiencia de adopción e implementación de BIM en las compañías constructoras (Gomez-Sanchez, Rojas-Quintero, & Aibinu, 2016), adicional con respecto a su uso por parte de estudiantes y egresados de Arquitectura (López Ruiz, 2017). Sin embargo, no se encontró documentación donde se relacionen los métodos alternativos de entrega de proyectos con el proceso de implementación de la metodología BIM en Colombia, lo cual para efectos de la investigación es de suma importancia, teniendo en cuenta el contexto actual de implantación de Metodología BIM en Colombia y el resto del mundo.

El desarrollo de la encuesta fue realizado a través de la plataforma de Google Forms y difundida a través de correo electrónico y redes sociales como WhatsApp, a más de 44 Estudiantes de gerencia de Obras, profesionales y gerentes de la industria AEC de Colombia. El formulario de la encuesta consistió en un módulo de 12 preguntas, enfocadas a descubrir la percepción con respecto al conocimiento de los métodos de entrega de proyectos e implantación BIM.

3.6.1 Determinación de la muestra

Se utilizó el método aleatorio simple mediante el cual se determinó el tamaño de la muestra a 44 encuestados, teniendo como criterio de selección del tamaño, el 11.5% de la población universitaria y/o posgrado ocupada de acuerdo con reporte del DANE (DANE, 2017); la muestra de encuestados fue cuidadosamente seleccionada con el objetivo de cubrir la perspectiva de las empresas PYMES del sector de la construcción de Bogotá, puesto que los encuestados seleccionados a los cuales se realizó la invitación, desempeñan cargos gerenciales en organizaciones de empresas constructoras y de interventoría de diseño y construcción, cargos de residencia de obra e interventoría, entre otros (Ver Anexo).

Tabla 11. Cálculo de la muestra aleatoria simple. - Criterio de selección.

Descripción	Var.	Valor	Muestra Aleatoria	Observación.
Población	N	37573.00		Graduados universitarios y especialistas de arquitectura e ingeniería civil y afines.
Nivel de confianza 95% - Por tabla - 1.96	Z	1.96		Es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos
Probabilidad a favor	p	0.5		Es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.
Probabilidad en contra	q	0.5		Es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.
Error de estimación de la muestra (0-5) %	e	5%		Es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

Muestra Finita referencia & Muestra aleatoria simple Seleccionada.	n	380.3	44.00	Muestra Aleatoria del 11.5% - aproximado de acuerdo con reporte del DANE - Población Universitario y/o postgrado ocupada. 2017
--	---	-------	-------	---

Para la elaboración de las 12 preguntas de la encuesta, se seleccionó como referente principal la encuesta nacional BIM 2016 realizada por universidad de Chile. (Loyola, 2016), adicionalmente se tuvo en cuenta el estudio en el cual se documentó el alcance del estado actual y futuro de implementación BIM en la industria AEC en Colombia. (Gomez-Sanchez, Rojas-Quintero, & Aibinu, 2016), esto con el objetivo que las preguntas elaboradas denotaran claramente la temática básica distintiva de los métodos de entrega de proyectos e implementación BIM, de manera que facilitara el análisis de las respuestas y evitara las sujeciones particulares.

3.6.2 Ficha técnica de la encuesta

Fecha de inicio: 16 febrero 2018

Fecha de Fin: 16 de mayo 2018

Total de días: 90 días.

Medio de captura de datos: Formulario Web (Google Forms).

Tipo y tamaño de la muestra (n) = Muestreo aleatorio simple, cantidad de invitaciones directas: 44 invitaciones con misma probabilidad de responder al tipo de pregunta del tema referencia, cantidad de encuestas enviadas 44.

Cantidad de encuestados: 40

Medio de difusión: Correo electrónico, WhatsApp

Perfiles de encuesta: Estudiante de gerencia Obras, y profesionales del sector AEC en Bogotá.

Número total de preguntas: 12

3.6.3 Listado de preguntas

Tabla 12. Listado de preguntas encuesta de percepción.

#	Pregunta	Estudiantes de gerencia de Obras, profesionales y gerentes de la industria AEC de Colombia.
1	¿Conoce el termino BIM?	X
2	¿Tiene idea de que es un modelo paramétrico?	X
3	¿Tiene idea acerca de que consiste un diagnóstico de implantación BIM?	X
4	¿Sabe con exactitud en que consiste el rol de un coordinador BIM?	X
5	¿Sabe que es el LOD de un modelo BIM?	X
6	¿Tiene idea de que consiste el método de entrega de proyectos tradicional?	X
7	¿Conoce los métodos de entrega de proyectos alternativos?	X
8	¿Sabe que es una sesión ICE?	X
9	¿Tiene idea de que es un plan de ejecución BIM?	X
10	¿Sabe qué es un protocolo o estándar BIM?	X
11	¿Tiene idea si existe alguna iniciativa para la implantación BIM en contratos públicos en Colombia?	X
12	¿Cómo calificaría el sistema de contratación actual del país?	X

3.6.3 Estadísticas Generales

A continuación, se presentan los resultados generales de la encuesta de percepción.

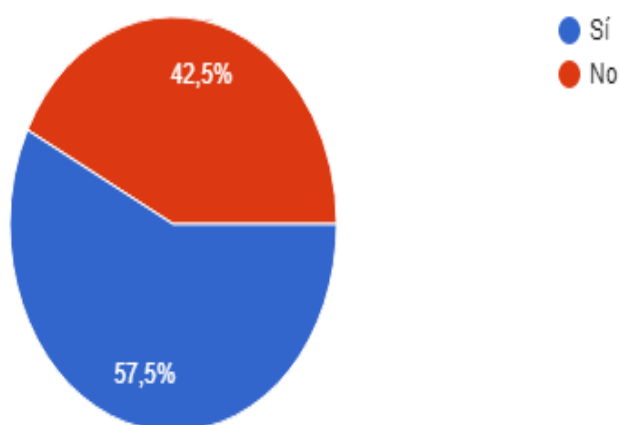
a) ¿Conoce el termino BIM?

Esta pregunta se realizó con el objetivo identificar el grado de conocimiento general de los profesionales, frente al significado del término BIM.

Ilustración 10. Pregunta- ¿Conoce el termino BIM?

Conoce el termino BIM?

40 respuestas



Fuente Recuperado de Formulario Google

De acuerdo con los resultados de la pregunta, se evidencio que el 57.5% (23 encuestados), tiene conocimiento u idea del término BIM, frente a un 42.5% (17 Encuestados) que desconocen a la fecha el termino; de los resultados se aprecia que a la fecha existe todavía en el medio un alto grado de incertidumbre frente al tema por parte de los profesionales, lo que implica en cierta medida una brecha frente a las diferencias de los flujos de trabajo tradicional CAD y BIM. Sin embargo, el rango de porcentaje que afirma conocer el término es congruente con otros estudios realizados en materia de implantación de la metodología. (Ceron & Lievano Ramos, 2017), y el

cual da a entender que el concepto circula en el medio de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y construcción).

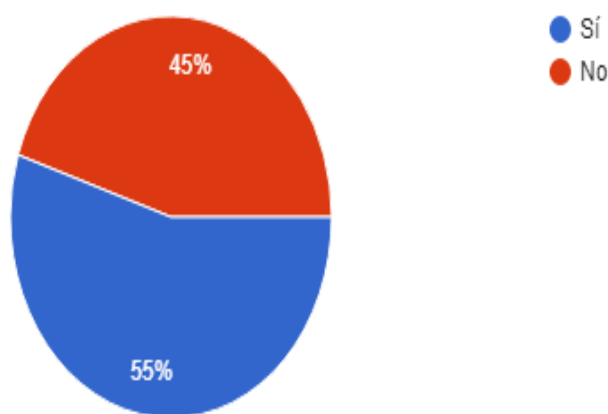
b) ¿Tiene idea de que es un modelo paramétrico?

La pregunta tuvo como objetivo contrastar las afirmaciones de la pregunta anterior, que porcentaje que acentuaría conocer el termino BIM, era consciente del significado del término, puesto que el termino BIM implica en sí, trabajar con modelos paramétricos, los cuales contienen las características de los elementos predeterminados de la construcción y estos pueden ser modificados mediante sus parámetros (Dimensión, volumen, área, temperatura, coeficiente expansión, etc. y a su vez estos pueden ser computables); esta pregunta evidenciaría si existe conciencia en la diferencia del concepto de diseño basado en modelos de información frente a un Diseño tradicional basado en dibujo bidimensional.

Ilustración 11. Pregunta - ¿Tiene idea de que es un Modelo Paramétrico?

Tiene idea de que es un modelo paramétrico?

40 respuestas



Fuente – Recuperado de Formulario Google

De acuerdo con los resultados se evidencia que el porcentaje del 55 %(22 encuestados) afirmaron conocer el término de parametrización es aproximado al porcentaje de encuestados de afirmaron conocer el termino BIM; lo que implica que la mayoría de las afirmaciones son veraces y transmite un grado de confianza frente a las respuestas.

De acuerdo con las respuestas, otro aspecto que resalta es que la mayoría de las personas ha trabajado en algún momento con software BIM de modelado paramétrico, similar a el porcentaje obtenido con respecto a la pregunta de encuesta realizada por (López Ruiz, 2017) en su estudio “Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño” (pág. 2). Referente a ¿cuál herramienta de software ha utilizado para diseño y modelado?” A la cual el 57% respondió que utilizan Revit Architecture, software BIM de la casa de Autodesk.

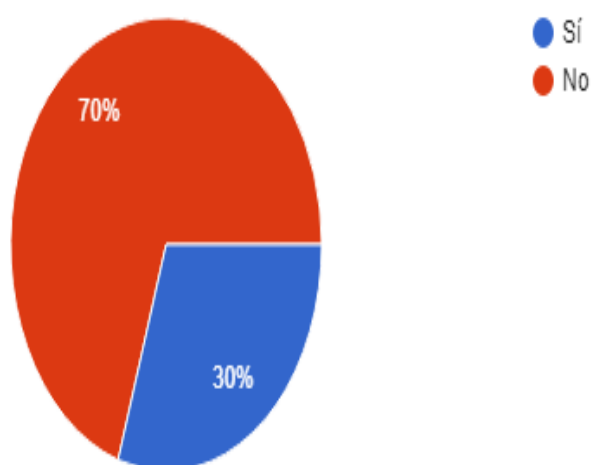
c) ¿Tiene idea de que consiste un diagnóstico de implantación BIM?

La pregunta tuvo como objetivo indagar si los profesionales que conocen el termino BIM, han estado en sus empresas inmersos en un tipo de proceso de implantación BIM, o tienen conocimiento respecto del proceso de diagnóstico y conocen los requerimientos de tipo técnico, infraestructura y del personal requerido para iniciar un proceso de implantación BIM en una organización.

Ilustración 12. Pregunta - ¿Tiene idea de que consiste un diagnóstico de implantación BIM?

Tiene idea acerca de que consiste un diagnostico de implantación BIM?

40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De acuerdo con las respuestas, se evidenció que un 70% (28 encuestados) frente a un 30% (12 encuestados), no tiene idea respecto a que consiste un diagnóstico de implantación, lo que da a entender que la mayoría de profesionales no estarían en condiciones de liderar un proceso de coordinación o gerencia de proyectos entorno a BIM, puesto que se desconoce los requerimientos de tipo técnico, infraestructura y de recurso humano para conducir exitosamente un flujo de trabajo en un método de entrega de proyecto integrativo.

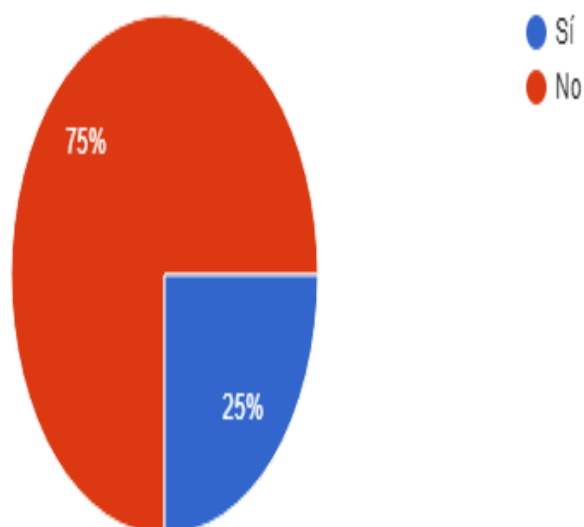
d) ¿Sabe con exactitud en que consiste el rol de un coordinador BIM?

La pregunta tuvo como objetivo verificar si del grupo de encuestados que ante las preguntas anteriores acentuó positivamente, tenían claro el papel como gerente o líder de proyectos el rol de un coordinador BIM, en el escenario en que las PYMES u Owners del sector público o privado inicien como en la mayoría de países, el procesos de implantación BIM, y el rol de coordinador BIM sea requerido para liderar los equipos de implantación y conducir a las empresas por métodos de entrega de proyectos alternativos.

Ilustración 13. Pregunta - ¿Sabe con exactitud en que consiste el rol de un coordinador BIM?

Sabe con exactitud en que consiste el rol de un coordinador BIM?

40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De acuerdo con las respuestas, se evidencia que existe una similitud en el porcentaje del 75% (30 encuestados) que afirmaron desconocer el rol de un coordinador BIM, frente al desconocimiento de la misma manera de un diagnostico BIM, lo que implica que la mayoría de las afirmaciones son veraces y transmite un grado de confianza frente a las respuestas, además expone la necesidad y el creciente mercado de capacitación de la industria de la construcción, frente a los retos que demanda la implantación BIM y su conexión con los métodos alternativos de entrega de proyectos.

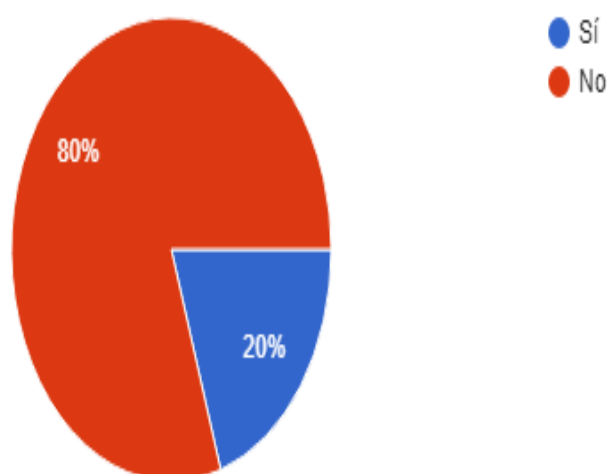
e) ¿Sabe que es el LOD de un modelo BIM?

La pregunta esta direccionada a evidenciar un poco más en detalle el grado de conocimiento frente a los requerimientos de los elementos de los modelos paramétricos con respecto al nivel de detalles de su geometría y el grado de información que estos deben tener para determinados usos durante el ciclo de vida del proyecto.

Ilustración 14. Pregunta - ¿Sabe que es el LOD de un modelo BIM?

Sabe que es el LOD de un modelo BIM?

40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

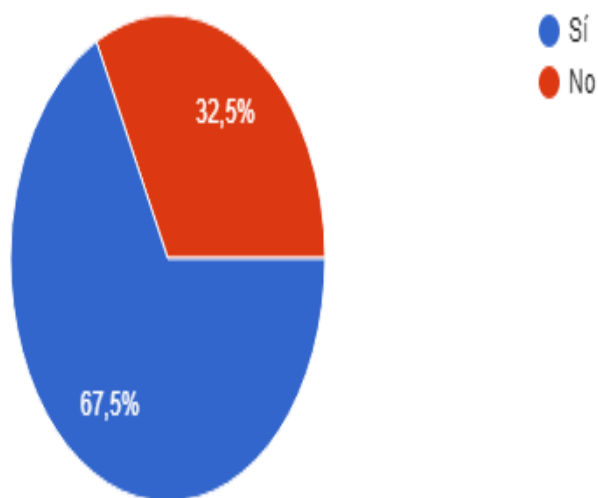
Se evidencio que el 80% (32 encuestados) desconoce el termino LOD de un Modelo BIM, lo cual es un aspecto esencial que demuestra el grado de conocimiento en el sentido técnico del manejo de las herramientas u software de modelado BIM, constituyendo este aspecto un componente importante frente a los conocimientos requeridos para liderar un proceso de implantación BIM en un flujo de trabajo colaborativo.

f) ¿Tiene idea de que consiste el método de entrega de proyectos tradicional?

La pregunta fue formulada con la hipótesis de que existe un alto grado de desconocimiento frente a los conceptos de método de entrega de proyectos tradicional en comparación con un flujo de trabajo tradicional basado en tecnologías CAD, implícitamente conocer el contexto en el cual los profesionales desarrollan los proyectos en el medio de construcción.

Ilustración 15. Pregunta - ¿Tiene idea de que consiste el método de entrega de proyectos tradicional?

Tiene idea de que consiste el método de entrega de proyectos tradicional?
40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

El 67.5% (27 encuestados) afirmaron tener conocimiento del método de entrega de proyectos tradicional, frente a tan solo un 32.5% (13 encuestados) que lo desconoce, la razón del alto porcentaje que afirmaron conocer el concepto, se debe probablemente a que la mayoría interpreta el flujo de trabajo basado en tecnología CAD, como el método de entrega de proyecto tradicional (Diseño-Licitación-Construcción), el cual difiere en la manera en que el diseñador, propietario y constructor se relacionan contractualmente de manera independiente desde el inicio hasta la finalización del proyecto, terminando en la mayoría de oportunidades su ciclo de vida de este método en un proceso de litigación debido a reclamaciones de las partes.

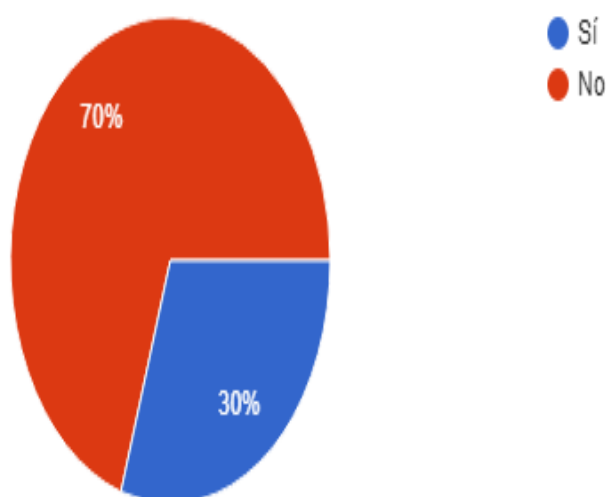
g) ¿Conoce los métodos de entrega de proyectos alternativos?

La pregunta en la encuesta se dispuso principalmente para ratificar que efectivamente el porcentaje de encuestados de la pregunta anterior que afirmo conocer en qué consistía el método tradicional de entrega de proyecto, entendía con respecto a que tratan los métodos de entrega de proyectos.

Ilustración 16. Pregunta - ¿Conoce los métodos de entrega de proyectos alternativos?

Conoce los métodos de entrega de proyectos alternativos?

40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

Es de resaltar que el 70% (28 encuestados), desconoce los métodos de entrega de proyectos alternativos, por lo tanto reafirma la hipótesis de que probablemente la mayoría de los profesionales creemos que la única manera de entregar proyectos a una entidad u propietario, sea a través de relaciones independientes entre este, el diseñador y el contratista, desconociendo que

en la actualidad existen diversos tipos de métodos de entrega de proyectos de construcción y contratos que están directamente relacionados con el uso de BIM, ya que fomentan el trabajo colaborativo y coordinado del proyecto.

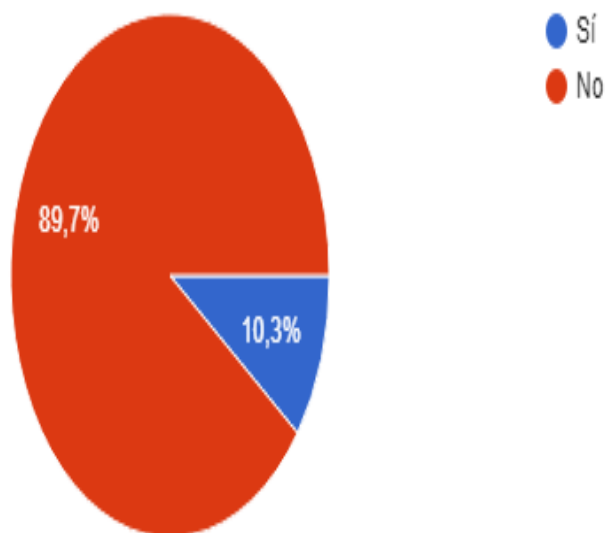
h) ¿Sabe que es una sesión ICE?

Con esta pregunta se pretendió conocer si las personas que afirmaron conocer los métodos alternativos de entrega de proyectos relacionaban el término ICE (Ingeniería concurrente integrada), empleado en uno de los métodos alternativos de entrega de proyectos denominado VDC.

Ilustración 17. Pregunta - ¿Sabe que es una sesión ICE?

Sabe que es una sesión ICE?

39 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

Con un 89.7% (35 encuestados) de las respuestas, se evidencio que la mayoría de los profesionales desconocen el termino ICE, además se resalta que disminuyo significativamente en un 19.7%, el porcentaje que afirmo en la pregunta anterior tener conocimiento de los métodos alternativos de entrega de proyectos; se resalta que las sesiones ICE constituyen uno de los principales componentes identificados por el CIFE (Center for integrated facility engineering) dentro del programa de certificación VDC de la universidad de Stanford/2012. (Gonzales Principe & Gallosa Moreno)

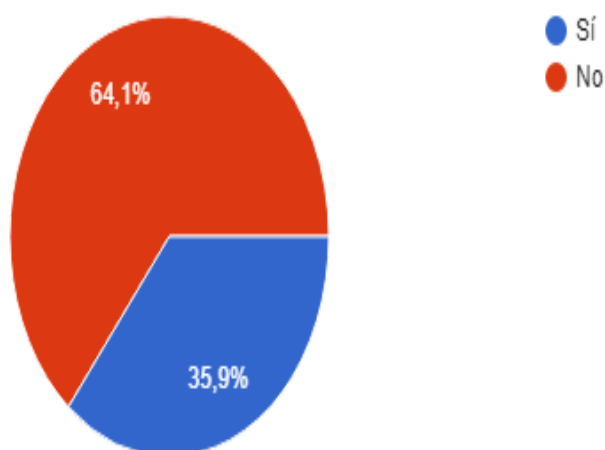
i) ¿Tiene idea de que es un plan de ejecución BIM?

El objetivo de la pregunta consistió en determinar si los encuestados tienen idea respecto a que es un plan de ejecución BIM, puesto que se considera un documento de gran importancia para la implementación BIM en los proyectos, esto posterior a tener elegido el método de entrega de proyecto y haber definido como este método impacta el valor agregado de BIM, ayudando a mitigar el riesgo de ejecutar el proyecto. (Hardin & MCcool, 2015).

Ilustración 18. Pregunta - ¿Tiene idea de que es un plan de ejecución BIM?

Tiene idea de que es un plan de ejecución BIM ?

39 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De las respuestas obtenidas, queda claro que el 64.1% (25 encuestados) no tienen idea respecto a que es un plan de ejecución BIM y su implicación con los métodos de entrega de proyectos alternativos.

j) ¿Sabe que es un protocolo o Estándar BIM?

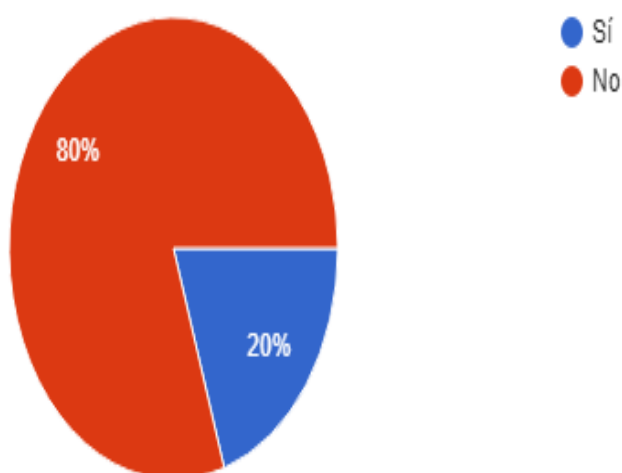
La pregunta fue fundamentada en las respuestas de la guía referente de consulta para la preparación de la encuesta “Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño” de la ing. Leidy López (López Ruiz, 2017). En la cual el 80% de los encuestados, consideran necesarias las políticas nacionales para la implementación BIM con estandarización y el 75.3% sugirió que el estándar BIM debe

permanecer en la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), durante un lapso prolongado.

Ilustración 19. Pregunta - ¿Sabe que es un protocolo o Estándar BIM?

Sabe que es un protocolo ó Estándar BIM?

40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De las respuestas obtenidas se evidencia que el 80% (32 encuestados) de los encuestados, no conocen que es un protocolo, Pliego de condiciones BIM o BIM mandate; la cual es la herramienta que da a los actores de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), la oportunidad de estandarizar sus procesos y encadenarlos sobre un modelo único que cruce o trascienda las distintas instancias del proyecto, a lo largo de todo su ciclo de vida. (Miller&Co., 2018).

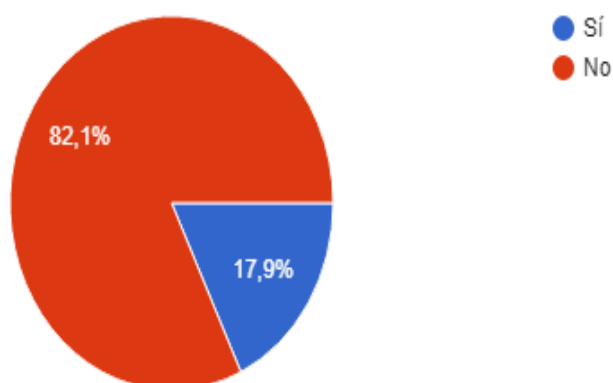
k) ¿Tiene idea si existe alguna iniciativa para la implantación BIM en contratos públicos en Colombia?

La pregunta fue formulada con el objetivo de conocer el grado de conciencia frente a la implantación de BIM en contratos de obra pública en Colombia, las opciones de respuesta de la pregunta permitían al encuestado expresar su conocimiento frente alguna política en particular.

Ilustración 20. Pregunta - ¿Tiene idea si existe alguna iniciativa para la implantación BIM en contratos públicos en Colombia?

Tiene idea si existe alguna iniciativa para la implantación BIM en contratos públicos en colombia ?

39 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De las respuestas se evidencio que el 82.1% (32 encuestados), no tenían idea si existía en la actualidad una iniciativa de implantación BIM en Colombia, sin embargo, se resalta que un 17.9% de los encuestados afirmaron conocer alguna iniciativa, pero ninguno detallo específicamente a cuál se refería.

l) ¿Cómo calificaría el sistema de contratación actual del país?

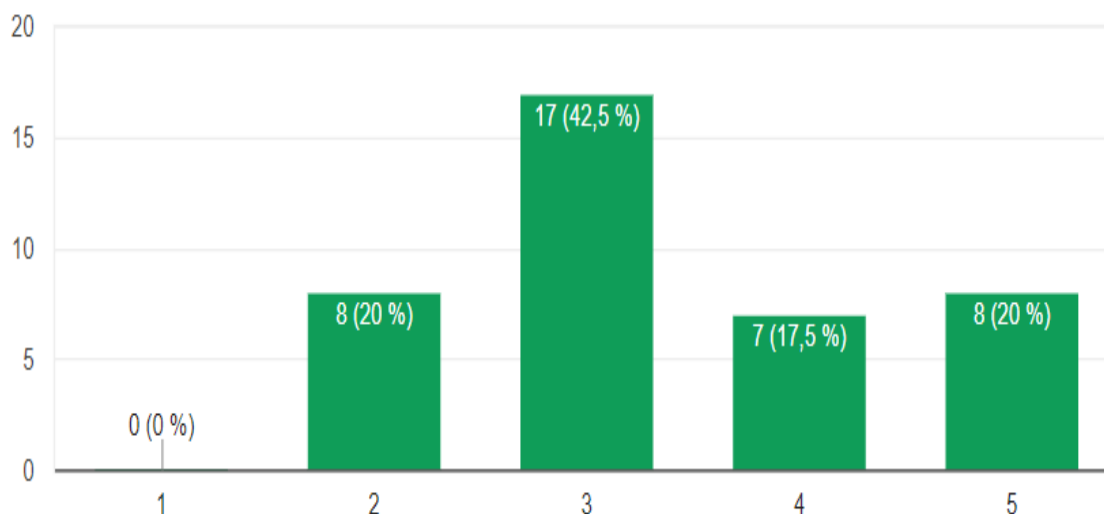
La pregunta surge con el objetivo de conocer el estado de satisfacción de los encuestados, frente a las experiencias particulares en la entrega de proyectos de construcción de obra pública en el método tradicional de entrega de proyectos; las opciones de respuesta de la pregunta se realizaron de tipo escala lineal según el formulario de Google, donde los valores de uno (1) expresaban buena o mejor calificación, frente a valores cinco (5) representaba una mala calificación.

Ilustración 21. Pregunta - ¿Cómo calificaría el sistema de contratación actual del país?

Como calificaría el sistema de contratación actual del país?



40 respuestas



Fuente - Recuperado de Formulario Google

De las respuestas a la pregunta, se concluye que un 42.5% de los encuestados se considera Indiferente frente al sistema de contratación de obra pública, puesto que no consideran que sea

malo ni tampoco bueno; sin embargo, la tendencia de las respuestas como se muestra en la ilustración anterior es que cerca de un 37.5% de los encuestados tienen una percepción de que el sistema de contratación pública es malo.

3.6.4 Conclusiones de la encuesta de percepción.

- Un 57.5% de los encuestados tiene conocimiento respecto al termino BIM, sin embargo, no tienen conocimiento de los requerimientos técnicos de geometría e información en los que se desarrollan los modelos paramétricos en los procesos actuales de implantación de BIM en la industria AEC.
- Un 67.5% de los encuestados afirman tener idea de saber en qué consiste el método tradicional de entrega de entrega de proyectos, sin embargo, es probable que la mayoría este confundiendo el concepto de método de entrega de proyecto, con el flujo de trabajo tradicional basado en tecnología CAD.
- El 70.0% de los encuestado desconocen los métodos alternativos de entrega de proyectos, lo cual da un indicador con respecto al desconocimiento de los diferentes perspectivas y escenarios para realizar la entrega de proyectos, y las relaciones contractuales entre sus partes intervinientes, su conexión con los avances tecnológicos de BIM, los requerimientos legales en términos de tipos de contratos, en general, la visión gerencial del profesional de la construcción contemporáneo.

Es probable que el desconocimiento de estos temas se deba a que en Colombia se mantiene una postura tradicional frente a los métodos de entrega de proyectos, propiciado de alguna manera por vacíos o restricciones de tipo legal y de jurisprudencia en materia de contratación pública, en lo referente al manejo de acuerdos contractuales con riesgo compartido. propiciados por escenarios de trabajo basados en métodos de entrega de proyectos

integrativos, puesto que el manejo del riesgo en sí, según la teoría de imprevisibilidad, implica que la responsabilidad del estado se fundamenta en restablecer el equilibrio contractual, asumiendo que el imprevisto no está en la imputabilidad de daño, si no en el carácter colaborador conferido al contratista (López Giraldo, 2010, pág. 21); lo que evidencia que la materialización de los riesgos en etapas constructivas, derivados de problemas en diseños, siempre van a recaer en manos del estado.

- Del 30% de los encuestados que afirmo conocer los métodos de entrega de proyectos alternativos, tan solo el 10.3% tiene conocimiento respecto al concepto de sesión ICE, componente fundamental en la metodología de gestión de proyectos de construcción VDC.
- Hace falta capacitación en los profesionales, respecto a la relevancia del tema de implantación de la metodología BIM y su relación con los métodos de entrega de proyectos de construcción en la industria AEC.
- El 82.1% de los encuestados no tiene idea de las iniciativas de implantación BIM en Colombia, sin embargo, el 17.9% que afirmo conocer alguna iniciativa de implantación BIM en Colombia, no hizo referencia a algún tipo de alternativa en particular.
- El 20% de los encuestados califico como malo, el sistema de contratación de obras públicas de Colombia, sin embargo, para la mayoría de los encuestados el tema le es indiferente.
- De acuerdo con la percepción obtenida luego del análisis de la encuesta desarrollada, se plantea realizar una estrategia técnica que permita a los profesionales activos que laboran en empresa PYMES, realizar un análisis de los aspectos incidentes en la selección de los diferentes métodos alternativos de entrega de proyectos.

3.7 Fase 3: Estrategia de selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación BIM en empresas PYMES sector construcción.

Apoyado en el concepto de estrategia, “como un plan puramente racional y formal, que se define hacia el futuro con total prescindencia del pasado” (Atencio, 2009). Así, con base a los resultados de la encuesta de percepción y los conceptos de los temas desarrollados en el estado del arte de los métodos de entrega de proyectos y BIM; a continuación, se presenta el desarrollo de la estrategia técnica.

El diseño de la estrategia técnica consistió en dividirla en dos componentes; El primer componente concerniente a la selección del método de entrega de proyecto construcción con su relación con los métodos de adquisición de servicios y la selección de contratos; El segundo componente contiene el análisis de los procesos de implementación BIM dentro de una organización PYME del sector de la construcción.

3.7.1 Componente 1: Estrategia de selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos

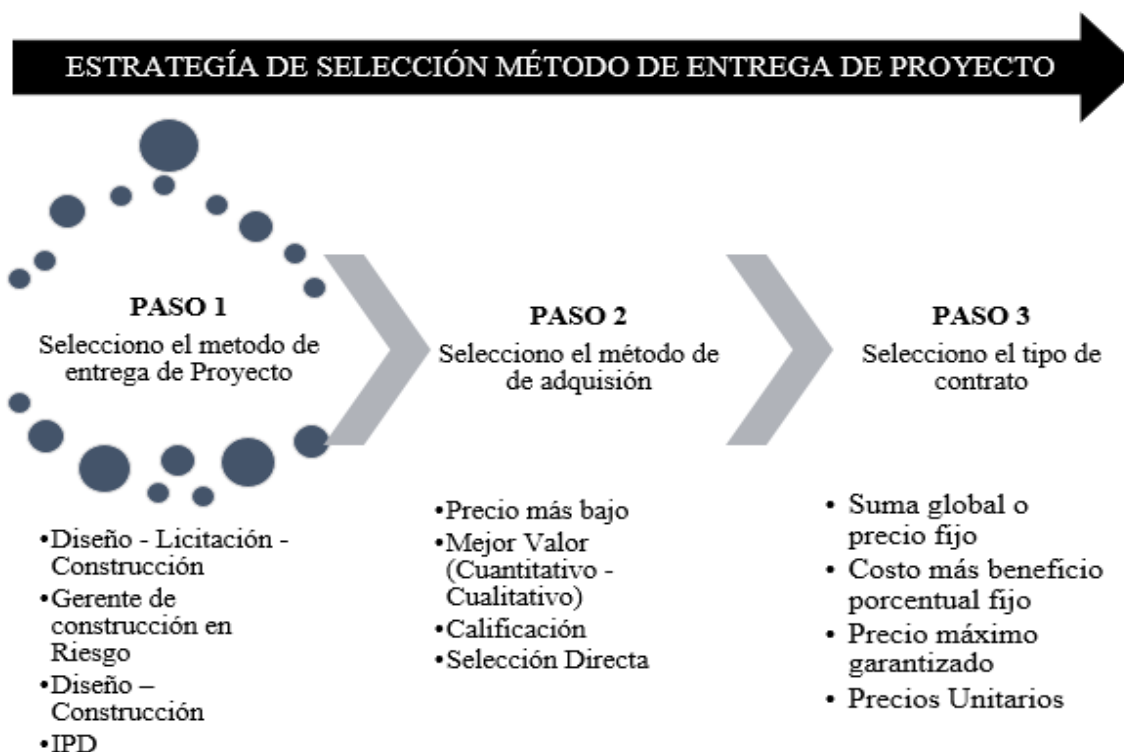
La siguiente ilustración detalla los procesos implícitos para la elaboración de la estrategia técnica de selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción compuesta de 3 pasos.

PASO 1: la evaluación de los 4 métodos de entrega

PASO 2: La evaluación de cada método de entrega con relación a los métodos de selección de servicios de diseño y construcción de proyectos

PASO 3: La evaluación de cada método de entrega con relación a los tipos de contrato.

Ilustración 22. Fase 1: Estrategia de selección del Método de entrega del proyecto



Fuente – Autores -elaboración propia.

3.7.1.1 PASO 1: Selección del método de entrega de proyectos

El propietario o gerente del proyecto, debe considerar los aspectos clave de cada uno de los métodos de entrega para realizar su adecuada selección, luego debe realizar un análisis bajo 4 criterios para seleccionar mejor método de entrega para cada proyecto en particular.

3.7.1.1.1 Consideraciones dentro de cada método de entrega

○ Consideraciones clave método Design-Bid-Build:

- ✓ Este método es ampliamente conocido y aplicable, tiene bien establecidos y claramente definidos los roles de las partes involucradas.
- ✓ Es el enfoque de entrega más común para entidades públicas.

- ✓ Los propietarios tienen una cantidad significativa de responsabilidad sobre su éxito o fracaso del producto final, puesto que el propietario posee los detalles del diseño.
- ✓ El contratista trabaja directamente para el propietario.
- ✓ El diseñador trabaja directamente para el propietario.
- ✓ Comparado con otros métodos de entrega su duración corre el riesgo de prolongarse, debido a que el contratista no puede iniciar actividades hasta que sea cumplido el proceso de adquisición de su servicio.
- ✓ La ausencia del contratista en la fase de diseño puede converger en problemas de constructibilidad.
- ✓ No existe una relación contractual entre el contratista y el diseñador.
- ✓ Durante la fase de diseño no hay proceso de colaboración con el contratista.
- ✓ Generalmente el propietario está expuesto a solicitudes de órdenes de cambio por reclamaciones de constructibilidad.
- ✓ Tiene el gran potencial de finalizar en instancias de litigación.
- **Consideraciones clave método CM-at-Risk:**
 - ✓ El equipo diseñador trabaja directamente para el propietario.
 - ✓ Debido a la inclusión temprana del contratista en la fase de diseño del proyecto, el propietario consigue que sus relaciones con el contratista sean de un nivel más profesional y obtiene beneficios de estimaciones tempranas de costo del proyecto.
 - ✓ Generalmente se desarrolla mucho más rápido que el método Design-Bid-Build.
 - ✓ Tiene como desventaja que no existe una relación contractual directa entre el contratista y el diseñador, posicionando al propietario como mediador cuando surjan temas de discusión entre las partes, por desacuerdos relacionados con la calidad del proyecto, la integridad de

los diseños suministrados y su incidencia en los costos y programación del proyecto.

○ **Consideraciones clave método Design-Build:**

- ✓ Puede entregar resultados más rápido que los métodos Design-Bid-Build y CM-at-Risk.
- ✓ Debido a la colaboración entre las partes a través de todo el proyecto, se consigue un número menor de cambios y una entrega más rápida del costo del proyecto.
- ✓ Ordenes de cambio limitadas por los propietarios.
- ✓ El propietario puede, y debe especificar los requerimientos de ejecución del proyecto.
- ✓ Posibilita la mejora de la coordinación del proyecto.
- ✓ Posibilita la reducción de reclamos del proyecto.
- ✓ Requiere que los criterios de selección de los equipos de diseño y construcción sean bien elaborados; el propietario debe concentrar esfuerzos en el proceso de selección de los equipos.
- ✓ El propietario debe estar dispuesto a permitir que el equipo de Diseño y construcción maneje los detalles del diseño.
- ✓ Requiere un cambio de mentalidad por parte del propietario para ceder los estribos de conducción del diseño por parte del equipo de diseño y construcción

○ **Consideraciones clave método IPD:**

- ✓ Para selección del equipo el propietario no debe basarse solamente en el precio ofertado, sino que debe considerar aspectos cualitativos y cuantitativos para su selección.
- ✓ Tiene el potencial de ser el método de entrega más rápido, desde la fase de diseño a la construcción.
- ✓ El propietario (owner) gestiona un solo contrato multi-partes.
- ✓ El contratista incide en la gestión del costo del proyecto, realizando estimaciones a lo largo

de la fase de diseño.

- ✓ El método tiene el potencial para no recibir órdenes de cambio por parte del contratista.
- ✓ El riesgo y la recompensa del proyecto, está basado en los resultados generales del proyecto, y afecta a todo el equipo.
- ✓ Definición de roles de acuerdo con las aptitudes o experticia de los participantes.

Las consideraciones presentadas cubren el objetivo de dar a conocer al propietario los diferentes tipos de relaciones y situaciones que se pueden presentar en torno a la selección de un método de entrega en particular.

3.7.1.1.2 Criterios de evaluación

Ante los diferentes métodos de entrega se logra establecer la relación que se establece en las partes que intervienen en el proyecto: el dueño, el arquitecto y el constructor, y esta relación se puede evaluar de acuerdo con cinco (5) factores la complejidad, el confort, el tiempo, costo y la responsabilidad a terceros.

La complejidad: Cada organización tiene sus prioridades y la estructura para definir el grado de complejidad de cada proyecto, pero es de gran importancia estructurar una adecuada evaluación de este nivel de complejidad, para la relación con los métodos de entrega y la implementación de BIM, se puede determinar que de acuerdo a la evaluación dada por la organización (Alto-Medio-Bajo), ubicándola dentro de alguno de los métodos de entrega y la implementación de BIM dentro de este.

Confort: Este criterio se establece a partir del equipo de trabajo, con una incidencia entre (Alto-Medio-Bajo), dependiendo a la experticia y trabajo previo a la iniciación del proyecto, es decir en cada método de entrega se puede clasificar el nivel de confort del equipo de trabajo a partir de las necesidades de cada método, donde el nivel más bajo es un equipo de trabajo que no

tiene mucha experiencia dentro de los procesos de diseño y construcción o que la creación de este equipo fue en primera instancia o solo para un proyecto en particular. Y un nivel alto es cuando el equipo de trabajo ya tiene experiencia en el proceso o ya ha estado vinculado en otros proyectos.

Dentro de la gerencia evaluar el nivel de confort sobre el proyecto le permite al propietario establecer la manera contractual en la que se va a dirigir con el equipo de interesados clave de su proyecto; en este sentido el propietario deberá evaluar si desea tener el control de los detalles del diseño del proyecto, de los resultados del proyecto, si desea ejercer control sobre todos los contratistas principales del proyecto, si desea controlar la impulsión de soluciones innovadoras para su proyecto, si desee tener un diseño con altos estándares de excelencia en arquitectura e ingeniería.

Tiempo: Este criterio se establece a partir de la cantidad de participación del equipo de trabajo y como se relaciona con cada método de entrega con un criterio entre (Alto-Medio-Bajo), donde el Nivel más bajo es la poca necesidad de interrelación con cada una de las partes, y el Nivel más alto es la mayor necesidad a la interrelación en cada una de las etapas, relacionándolas con los criterios de cada uno de los métodos.

Dentro de la gerencia el propietario debe evaluar el momento adecuado en el cual va a establecer el alcance definitivo del proyecto, debe evaluar el momento adecuado en el cual va a definir el costo de construcción definitivo del proyecto, debe evaluar si desea acelerar la ejecución del proyecto, debe estimar las fechas de inicio y terminación del proyecto, si desea incluir BIM para realizar la planificación del proyecto, el propietario debe evaluar si desea evitar los atrasos del proyecto debido a disputas y reclamaciones.

Costo: En la aplicación de cada uno de los métodos es importante la implicación de los

costos que estos generan, no solo en el costo total del edificio, si no adicional los costos administrativos que se generan así se establece una relación de acuerdo a los criterios de cada método y la implicación de los costos que estos generan en su aplicación con la metodología BIM con un criterio entre (Alto-Medio-Bajo).

En la gerencia el propietario debe evaluar si desea reducir el riesgo de las órdenes de cambio adversas, debe evaluar si desea definir con antelación un presupuesto para el proyecto, debe evaluar si desea apalancar el proyecto en nuevas tecnologías de gestión de la información de la construcción, debe evaluar si desea incluir BIM para el control de costos del proyecto.

Responsabilidad a terceros: Este criterio es dado con relación al riesgo y como se vincula en cada uno de los métodos de acuerdo a su desarrollo, la evaluación se da no sólo tiene que ver con asignar culpa, sino con ser responsable por la solución de los problemas potenciales, así se establece un criterio entre (Alto-Medio-Bajo), ante el control y la exposición a responsabilidades a terceros con la selección de los diferentes métodos de entrega.

Probablemente de los criterios más importantes que tendrá que evaluar el propietario para desarrollar su proyecto, sea el de definir la manera en cómo va a distribuir el riesgo del diseño del proyecto, en ese sentido debe evaluar los posibles ordenes de cambio, debe evaluar su capacidad para tomar decisiones oportunas, debe evaluar su capacidad para reducir brechas entre los servicios, el propietario debe evaluar la responsabilidad de éxito y de fracaso del diseño.

Adicional dentro de la gerencia el propietario del proyecto debe evaluar si desea tener una relación directa con el equipo de diseño y otra con contratista, debe evaluar si desea evitar que se generen relaciones adversas entre el diseñador y contratistas, si desea que en su proyecto se habilite la colaboración técnica entre las partes, si desea reducir las reclamaciones, si desee dar potestad al contratista para participar en la fase de diseño.

Después del análisis a los temas seleccionados y desarrollados dentro del estado del arte, ayudan a determinar los niveles de selección para cada uno de los métodos de entrega así:

Ilustración 23. Criterios de evaluación (Métodos de Entrega de Proyector)

Método tradicional (Diseño - Licitación - Construcción)	Método de Gerente de construcción en Riesgo	Método de entrega de proyecto Diseño – Construcción	Método de entrega integrada de proyectos (IPD)
<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad: Cualquier tipo de contrato • Confort: Bajo - Medio • Tiempo: Bajo - Medio • Costo: Medio - Alto • Responsabilidad a Terceros: Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad: Medio - Alto • Confort: Medio - Alto • Tiempo: Medio • Costo: Medio - Alto • Responsabilidad a Terceros: Medio - Alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad: Cualquier tipo de contrato • Confort: Medio • Tiempo: Medio • Costo: Medio • Responsabilidad a Terceros: Bajo - Medio 	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad: Cualquier tipo de contrato • Confort: Medio - Alto • Tiempo: Alto • Costo: Medio • Responsabilidad a Terceros: Bajo

Fuente – Adaptado de (Church Architecture, 2011)

3.7.1.2 PASO 2: Selección del método de adquisición.

Los 4 métodos de adquisición de servicios de diseño y construcción (Low-Bid, Best-Value, Qualifications, Direct Selection), desarrollados y analizados dentro del estado del arte, logran establecer una relación directa con los diferentes métodos de entrega y BIM, esto en base a los criterios de evaluación de cada uno de los métodos en las etapas de diseño y en la etapa de construcción, el desarrollo de cada método de entrega logra brindar una herramienta al momento de la selección de los métodos de adquisición para un gerente en términos cuantitativos y cualitativos de los servicios ofrecidos por los interesados dentro del proyecto.

Evalutando dos aspectos (cualitativo y cuantitativo) del proyecto y después de tener seleccionado el método de entrega (paso 1), se puede vincular directamente de acuerdo con las

características de selección de los métodos de adquisición de los servicios de los terceros (contratistas) dentro del proyecto así:

Tabla 13. Selección del Método de Adquisición de servicios de diseño y construcción

Métodos de Adquisición \ Métodos de entrega	Diseño - Licitación - Construcción	Gerente de construcción en Riesgo	Diseño – Construcción	IPD
Precio más bajo	✓	-	-	-
Mejor Valor (Cuantitativo - Cualitativo)	-	✓	-	-
Calificación	-	-	✓	✓
Selección Directa	-	-	✓	✓

Fuente – Autores -elaboración propia

3.7.1.3 PASO 3: Selección del tipo de contrato.

Dentro del estado del arte se establecen 4 tipos de contrato (Suma global o precio fijo, Costo más beneficio porcentual fijo, Precio máximo garantizado y Precios Unitarios), dentro del análisis desarrollado se logra establecer el vínculo que se debe evaluar dentro de la gerencia entre los métodos de entrega y los diferentes tipos de contrato, como se indicó en el paso 1 los criterios de evaluación y las consideraciones de los métodos de entrega, estos dan una base para dar la mejor selección de cada método dentro de los tipos de contratos. Dentro de los conceptos desarrollados en el estado del arte de los tipos de contrato se puede indicar las alternativas de selección así:

Tabla 14. Selección del tipo de contrato.

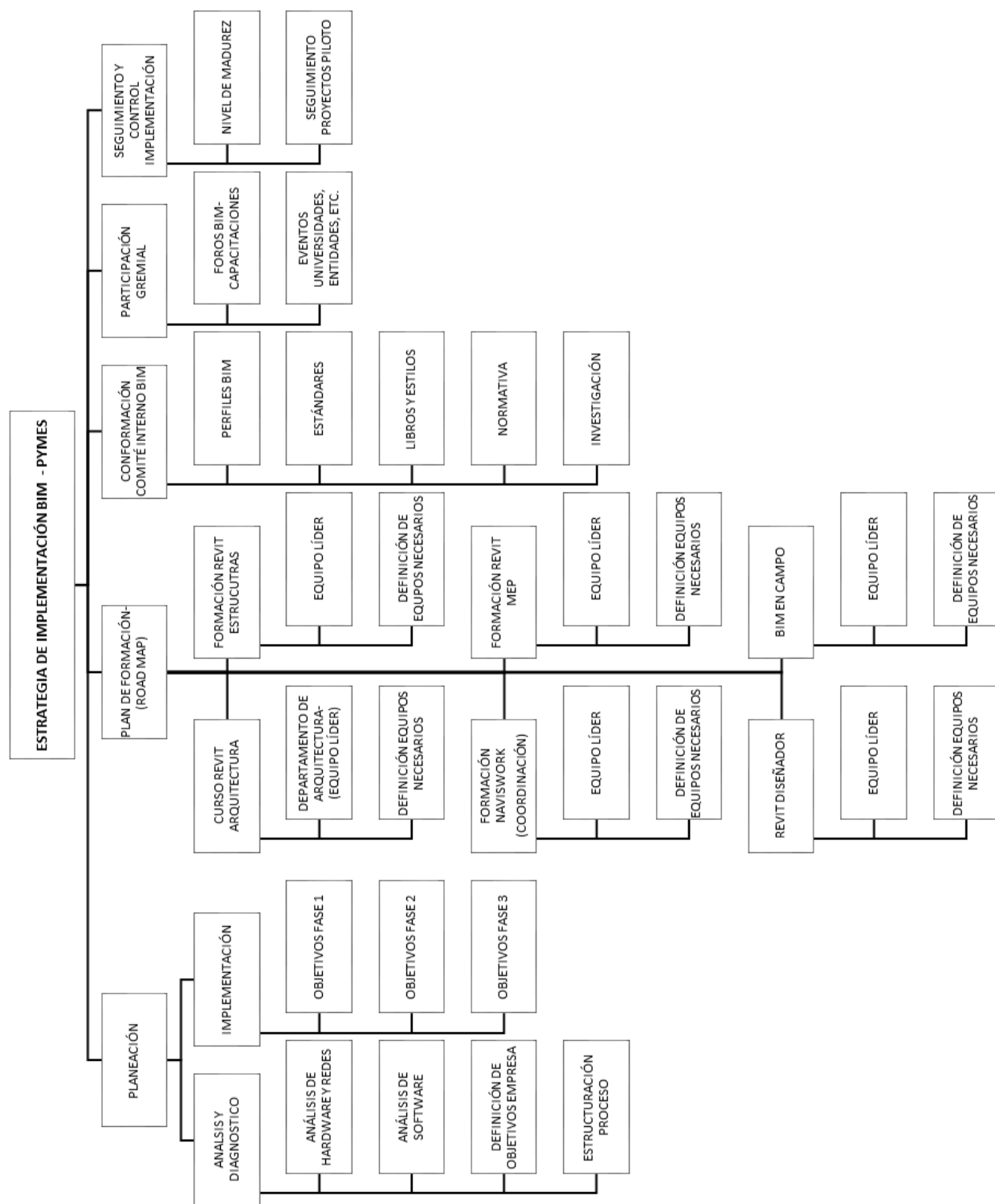
Tipo de Contrato	Métodos de entrega	Diseño - Licitación - Construcción	Gerente de construcción en Riesgo	Diseño – Construcción	IPD
Suma global o precio fijo		✓	-	-	-
Costo más beneficio porcentual fijo		-	✓	✓	✓
Precio máximo garantizado		-	✓	-	-
Precios Unitarios		✓	-	-	-

Fuente – Autores -elaboración propia

3.7.2 Componente 2: Estrategia de implementación BIM en PYMES del sector de la construcción.

Antes de iniciar un proceso de implementación BIM, es importante establecer que la estrategia que sea seleccionada, debe de estar alineada con el contexto, el sector de trabajo, el alcance o estrategia de negocio de la empresa; es decir, definir si se desea implementar BIM para prestar un servicio en fase de diseño o prestar un servicio en la fase de construcción de sus proyectos; sin embargo, independientemente de la fase, se deben de conocer los requerimientos de modelado para cualquiera que sea la proyección de uso planteada en BIM; a continuación la siguiente ilustración, introduce el esquema planteado para la estrategia de implementación BIM en una empresa PYME del sector de la construcción, posteriormente se detalla cada componente específico para la adecuada interpretación de la estrategia.

Ilustración 24. Estrategia de implementación BIM –PYMES

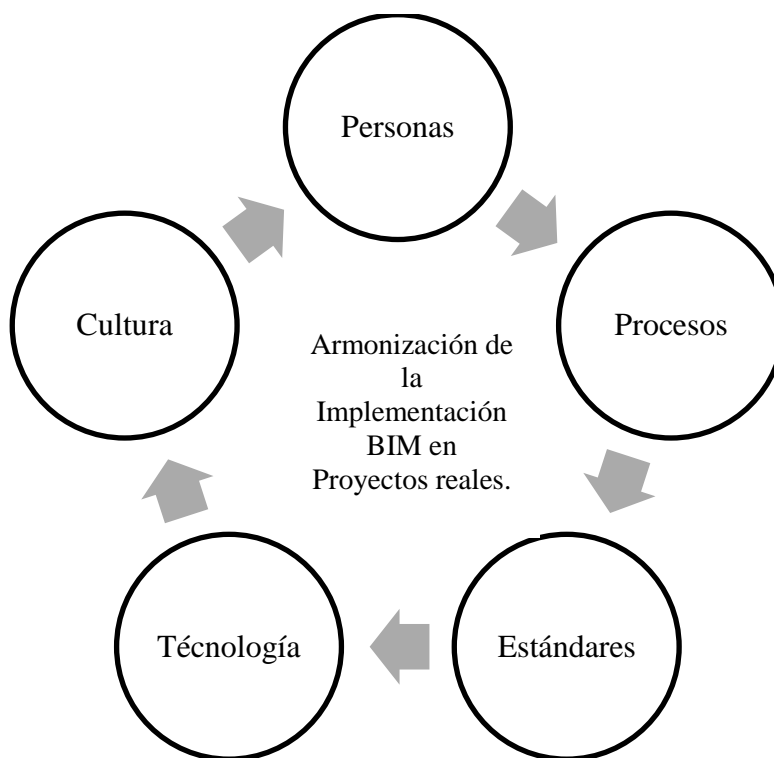


Fuente: Adaptado de (Ignacio Rincón)

Los aspectos relevantes por considerar de una PYMES al momento de decidir implementar una estrategia BIM en sus procesos, son los siguientes:

- La implementación BIM debe ser respaldada por la empresa en su totalidad; es decir, no pueden existir iniciativas aisladas por parte de los empleados y de los directivos de la organización.
- El proceso de implementación debe de ser llevado a cabo con proyectos reales, por lo tanto, la implementación es un proceso paulatino y secuencial para adoptar la metodología BIM, que requiere articular a personas, tecnología, estándares, cultura organizacional y nuevos procesos.

Ilustración 25. Implementación BIM en Proyectos reales



Fuente: Elaboración Propia.

- La implementación debe ser liderada desde adentro: Es difícil realizar la implementación de cambio de los procesos cuando se depende en su totalidad de una consultoría externa, el proceso debe iniciar desde el corazón de la organización apalancado por la experticia de un consultor BIM.
- El proceso de implementación debe ser gradual y controlado en el tiempo.
- La capacitación es fundamental para romper la inercia de cambio de los procesos e incluir nuevas herramientas software.
- Se debe realizar seguimiento constante a las auditorías internas y control de calidad a través de métricas o indicadores clave de ejecución para evaluar cómo va el proceso en sus fases de implementación.
- Establecer metas y objetivos a corto y mediano plazo; no se definen objetivos a largo plazo por el hecho de que las herramientas tecnológicas están en constante cambio y un proceso de implementación es realizado en proyecto con duraciones reales, lo que implica que el proceso de implementación total puede tener periodos dependiendo del tamaño y cantidad de proyectos de la empresa, entre 6 meses a 3 años.
- Se deben establecer mediciones periódicas de la madurez de la implementación BIM.

3.7.2.1 Planificación

El proceso de planificación de la estrategia consiste en realizar el análisis y diagnóstico de los aspectos actuales de funcionamiento de la empresa, evaluar la estrategia de negocio de la organización, evaluar el conocimiento actual de la organización con respecto a BIM, verificar los flujos de trabajo actuales de la organización, con el objetivo de adaptar nuevos estándares de trabajo colaborativo, determinar el estado actual de infraestructura de la empresa y comparar

con los requerimientos de software nuevo para adquisición nuevos equipos y licencias de software, determinar el estado actual de las redes con respecto a la velocidad de internet y la infraestructura de cableado estructurado, lo más importante evaluar el recurso humano de la empresa y su disposición de adaptación a los cambios.

3.7.2.1.1 Análisis de Hardware y redes

Las especificaciones técnicas de los equipos requeridos se establecen de acuerdo con el tamaño de los modelos de trabajo y su disposición a trabajar en entornos colaborativos, los requerimientos intermedios para lograr tener un rendimiento equilibrado con el uso de Revit 2019 son los siguientes:

Tabla 15. Requerimientos intermedios de hardware para software BIM-(Autodesk Revit)

Sistema operativo	Procesador	Ram	Disco	GPU	Tarjeta Red
Windows -64 Bits o server. Mac con entorno virtualizado.	Recomendable últimas generaciones Intel Xeon o core i7-(>3 ghz) frecuencia.	Entre 8-16 Gb-Ddr4.	Recomendable disco de SSD con mínimo 5gb espacio para softe.	Recomendable Nvidea Quadro P1000-P2000	PCI express 300 Mbs

Fuente – Los autores.

De igual manera para la centralización de información es recomendable tener una estación de trabajo adecuada (Workstation), como equipo servidor de la red FTP.

Si el propietario determinar configurar el trabajo colaborativo entre sus equipos, es necesario revisar el estado de red LAN de internet, para garantizar las velocidades adecuadas de transferencia de información, lo recomendable es que sea del orden de 1000 mgbs/ 1 Gigabit Ethernet and Fibre Channel. (C. Mendoza, 2016).

3.7.2.1.2 Análisis de Software

En el análisis de respuesta de la pregunta número 2 - ¿Tiene idea de que es un modelo paramétrico? de la encuesta de percepción, se mencionó que el software Revit de la casa de Autodesk era el software BIM más utilizado por los profesionales de arquitectura e ingeniería en el medio Colombiano; por lo tanto, se debe determinar de acuerdo a los flujos de trabajo y la especialidades de la empresa que licencias de software se requieren. Las licencias más comunes para el flujo de trabajo de arquitectura e ingeniería son Autodesk Revit para el modelado de arquitectura, estructura e instalaciones MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), para la coordinación y análisis de colisiones se frecuenta el uso de Autodesk Navisworks.

3.7.2.1.3 Definición de los Objetivos

La estrategia de implementación BIM debe estar alineada a los objetivos a corto y mediano plazo esperados por la empresa; estos deben alinearse con la visión al futuro de la organización:

- Para competir en el mercado nacional o internacional
- Para ofrecer nuevos servicios al mercado.
- Para optimizar y estandarizar sus procesos
- Para reducir los tiempos de producción
- Para reducir el trabajo debido a reprocesos.
- Para la automatización de sus flujos de trabajo

Una vez definidos los objetivos se debe estructurar en fases para su respectiva implementación; a continuación se detalla de acuerdo con las fases de la estrategia propuesta para una implementación BIM, un ejemplo de hoja de ruta de los objetivos a corto y mediano plazo.

Tabla 16. Hoja de ruta – Ejemplo -esquema general de objetivos implementación BIM

Fase 1	Fase 2	Fase 3
*Valoración del estado actual	*Todos los proyectos deben ser BIM, aunque no sean al 100%	*Todos los proyectos son 100% BIM
*Formación básica al 50% de los equipos seleccionados	*Formación al 100% de los equipos.	*Toma de métricas y análisis de rendimientos – Dashboard BIM.
*Formación Avanzada de los equipos BIM	*Sistemática 4D y 5D en uso.	*95% de la formación es de tipo interno
* 1 proyecto BIM en el 50% de los equipos definidos.	*Procesos BIM adicionales bien definidos.	*Procesos BIM adicionales bien implantados
*Sistemática de arranque de proyectos	*Metodología BIM para acción comercial en BIM.	*Automatización de procesos.
*Biblioteca de estándares	*Metodología de gestión de los proyectos con BIM	*Plataforma de gestión del conocimiento adquirido.
*Selección de perfiles BIM	*Selección de colaboradores	*Metodología BIM común aprobada
*Establecimiento del departamento BIM	*Consolidación del departamento BIM.	*Capacidades de programación y desarrollo BIM interno.

Fuente: Adaptado de (Ignacio Rincón)

3.7.2.2 Definición del Plan de Formación

Una vez definido el software a utilizar, se debe preparar la ruta de formación del personal acorde con el diagnóstico realizado de las áreas o departamentos de trabajo actuales de la empresa, y el recurso humano disponible; es recomendable que inicialmente el proceso de formación sea realizado por una firma consultora especializada en procesos de formación BIM, hasta que el punto en que se cumplan los objetivos establecidos de la fase 3, de manera que en ese punto se pueda realizar retroalimentación a través de formación interna del personal por parte de ejemplo típico de ruta de formación BIM de acuerdo al software Autodesk Revit, se define a continuación:

Tabla 17. Ruta de Formación BIM - (Arquitectos e ingenieros)

Perfil		Ítem	Duración
MODELADOR BIM	0	Introducción BIM	15
	1	Autodesk Revit Structure 2018	32
	2	Autodesk Revit Architecture 2018	32
	3	Autodesk Revit MEP 2018 -Sanitarias	15
	4	Autodesk Revit MEP 2018 -Electricas	15
	5	Autodesk Revit MEP 2018 -Mecánicas	15
	6	Autodesk Naviswork 2018	20
	7	Autodesk Revit 2018 Avanzado	20
ESTRUCTURAL BIM	8	Autodesk Robot Structural - Básico	25
	9	Autodesk Robot Structural - Avanzado	20
	10	Autodesk Advanced Steel 2018	30
	11	Dynamo	20
BIM MANAGEMENT	12	Trabajo colaborativo con BIM	15
	13	Computos con BIM	15
	14	Gestión de proyectos con BIM - Módulo 1	20
	15	Gestión de proyectos con BIM - Módulo 2	20
	16	Autodesk Design Review	15
	17	Autodesk Autocad 2018	20

Fuente: Adaptado de (C. Mendoza, 2016).

3.7.2.3 Conformación de comité interno BIM

El comité interno BIM está conformado por el grupo de profesionales que se va a encargar de recibir la capacitación directa del consultor, que va a encargar de definir los estándares que va a plantear la organización para el manejo de información de sus proyectos, definirá el libro de estilos de la organización, los planes de ejecución BIM ayudará a definir normativas para la empresa, y fomentará los grupos de investigación en torno a BIM.

3.7.2.3.1 Perfiles BIM

El grupo disciplinar que acompaña el proceso de implementación BIM en la organización depende de la cantidad de equipos necesarios que considere la organización implementar de acuerdo con el volumen de proyectos; el siguiente es un esquema básico que conforma el comité BIM de la organización.

- Gerente de iniciativa implementación BIM
- Director grupo de diseño BIM Arquitectónico
- Director grupo técnico BIM de ingenierías
- Director coordinación Disciplinas
- Coordinador de diseños BIM Arquitectura
- Coordinador técnico BIM ingenierías
- Coordinador BIM disciplinas y de campo.
- Modeladores BIM para arquitectura e ingenierías.

3.7.2.3.2 Estándares, libros y estilos.

El comité BIM creado, tiene la responsabilidad de armonizar con los diferentes equipos del proyecto, creando estándares que permitan organizar la información en la red para realizar

trabajo colaborativo organizado, elaborando los modelos y versiones de documento plan de ejecución BIM de la organización, definiendo los roles y responsabilidades que se requerían a medida que avanza la implementación, definiendo las plantillas de los libros y estilos a utilizar para cada disciplina de trabajo, estableciendo los protocolos de comunicación entre los equipos de trabajo para garantizar la colaboración y sincronización de la información, estableciendo las técnicas de modelado para las disciplinas de manera que se cree un modelo único que trascienda todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

3.7.2.3.3 Normativa e investigación

El comité BIM será el encargado de adaptar el plan de implementación BIM de la organización, a las imposiciones normativas que se impongan por temas de normalización e iniciativas de gobierno para la implantación BIM en el país; estará comprometido a revisar las últimas tendencias o cambios tecnológicos con el fin de retroalimentar al comité y reestructurar los aspectos de la estrategia de implementación BIM de la organización.

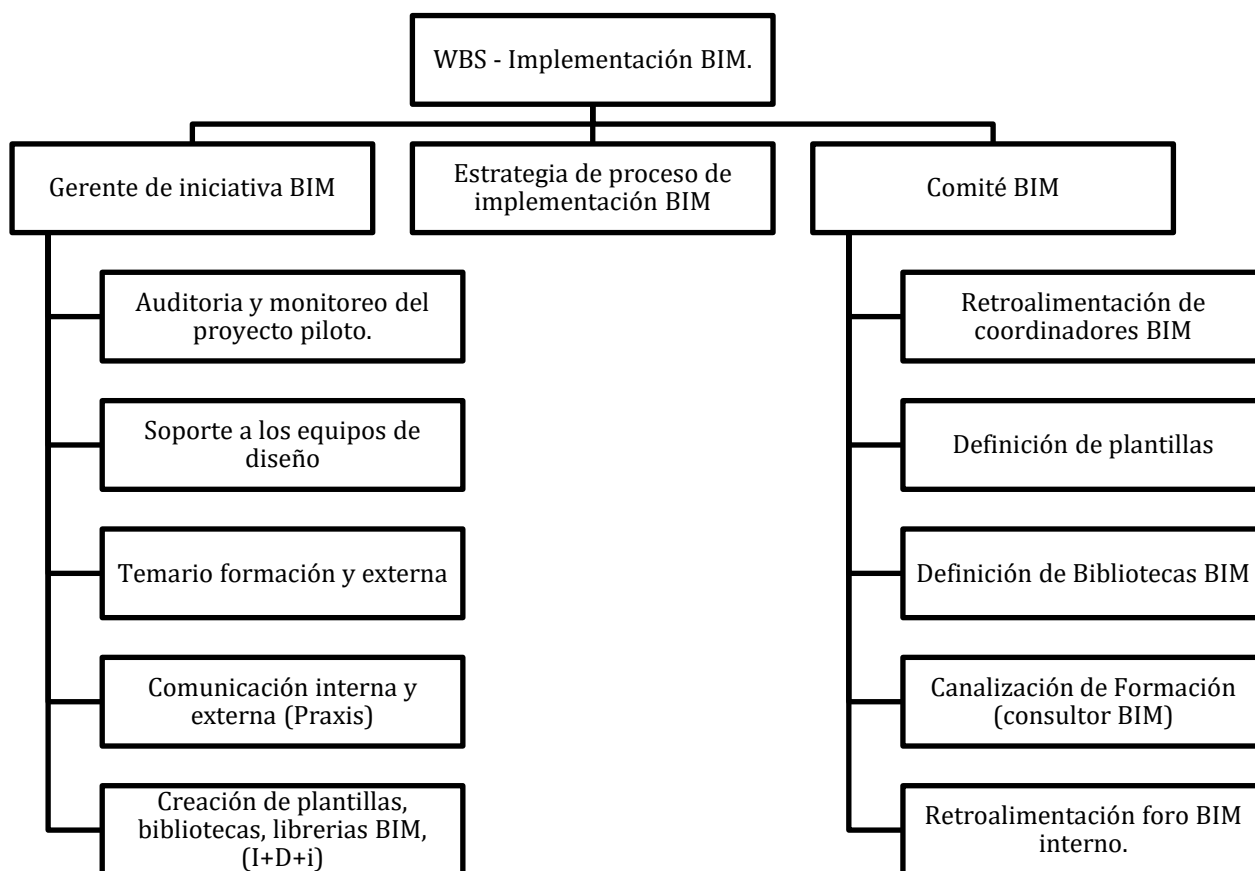
3.7.2.4 Participación gremial BIM

El objetivo es mantener activo el proceso de formación y retroalimentación de los procesos de implementación BIM dentro de la organización, generando foros y newsletters para compartir temas de formación BIM, organizar las capacitaciones periódicas internas, de igual manera compartiendo en eventos y participando en el BIM fórum Colombia de la experiencia de implementación de otras organizaciones y de las iniciativas de implantación a nivel nacional.

3.7.2.5 Seguimiento y control de implementación.

El gerente de iniciativa de implementación BIM debe revisar el grado de madurez del proceso de implementación BIM, realizar el seguimiento de los indicadores clave de ejecución (KPI'S), y el seguimiento y control de los proyectos piloto en ejecución.

Ilustración 26. Organización de trabajo de plan implementación BIM – PYMES



Fuente: Adaptado de (Ignacio Rincón)

3.7.2.6 Beneficios percibidos de la implementación BIM.

- Alinearse al mercado: La implantación BIM a nivel internacional avanza a buen ritmo y los profesionales técnicos y las empresas constructoras están cada vez más preparados para seguir prescribiendo y liderando los proyectos; de manera que para

aprovechar este salto las empresas deben abrazar esta metodología.

- Hacer más y gastar menos: El trabajo con un modelo de información centralizada, permite ahorrar en la búsqueda, extracción y edición de información. La empresa podrá ser más ágil en la gestión de los proyectos podrá llegar a más y hacerlo más rápido.
- Mejora la comunicación: Hacer que todo el equipo técnico, de diseño y comercial de la empresa, así como sus colaboradores trabajen contra un mismo modelo de información BIM del proyecto, ahorrará tiempos en el intercambio de información y favorecerá la colaboración transparente.
- Riesgos y costos bajo control: La planificación y diseños de proyectos también puede beneficiarse enormemente de BIM, la empresa podrá mantener un estricto control en todo momento sobre las prestaciones de sus proyectos.
- Mejora de procesos: La información con la que trabaja la empresa tiene fuentes muy diversas. Con BIM podrá poner a trabajar de una forma inteligente, se ahorrará en tareas mecánicas y manuales, y se tendrán todos los datos importantes a la vista.
- Aprender más de los proyectos: La empresa podrá analizar todos sus proyectos bajo los mismos parámetros, se podrá saber cuánto va a gastar el siguiente proyecto sobre la base informada de los anteriores.

4. Productos a entregar

Los productos de la investigación son los siguientes:

- Estado del arte de los métodos de entrega de proyectos e implantación de metodología BIM
- Elaboración y análisis de la encuesta de percepción de conocimiento.
- Estrategia de selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción alternativos e implementación de metodología BIM en empresas PYMES.

5. Resultados esperados e impactos

Los resultados esperados son en primera medida el de descubrir la percepción con respecto al conocimiento de los métodos alternativos de entrega de proyectos de construcción y su conexión con el proceso de implementación BIM, de los profesionales de arquitectura e ingeniería del sector de la construcción en Bogotá.

Generar una estrategia gerencial con respecto a la selección de los métodos alternativos de entrega de proyectos e implementación de metodología BIM, que pueda ser de utilidad para los profesionales y empresas PYMES del sector de Bogotá en el escenario de implantación de metodología BIM.

6. Estrategias de comunicación

Mediante exposición del proyecto en sustentación y a través de documento papel respectivo.

7. Conclusiones y recomendaciones

1- Se adquirió una perspectiva gerencial que convergió en la estructuración de los conceptos pertinentes para la construcción del estado del arte, creando un puente entre el proceso de industrialización del sector de la construcción en el objetivo de reducir riesgos y aumentar la productividad laboral, con un enfoque gerencial de la construcción referente a los métodos de entrega de proyectos, y la inclusión de la innovación tecnológica para la gestión digital de la información y el apalancamiento de los flujos de trabajo propendido por la implementación de la tecnología BIM en organizaciones PYMES del sector de la construcción en Bogotá.

2- Se construyó una estrategia técnica con enfoque gerencial que sirve de consulta para los propietarios y gerentes de construcción de empresas PYMES del sector de la construcción en Bogotá, en el proceso de evaluación y correlación de los aspectos claves a tener en cuenta al momento de realizar la selección de los métodos de entrega de proyectos de construcción e implementación BIM dentro de sus organizaciones.

3- Los resultados de la encuesta de percepción permitieron indagar con respecto al nivel de conocimiento relacionado al proceso de implementación de la metodología BIM y del proceso de selección de los diferentes métodos de entrega de proyectos; en términos generales cerca del 60% de los profesionales encuestados tienen algún tipo de conocimiento referente a BIM pero la gran mayoría desconocen los conceptos fundamentales de este; en otro aspecto cerca del 68% de los encuestados que afirmaron conocer la manera tradicional de entrega de proyectos, sin embargo, desconocen los métodos alternativos y sus conceptos principales.

4- Se concluye que existe una probabilidad referente a la postura tradicional frente a los métodos de entrega de proyectos, de que esta sea propiciada de alguna manera por los vacíos o restricciones de tipo legal en materia de contratación; puesto que los métodos integrativos de

entrega de proyectos requieren adendas para establecer los acuerdos contractuales con riesgos compartidos y el manejo de los productos de tecnologías BIM.

5- Se evidencio la necesidad de profundizar y concientizar a los profesionales y propietarios PYMES, respecto de la relevancia de la estrategia de implementación BIM en Colombia, y su relación actual con los métodos de entrega de proyectos alternativos de la industria AEC, debido a hacen parte de una tendencia a escala global en la industria de la construcción, en aras de disminuir brechas con respecto a otras industrias, en materia de reducción de riesgos, aumento de digitalización y productividad laboral del sector.

8. Bibliografía

- AIA National. (2007). *Integrated project Delivery: A Guide*. California.
- Alonso Madrid, J. (s.f.). *Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España*.
Obtenido de
https://escuelaedificacion.org/images/zoo/uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.pdf
- Arquiparados. (2018). *¿Qué son los niveles BIM (BIM Levels)?* Obtenido de
<https://www.arquiparados.com/t834-que-son-los-niveles-bim-bim-levels>
- Atencio, J. (Junio de 2009). *ESTRATEGIAS GERENCIALES Y VENTAJAS COMPETITIVAS EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO*. Obtenido de ResearchGate -CESGE:
https://www.researchgate.net/publication/277711579_ESTRATEGIAS_GERENCIALES_Y_VENTAJAS_COMPETITIVAS_EN_LAS_EMPRESAS_DEL_SECTOR_METALMECANICO_MANAGERIAL_STRATEGIES_AND_COMPETITIVE_ADVANTAGES_IN_THE_COMPANIES_OF_THE_SECTOR_METALMECHANIC
- Azhar, S. (2012). 'Building information modeling (BIM): now and beyond'. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 1.
- Barcelona Building Construmat - Fira Barcelona. (2017). *El uso del BIM crecerá un 17% en 2017 a nivel mundial*. Obtenido de Vía Construcción: <http://www.viaconstruccion.com/index.php/noticias/10-noticias/534-el-uso-del-bim-crecera-un-17-en-2017-a-nivel-mundial>
- Betancur Pérez, N. (2016). El SENA a la vanguardia de la cuarta revolución. *Finnova*.
- C. Mendoza, C. (2016). IMPLEMENTACION BIM PARA EMPRESAS -INNOVA PROYECTOS. Perú.
- C., A., & W., S. (2016). The BIM revolution: a literature review on rethinking the business of construction. *WITConferences*.
- Carmona Duque, S. D. (2014). Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project. *Tesis - ETS de Ingeniería de Edificación- Universitat Politècnica de València*-
<http://hdl.handle.net/10251/45313>.
- Carmona, D., & David, S. (2014). *Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación*.
Recuperado el 16 de 5 de 2018, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/45313>
- Centre for Construction IT and the VDC Workgroup on behalf of BCA and the BIM Steering Committee. (2017). *Singapore VDC Guide v.1.0- October 2017*. Obtenido de Building and Construction Authority 2017: www.bca.gov.sg
- Ceron, I. A., & Lievano Ramos, D. A. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. (*Tesis posgrado, Universidad Catolica/Colombia*). *recuperado de*
www.repository.edu.co.
- Church Architecture. (2011). *Métodos de Entrega de Proyecto*. Obtenido de s3.amazonaws.com:
<https://s3.amazonaws.com/texasbaptists/church-architecture/Me%CC%81todos-de-Entrega-de-Proyecto.pdf>
- Clavijo, S., Vera, A., Párga, A., & Samora, S. (2014). *Las PYMES de Ingeniería y su papel en el sector transporte*. Obtenido de <http://www.anif.co/sites/default/files/investigaciones/anif-pymedeingenieria-0214.pdf>
- Cody, S. E. (2010). THE INTEGRATION OF PROJECT DELIVERY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY. *Rochester Institute of Technology* - <https://search-proquest-com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/734584886?accountid=45660>.
- Colombia Compra Eficiente. (2014). *Guía para los Procesos de Contratación de obra pública*. Obtenido de
https://www.colombiacompra.gov.co/sites/default/files/manuales/20140708_guia_para_los_procesos_de_contratacion_de_obra_publica.pdf
- Colombia Compra Eficiente. (s.f.). *Sala de prensa*. Obtenido de
<https://www.colombiacompra.gov.co/sala-de-prensa/comunicados>

- CORFO, PMG Business Improvement. (01 de 2018). *planbim.cl*. Obtenido de <http://planbim.cl/wp-content/uploads/2018/01/informe-pmg.pdf>
- Cunningham, V. (2018). *Estrategía para el fomento y madurez del uso de BIM en Colombia*. Obtenido de Infra BIM Latam : https://www.youtube.com/watch?v=pDhocMS_MbY
- DANE. (2017). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)*. Obtenido de Fuerza Laboral y Educación: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/fuerza-laboral-y-educacion>
- Editeca. (s.f.). *El BIM en Latinoamérica [Actualizado]*. Obtenido de <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
- ESAN. (2016). *EL ciclo de vida del proyecto*. Obtenido de Conexionesan: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/el-ciclo-de-vida-del-proyecto/>
- EUBIM Observatory. (Marzo de 2018). *Europeanbimsummit*. Obtenido de <http://europeanbimsummit.com/wp-content/uploads/2018/03/Informe-EUBIMObservatory-1.pdf>
- Fisher, M. (2017). *From BIM to VDC to the digitalization of construction*. Obtenido de <http://veidekke.se: http://veidekke.se/incoming/article24193.ece/binary/M%20Fischer%20-%20From%20BIM%20to%20VDC%20to%20the%20Digitalization%20of%20Construction.pdf>
- Gandini, G. (Mayo de 2014). *Mayoría de las constructoras son pymes*. Obtenido de Dinero: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/empresas-construccion-pymes/191616>
- García Reyes, J., Echeverry Campos, D., & Mesa Hernández, H. (2013). *Gerencia de proyectos - Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones*. Bogotá D.C: Ediciones Uniandes.
- Gomez-Sanchez, J., Rojas-Quintero, J., & Aibinu, A. (2016). *THE STATUS OF BIM ADOPTION AND IMPLEMENTATION EXPERIENCES OF CONSTRUCTION COMPANIES IN COLOMBIA*. Elagec- Universidad de los Andes.
- Gonzales Principe, J., & Gallosa Moreno, G. (s.f.). *TYCH ingeniería & Construcción - VDC - Plan de implementación BIM*. Obtenido de e-quipu: <https://www.e-quipu.pe/dinamic/publicacion/adjunto/1494880755JuibUMQvI-.pdf>
- H. Sampieri, R., Collado, C. F., & B. Lucio, P. (2007). *Metodología de la investigación*. Mcgraw-Hill.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. Obtenido de O'Reilly: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/bim-and-construction/9780470402351/>
- Hardin, B., & MCcool, D. (2015). *Bim and Construction manager: Proven tools, Methods, and Workflows*. SYBEX.
- Huancachope Pila, Y. G. (2016). *Integrated Project Delivery (IPD): Un marco integrador de ejecución de proyectos*. Civilizate N°8, 3.
- Innova Training. (2016). *IMPLEMENTACION BIM PARA EMPRESAS -INNOVA PROYECTOS*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=KBEUNkcA8Cw&t=2070s>
- J. Jackson, B. (2010). *Construction Manager - Jumpstar 2nd*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Jimenez, & Jiménez Abós, P. (Junio de 2014). *Niveles de modelado en BIM*. Obtenido de pilarjimenezabos.com: <http://pilarjimenezabos.com/niveles-de-modelado-en-bim/>
- Jones, S., & Laquidara-Carr, D. (2015). *Smart Market Brief: BIM Advancement No.1*. © Dodge Data & Analytics.
- Khanzode, A., Fisher, M., Reed, D., & Ballard, G. (Diciembre de 2006). *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design and Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. Obtenido de Center for Integrated Facility Engineering -CIFE- Stanford University: <https://web.stanford.edu/group/CIFE/cgi-bin/drupal/node/173>
- Lledó, P. (2017). *Director de proyectos : Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento*. Pablo Lledó -<http://itservice.com.co/wp-content/uploads/2018/02/2018-Pablo-LLedo-Libro-Preparacion-Examen-PMBOK-PMP-6-edicion.pdf>
- López Giraldo, O. (Marzo de 2010). *El Equilibrio, la Responsabilidad y el Riesgo en los Contratos Estatales*. Obtenido de https://derechopublico.uniandes.edu.co/components/com_revista/archivos/derechopub/pub81.pdf

- López Ruiz, L. I. (2017). *Planteamiento de una estrategia de inclusión BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia - Bogotá D.C: <http://bdigital.unal.edu.co/59134/7/LeidyI.L%C3%B3pezRuiz.2017.pdf>
- Loyola, M. (2016). *Encuesta Nacional BIM 2016: Informe de Resultados*. Santiago -Chile: www.bim.uchilefau.cl .
- M. Bernstein, H., & Laquidara, D. (2014). *SmartMarket report - McGRAW HILL CONSTRUCTION*. Obtenido de Project Delivery Systems: How they impact efficiency and profitability in the buildings Sector.
- McLeamy, P. (2010). *The Future of the Building Industry (1/5): A Tale of Three Domes*. Obtenido de HOK Network -Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=4dqW70eoQH4>
- McLeamy, P. (2010). *The Future of the Building Industry (4/5): Buildings Are Assembled, Not Built*. Obtenido de HOK Network- Canal YOUTUBE: <https://www.youtube.com/watch?v=UnXG2q8tbyY>
- Miller&Co, A. (2015). *Curso BIM*.
- Miller&Co. (2018).
- Miller&Co. (Enero de 2018). *Protocolo BIM Fases del proyecto*. Obtenido de <http://millerco.com.ar>: <http://millerco.com.ar/blog/que-es-un-un-protocolo-bim/>
- Montilla Duque, A. (9 de 12 de 2016). *LOD: Niveles de desarrollo de un proyecto*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/lod-nivel-de-desarrollo/>
- Moore, D. (2000). *Selecting the best project delivery system*. Obtenido de PMI Project Management Institute : <https://www.pmi.org/learning/library/selecting-best-project-delivery-system-8910>
- Muiño, A. (2007). *Gates to Success*.
- Myers, B. (2017). *Creating a BIM Execution Plan*. Obtenido de [www.Lynda.com](http://www.lynda.com): <https://www.lynda.com/Revit-tutorials/Creating-BIM-Execution-Plan/577360-2.html>
- Nasrun, M. &. (2014). *Improving Integrated Practice through Building Information Modeling-Integrated Project Delivery (BIM-IPD) for Malaysian Industrialised Building System (IBS) Construction Projects*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/272623987>
- NIBS. (s.f.). *National Institute of Building Sciences*.
- PMI Standard Provisional. (2000). *Construction extention to a guide to the Project Management Body of Knowledge*. Newton Square, Pensylvania USA: PMI-Prject Management Institute.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construcción*. Fundación Laboral de La Construcción, 46.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Rijsbergen, M. (2013). *The application of Virtual Design and Construction in civil engineering projects*. Obtenido de Design studies - The International Journal for Design Research in Engineering, Architecture, Products and Systems - Delf University Of Technology .
- Rischmoller, L. (2015). *Ingeniería y Gestión de la Construcción a través de Virtual Design and Construction (VDC)*. Recuperado el 17 de 5 de 2018, de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/582429>
- Rogers, J. (2017). *Lynda.com*. Obtenido de Construction Management: Project Delivery Methods: <https://www.lynda.com/CAD-tutorials/design-bid-build-method/614291/668566-4.html>
- Rojas T., J. F. (Marzo de 2017). *Concreto sueña “imprimir” vivienda social*. Obtenido de EL Colombiano : <http://www.elcolombiano.com/negocios/primera-impresora-3d-de-concreto-en-colombia-BD6063838>
- Sánchez Ángel, J. C., & Corre Basto, O. (2016). *DIAGNÓSTICO DE LAS PRÁCTICAS DE INICIACIÓN Y PLANEACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS PARA PYMES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ D.C*. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/423/2/HB-Maestr%C3%ADa%20en%20Desarrollo%20y%20Gerencia%20de%20Proyectos-1010161489.pdf>
- Sanchez Ortega , A. (25 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod->

nivel-de-detalle/

- Scottish Futures Trust. (2016). *Background Building Information Modelling* . Obtenido de Bimportal: <https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/page/background>
- Services, Artic Building. (2016). *Artic building services*. Obtenido de Business Information Modelling (BIM): What is it and what part does it play in our industry?: <http://www.articbuildingservices.com/business-information-modelling-bim-part-play-industry/>
- Villegas Londoño, D., & Toro Jaramillo, I. (2010). LAS PYMES : UNA MIRADA A PARTIR DE LA EXPERIENCIA ACADÉMICA DEL MBA. *Revistamba - Universidad EAFIT*, 1.
- Yusuf, A. (2015). *Building Information Modeling*. bookboon.com.
- Zigurat courses. (2016). *BIM A0, Introducción al BIM*. Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/courses/course/bim-a0-introduccion-al-bim-2/>
- Zigurat, & BIM Forum Colombia, V. C. (04 de 2018). *e-zigurat*. Obtenido de <http://info.e-zigurat.com/infrabim-latam>

9. Listado de ilustraciones

Ilustración 1- Estructuración del contenido del estado del Arte.	22
Ilustración 2. Relación lineal del método (Diseño-Licitación- construcción)	33
Ilustración 3. Método de Gerente de construcción en riesgo (Fuente: Recuperado de Jim Rogers-Lynda.com)	35
Ilustración 4. Método de Diseño - Construcción (Fuente: BIM and Construction Manager, 2015).	36
Ilustración 5. Método entrega de proyectos integrada (IPD)-Riesgo y recompensa repartida.	38
Ilustración 6. Conexión Método de entrega y Criterio de selección.....	44
Ilustración 7 Proceso de adquisición de contratos de construcción.....	45
Ilustración 8. Diagrama de flujo -método Low-Bid.....	46
Ilustración 9. Diagrama de flujo -método Best-Value	47
Ilustración 10. Pregunta- ¿Conoce el termino BIM?	59
Ilustración 11. Pregunta - ¿Tiene idea de que es un Modelo Paramétrico?	60
Ilustración 12. Pregunta - ¿Tiene idea de que consiste un diagnóstico de implantación BIM? ...	62
Ilustración 13. Pregunta - ¿Sabe con exactitud en que consiste el rol de un coordinador BIM?..	63
Ilustración 14. Pregunta - ¿Sabe que es el LOD de un modelo BIM?	65
Ilustración 15. Pregunta - ¿Tiene idea de que consiste el método de entrega de proyectos tradicional?.....	66
Ilustración 16. Pregunta - ¿Conoce los métodos de entrega de proyectos alternativos?	67
Ilustración 17. Pregunta - ¿Sabe que es una sesión ICE?	68
Ilustración 18. Pregunta - ¿Tiene idea de que es un plan de ejecución BIM?	70
Ilustración 19. Pregunta - ¿Sabe que es un protocolo o Estándar BIM?.....	71

Ilustración 20. Pregunta - ¿Tiene idea si existe alguna iniciativa para la implantación BIM en contratos públicos en Colombia?	72
Ilustración 21. Pregunta - ¿Cómo calificaría el sistema de contratación actual del país?	73
Ilustración 22. Fase 1: Estrategia de selección del Método de entrega del proyecto.....	77
Ilustración 23. Criterios de evaluación (Métodos de Entrega de Proyector)	83
<i>Ilustración 24. Estrategia de implementación BIM –PYMES</i>	86
Ilustración 25. Implementación BIM en Proyectos reales	87
Ilustración 26. Organización de trabajo de plan implementación BIM – PYMES.....	95

10. Listado de Tablas

Tabla 1. Estructura conceptual No. 1 Desarrollo Panorama General	24
Tabla 2. Estructura conceptual No. 2 Desarrollo BIM	29
Tabla 3. Contenido temático de los métodos de entrega de proyectos	32
Tabla 4. Estructura conceptual No.3 Métodos de entrega de proyectos y su relación con BIM ..	39
Tabla 5. Aspectos clave de BIM en los métodos de entrega de proyectos	41
Tabla 6. Estructura conceptual No.4 Elementos intervinientes en la selección del método de entrega.....	42
Tabla 7. Ejemplo – Contrato Lump-Sum - costo fijo	50
Tabla 8. Contrato Cost-Plus-Fee -Costo reembolsable.....	52
Tabla 9. Contrato PMG (precio máximo garantizado).	53
Tabla 10. Contrato precios Unitarios	54
Tabla 11.Cálculo de la muestra aleatoria simple. - Criterio de selección.....	56
Tabla 12. Listado de preguntas encuesta de percepción.	58
Tabla 13. Selección del Método de Adquisición de servicios de diseño y construcción.....	84
Tabla 14. Selección del tipo de contrato.	85
Tabla 15. Requerimientos intermedios de hardware para software BIM-(Autodesk Revit)	89
Tabla 16. Hoja de ruta – Ejemplo -esquema general de objetivos implementación BIM	91
Tabla 17. Ruta de Formación BIM - (Arquitectos e ingenieros)	92

11. Anexos

Anexo 1. Datos de Observatorio Laboral_ MSA_Tabla de Encuestados.....	107
Anexo 2. Formato de encuesta.....	107