



Selección de la Metodología de Gestión más Adecuada para Proyectos Constructivos en
Bucaramanga

Liceth Carolina Blanco Almeida

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Julio de 2024

Selección de la Metodología de Gestión más Adecuada para Proyectos Constructivos en Bucaramanga

Liceth Carolina Blanco Almeida

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor:

Sergio Andrés Zabala Vargas

PhD. Tecnología Educativa

MSc. Gerencia de Proyectos

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Julio de 2024

Contenido

Lista de Tablas.....	7
Lista de Figuras.....	8
Resumen	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción del problema	13
1.2. La pregunta de investigación	15
1.3. Los objetivos de investigación	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación de la investigación	16
2. MARCO DE REFERENCIA.....	18
2.1. Estado del Arte.....	18
2.2. Marco Teórico	20
2.2.1. Conceptos de productividad en la construcción.....	20

2.2.2.	Mejoramiento de la productividad en la construcción.....	23
2.2.3.	Gestión de proyectos constructivos.....	24
2.2.4.	Metodologías de gestión de proyectos.....	27
2.3.	Marco Legal.....	30
3.	METODOLOGÍA	32
3.1.	Enfoque y alcance de la investigación	32
3.2.	Población y muestra.....	32
3.2.1.	Definición de la población.....	32
3.3.	Instrumento(s)	34
3.4.	Descripción de procedimientos	35
3.4.1.	Definición del problema.....	35
3.4.2.	Desarrollo del marco teórico de la investigación.....	35
3.4.3.	Búsqueda de información	36
3.4.4.	Selección de la información	36
3.4.5.	Definición de la clasificación de la información	36

3.4.6.	Organización y tabulación de la información.....	36
3.5.	Análisis de información.....	37
3.6.	Consideraciones Éticas.....	38
3.6.1.	Análisis de consideraciones éticas.....	38
3.6.2.	Instrumentos de aceptación y autorización.....	39
4.	HIPÓTESIS.....	41
4.1.	Las variables.....	41
4.1.1.	Variables independientes.....	41
4.1.2.	Variables dependientes.....	41
4.2.	Planteamiento de hipótesis.....	42
5.	RESULTADOS.....	43
5.1.	Resultado y análisis del instrumento.....	43
5.1.1.	Datos recolectados.....	43
5.1.2.	Análisis de resultados.....	55

5.2. Propuesta	58
5.3. Discusión	61
6. CONCLUSIONES	63
Referencias Bibliográficas	66

Lista de Tablas

Tabla 1. Datos de la revisión de literatura	34
Tabla 2. Etapas de la búsqueda en la revisión bibliográfica - parte 1.....	45
Tabla 3. Etapas de la búsqueda en la revisión bibliográfica - parte 2.....	45
Tabla 4. Resumen de artículos de la revisión.....	47
Tabla 5. Características de las metodologías de gestión	55
Tabla 6. Valores para cada factor de las herramientas de gestión	56

Lista de Figuras

Figura 1. Eficiencia, efectividad y productividad. Tomado de Botero y Álvarez (2004)	20
Figura 2. Ciclo de mejoramiento de la productividad. Tomado de: Botero y Álvarez (2004).....	24
Figura 3. Comportamiento temporal de publicaciones	43
Figura 4. Publicaciones por país o territorio	44
Figura 5. Artículos por metodología de gestión.....	46
Figura 6. Objetivos para los artículos seleccionados	47
Figura 7. Mejora a la gestión para cada metodología.....	57

Resumen

La industria de la construcción es un sector importante en la economía nacional, por lo que merece atención y análisis para estudiar los diversos métodos de gestión de proyectos que se desarrollan y aplican para lograr excelentes resultados en las industrias de la construcción más importantes del mundo. Así mismo, los costos que determinan el éxito de dichos proyectos dependen de la metodología de gestión utilizada y su correcta implementación, y, por tanto, de la productividad neta del proyecto. En el presente estudio, se realiza una revisión de la literatura existente para las diferentes metodologías de gestión de proyectos de tipo constructivo, se realiza un análisis bibliométrico determinando las principales fuentes de información y se comparan las distintas tipologías como son Building Information Modeling (BIM), enfoques PMI, CPM, Agile, lean construction (LC), gestión de materiales basado en Blockchain, y combinaciones de las diferentes metodologías que se han aplicado y estudiado. Los datos obtenidos se depuran, clasifican, organizan y analizan mediante un comparativo revisando la efectividad que representa cada aspecto, según los resultados en la literatura existente. Finalmente, se concluye que la metodología que presenta mayores beneficios para su aplicación en estos proyectos corresponde a la combinación del modelo BIM y LC, que permiten mejoras en varios aspectos clave de la gestión como la reducción de tiempos de ejecución y pérdidas, disponibilidad de información, detección de incongruencias y facilidad de cambios y adaptaciones para facilitar la programación y planeación del cronograma y, por ende, mayor productividad y efectividad en la construcción.

Palabras clave: Gestión de Proyectos, Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Productividad.

Abstract

The construction industry is an important sector in the national economy, therefore it deserves attention and analysis to study the various project management methods that are developed and applied to achieve excellent results in the world's most important construction industries. Likewise, the costs that determine the success of said projects depend on the management methodology used and its correct implementation, and, therefore, on the net productivity of the project. In the present study, a review of the existing literature is carried out for the different construction project management methodologies, a bibliometric analysis is carried out determining the main sources of information and the different typologies such as Building Information Modeling (BIM) are compared. , PMI, CPM, Agile, lean construction (LC) approaches, Blockchain-based materials management, and combinations of the different methodologies that have been applied and studied. The data obtained is purified, classified, organized and analyzed through a comparison, reviewing the effectiveness that each aspect represents, according to the results in the existing literature. Finally, it is concluded that the methodology that presents the greatest benefits for its application in these projects corresponds to the combination of the BIM and LC model, which allow improvements in several key aspects of management such as the reduction of execution times and losses, availability of information , detection of inconsistencies and ease of changes and adaptations to facilitate programming and schedule planning and therefore, greater productivity and effectiveness in construction.

Key words: Project Management, Architecture, Engineering, Constructin, Productivity.

Introducción

El sector de la construcción es una parte muy importante económicamente para un país, en Colombia representa el 17.6% del PIB según las cifras del DANE (2023), es por ello, que la revisión e implementación de las nuevas metodologías de gestión de proyectos se convierte en un tema de especial relevancia.

Según Abadie (2013), las empresas que ya han gestionado proyectos constructivos saben que en la mayoría de los casos se toma más tiempo del que se presupuestó inicialmente, así mismo, Cárdenas et. al, (2018) comentan que los directivos de estas empresas están interesados en atacar desde el ámbito investigativo y práctico la gestión de sus proyectos, para ello, se requiere la implementación de metodologías que les permita controlar sus cronogramas y presupuestos para reducir los costos y aumentar las ganancias (Hitt et. al, 2006).

Las constantes variaciones en el presupuesto y cronograma de los proyectos constructivos son un tema que requiere primordial cuidado, tanto que de 975 proyectos analizados por Abadie (2013), únicamente el 5.4% estaban dentro del presupuesto al momento de la construcción, mientras el 36.4% de los proyectos presentaron sobrecostos mayores al 50% del presupuesto planificado, esto permite visualizar el gran impacto que puede generar una adecuada gestión de proyectos en el ramo de la construcción.

En el presente trabajo se abordan las metodologías más usadas actualmente para la gestión de proyectos de tipo constructivo, se realizó una exhaustiva revisión para llegar a seleccionar la más adecuada a aplicarse en proyectos a constructivos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) constituye un factor importantísimo en la economía, el medio ambiente y la sociedad en su conjunto, sin embargo, en las últimas décadas su productividad ha sido muy baja en comparación con otras industrias (Heigermorser et. al, 2019). De acuerdo con Botero y Álvarez (2003), en Chile las pérdidas para el sector constructivo debido a las actividades no productivas ascendieron al 53%, mientras que en Colombia este factor corresponde al 63%, lo cual convierte la gestión de proyectos en un reto y una oportunidad de mejoramiento para este sector económico.

Las diferencias entre el cronograma y presupuesto planeado y ejecutado radican en la ausencia de un sistema o metodología que integre las herramientas de gestión desde el diseño, planeación y ejecución que permita un control y seguimiento eficaz para solucionar los imprevistos y afectar lo menos posible la planeación del proyecto, para ello, se han desarrollado diferentes enfoques capaces de hacer el control y seguimiento asegurando la mayor utilidad posible.

La gestión de proyectos constructivos constituye una herramienta significativa para el progreso de la economía de los países, puesto que beneficiaría no solo a los trabajadores directos, sino a las empresas, los clientes, las comunidades aledañas a los proyectos y en general a todos los involucrados,

permitiendo ajustar mejor el presupuesto, minimizando los riesgos, maximizando la calidad y eficiencia de los proyectos.

En el este estudio, se realiza una revisión de la literatura existente frente a los distintos métodos que se han implementado con éxito y que han permitido mejorar la productividad de las constructoras manteniendo los estándares de calidad, entre ellos puede mencionarse la filosofía Lean Construction (LC), introducido por Lauri Koskela en 1992, que se enfoca en reducir las pérdidas, también la metodología Building Information Modeling (BIM), creada por Autodesk Revit 2013 y Autodesk Quality Takeoff, y otras técnicas como Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management EVM), que permiten realizar un seguimiento y control desde la planeación, diseño y ejecución de la labor constructiva.

En el capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, una contextualización de la situación que se experimenta actualmente en el marco del desarrollo de los proyectos de tipo constructivo, se presentan también los objetivos y justificación de la investigación; seguidamente, en el capítulo 2 se muestran los conceptos asociados a las metodologías de gestión de proyectos de construcción, las cuales se mencionan con anterioridad, así como los lineamientos legales con los cuales se rige la temática constructiva; en el capítulo 3, se exterioriza la ruta metodológica desarrollada para dar solución a la problemática descrita, se define la población y los instrumentos utilizados para ejecutar la investigación científica; en el capítulo 4, se muestra la hipótesis planteada para la organización, así como las variables utilizadas; el capítulo 5 permite observar los resultados obtenidos durante la

aplicación de la revisión de literatura, y en el capítulo 6, se presentan las conclusiones para la investigación.

1.2. La pregunta de investigación

¿Cuál es la metodología más adecuada para gestionar los proyectos constructivos a ejecutarse en Bucaramanga?

13. Los objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Seleccionar la metodología de gestión de proyectos constructivos más adecuada para el desarrollo de proyectos constructivos en Bucaramanga.

1.3.2. Objetivos específicos

- Revisar la literatura existente respecto a las metodologías de gestión constructiva en los últimos años para el sector de la construcción.
- Analizar las metodologías de la literatura relacionada con la gestión de proyectos enfocadas al sector de la construcción y sus características que permiten traducirse en mejoras para la productividad en los proyectos.

- Elegir la metodología de gestión de proyectos constructivos que mejor se ajusta para proyectos a desarrollarse en Bucaramanga.

1.4. Justificación de la investigación

La construcción como sector productivo en Colombia, representa especial importancia en el desarrollo económico, adicional a ello, es a través de la construcción que se da solución a las necesidades de vivienda e infraestructura, constituyendo a su vez una generación de empleo impactando en otros sectores de la economía del país.

Sin embargo, y pese a la importancia del sector constructivo, este es uno de los sectores con más deficiencias y falta de efectividad en el desarrollo de sus actividades (Botero y Álvarez, 2004). Aunque dadas las características del sector constructivo, es comprensible el grado de dificultades que se presentan, esto no quiere decir que no pueda hacerse algo al respecto, ya que presenta una curva de aprendizaje muy limitada, se encuentra influenciado por las condiciones climáticas, presenta fragmentación de proyectos, deficiente o ausencia de la planeación, es una actividad basada en experiencia y se caracteriza por la falta de investigación y desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario implementar cambios que permitan una planeación y manejo adecuado de los proyectos para garantizar un mejor desarrollo de los mismos, y esto se logra a través de la implementación de metodologías de gestión constructiva que permitan un control transversal de los diferentes factores que influyen en el desarrollo de los proyectos de este tipo.

Con la implementación de la gestión, se busca obtener un impacto positivo en el desarrollo de proyectos constructivos, propiciando mayor efectividad y celeridad en la construcción, que permita acceder a más proyectos y genere mayor valor tanto para las empresas que los desarrollan como a sus colaboradores.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Estado del Arte

La gestión de proyectos de construcción corresponde a un tema de estudio en auge, ya que este sector económico es tan importante para los países, de esta manera, autores como Ordóñez et. al (2018) presentan una revisión de literatura frente a la aplicación de la metodología Lean Construction (LC) en Colombia; así mismo, plantea que las estrategias de LC tienen como objetivo mejorar el uso de los recursos para mejorar la calidad, así como mucha planificación para lograr el éxito productivo en las empresas que lo utilizan; Botero y Álvarez (2004) tienen como propósito difundir los resultados de la implementación del último sistema de proyectos en proyectos de construcción en Medellín durante el año 2003 como parte del estudio "Implementación del Programa de Mejoramiento de la Gestión de la Construcción". Los resultados obtenidos muestran una tendencia de mejora cada vez que se utiliza el sistema, según el indicador PAC (porcentaje de pedidos cumplidos).

Botero, Álvarez y Ramírez (2007), por su parte, presentan una síntesis de un estudio realizado con ocho empresas del sector construcción de Medellín. El equipo de investigación consideró necesario crear un sistema de evaluación comparativa para la industria de la construcción de modo que el desempeño del proyecto pudiera compararse con evaluaciones comparativas locales, nacionales e internacionales. En este sentido, fijaron como parámetro los sistemas de referencia previamente establecidos en Estados Unidos, Gran Bretaña, Chile y Brasil. El sistema de orientación permite principalmente conocer los indicadores clave que afectan a los proyectos de construcción y fijar

objetivos de mejora que permitan gestionarlos en tiempo y no provoquen desvíos con el cliente. De lo anterior se puede concluir que el uso de herramientas y metodologías, como un sistema de referencia, se relaciona con la mejora continua y el aumento de la competitividad, al tiempo que genera buenas prácticas de gestión en las empresas de TI.

Otra metodología objeto de estudio es la Building Information Modelling (BIM), la cual ha sido analizada para determinar su valía, Gómez et. al (2023) presentan el impacto de esta metodología en los proyectos constructivos mediante el estudio de proyectos existentes, finalmente se determina que la metodología BIM permite accesibilidad y recolección de mucha más información que las metodologías tradicionales, adicionalmente, se dice que en los proyectos analizados muestran casos donde se utiliza el modelo de información como alternativa al método tradicional, se analizan los costes de su implementación, se identifican deficiencias y se introducen oportunidades de mejora en la gestión de proyectos. Además, una visión general de sus usos versátiles en sus diferentes dimensiones recibió, por ejemplo, un artículo relacionado con la aplicación de un modelo de información a edificios ecológicos, donde se presentan las funciones analíticas desde el punto de vista de la dimensión 6D de la metodología. La idea principal detrás de la presentación de estos proyectos es comparar BIM y las metodologías tradicionales para resaltar los beneficios y efectos del modelado de información. Para ello se ha presentado un cuadro comparativo de metodologías, en el que se destacan algunas de las carencias y limitaciones del uso de BIM (Lu et. al, 2017).

Por su parte Salvatierra (2018), presenta un análisis de la metodología del valor ganado aplicada al sector de la construcción, como estándar para el control del costo y plazo del proyecto. Toloza y

Pabón (2020) realizan un estudio de la influencia de la metodología PERT/CPM en proyectos de contratación, analizando las principales causas de los retrasos en los proyectos, tales como: fallas en los procesos de planeación, carencia de uso de metodologías para la planeación de actividades y falta de control a él momento de la ejecución, encontrando una relación entre el uso de la metodología PERT/CPM y el nivel de cumplimiento en la ejecución de proyectos constructivos, proponiendo estrategias para la apropiación de herramientas que mejoren el futuro del desarrollo de los proyectos enfocados en componentes como tiempo y costo, identificando las actividades cruciales para una oportuna finalización.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Conceptos de productividad en la construcción

La productividad constituye la relación entre lo producido y lo gastado, de acuerdo con Serpell (2002), puede definirse como “La medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”.

Es decir que la productividad envuelve la eficiencia y la efectividad, por tanto, el objetivo de cualquier Proyecto productivo es lograr la mayor productividad posible, de acuerdo a la Figura 1.

Figura 1. Eficiencia, efectividad y productividad. Tomado de Botero y Álvarez (2004)

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</u>	Alto
INEFFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFFECTIVO	Bajo
		OBTENCIÓN DE LAS METAS

Un sistema productivo se caracteriza por la transformación de insumos en los productos proyectados con el uso de recursos como materiales, mano de obra, maquinarias, herramientas, equipos e información.

Así, de acuerdo con Botero y Álvarez (2004), se desglosan varias clases de productividad:

- Productividad de los materiales: Depende del costo y los desperdicios.
- Productividad de la mano de obra: Es el recurso que determina el ritmo de trabajo de la construcción y es directamente proporcional a la productividad de otros recursos.
- Productividad de la maquinaria: De gran importancia por el alto costo que representa, por ello es importante evitar el tiempo muerto.

Se definen también los factores que inciden negativamente a los proyectos constructivos:

- Errores en el diseño y en las especificaciones o falta de estas
- Modificaciones a los diseños en la ejecución del proyecto
- Falta de supervisión a los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos
- Alta rotación de trabajadores
- Deficientes condiciones de seguridad industrial que generan accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de materiales en obra
- Falta o demora en los materiales necesarios
- Falta o demora en el suministro de equipos y herramientas
- Excesivo control de calidad
- Clima y condiciones adversas en la obra.

2.2.2. *Mejoramiento de la productividad en la construcción*

El gerente de la obra está en la obligación de adoptar las medidas necesarias para reducir los contratiempos en el desarrollo de las actividades, esto puede lograrlo mediante la aplicación de un ciclo de mejoramiento de la productividad, en el cual se proponen varias actividades:

- Medición de la productividad: Toma de datos y análisis.
- Evaluación de la productividad: Con los datos obtenidos se elabora un diagnóstico de la situación de la obra e identificando los problemas, para formular un plan de acción.
- Implementación de planes de mejoramiento: Formulación de estrategias de mejoramiento y propuestas de seguimiento para evaluar la eficacia en los resultados obtenidos.

El ciclo de mejoramiento, se presenta en la Figura 2.

Figura 2. Ciclo de mejoramiento de la productividad. Tomado de: Botero y Álvarez (2004)



2.2.3. Gestión de proyectos constructivos

La gestión de proyectos de infraestructura es un tema que se ha abordado, dada su importancia y a las notables dificultades que se presentan en el desarrollo de este tipo de proyectos. Stevens (1986) propone una herramienta de gestión identificando la curva de rendimiento e integrando los costos y el tiempo de ejecución. Czarnigow (2008) analiza la implementación de EVM con el uso de tecnologías y programación que permitan aprovechar todos los recursos disponibles en este método. Por su parte, Kim (2009), evaluó el EVM en proyectos residenciales, relacionado el índice de desempeño del presupuesto (CPI, por sus siglas en inglés) y el índice de desempeño del cronograma (SPI, por sus siglas en inglés) e introdujo un algoritmo para analizar dichos indicadores para mejorar el desempeño del proyecto.

Chou et al. (2010) concluyen que es imperativa la necesidad de presentar la información de proyecto de manera visual y automática para facilitar y garantizar un control eficiente del proyecto.

Eastman et al. (2008), presentaron BIM (Building Information Modeling) como una metodología de diseño y construcción integrado cuya finalidad es producir edificios con mayor calidad y menor costo. Isaza et al., (2015) afirman respecto al modelo BIM que su utilización permite una disminución de los riesgos en un 66%, mejora el trabajo colaborativo entre profesionales en un 63%, reduce el reproceso de información en un 60%, disminuye el tiempo de diseño en un 48%, aumenta la productividad en un 67% e integra procesos dentro de la empresa en un 75%.

Martínez et al. (2017) plantean una ruta de aplicación de la metodología Lean Construction durante la planificación y ejecución de proyectos constructivos, al igual que integración de la norma ISO 9001 que permitiría lograr una reducción de pérdidas mayor al 70%.

De acuerdo con Rebolledo (2012), la gestión se define como un proceso que se emprende para coordinar las actividades de trabajo de un grupo de individuos, o la capacidad de una organización para definir y alcanzar sus objetivos utilizando los recursos disponibles de la manera más eficiente posible.

Es decir que la gestión constituye un proceso, con funciones y actividades. Según lo menciona Garvin (2009), la gestión se conforma de ocho dimensiones:

- Rendimiento: Característica operativa del producto o servicio, mide lo generado a partir de los recursos utilizados.
- Características: Se valoran los complementos que se ofrecen con un bien o servicio.

- **Confiabilidad:** Ausencia de defectos durante el uso del producto y el cumplimiento de las normas establecidas, cumpliendo con las condiciones ofrecidas.
- **Durabilidad:** Es el tiempo de vida del producto o los beneficios que se obtienen de un servicio.
- **Utilidad:** Corresponde a la capacidad con que puede repararse un producto por alguien no capacitado.
- **Estética:** Aspecto del producto.
- **Calidad percibida:** Mide la percepción del cliente frente a la calidad de un producto o servicio.

Gordillo (2014) expresa al gestor, como la persona encargada de liderar el proceso de gestión quien debe cumplir con ciertas cualidades que le permitan desempeñar su trabajo de forma correcta y eficiente, tales como: Proponer una dirección clara, estableciendo claramente los objetivos y guiando el proceso, facilita una comunicación abierta, prepara y apoya al personal, brinda reconocimiento, establece seguimiento, control y retroalimentación de las actividades y sus implicados, selecciona el personal idóneo para desempeñar determinada labor, es consciente de las implicaciones financieras de sus decisiones al igual que de las variaciones en ingresos que puedan presentarse, estimula la innovación encaminadas a la competitividad y el aumento del rendimiento económico, toma decisiones

claras y oportunas, siendo a su vez una guía para sus colaboradores y mantiene un alto nivel de integridad actuando de manera ética y coherente con su actuar.

Los proyectos surgen como respuesta a una problemática u oportunidad de mejora que se presenta, es decir que un proyecto es un instrumento que, mediante la recopilación, creación y análisis de datos y antecedentes, permite que se logre un objetivo deseado (Thompson, 2011). La gestión de proyectos es una rama de la administración enfocada en la planeación y control. Con la planeación se define el qué se va a hacer, el responsable, el cómo debe ejecutarse y el por qué, y posteriormente en el control se vigila que se pueda alcanzar la meta o se toman medidas correctivas en caso de que se presenten desviaciones.

Los proyectos constructivos por su parte, presentan de manera general una serie de limitantes que no permiten una ejecución adecuada de la programación de actividades, entre estas pueden mencionarse una curva de aprendizaje limitada, la dependencia del clima y el ambiente, los incentivos negativos, la deficiente planeación, investigación y desarrollo poco perfeccionado y la facilidad de cuestionamiento que limita a su vez la innovación y la mejora en el sector.

Es por eso, que la gestión de los proyectos constructivos debe enfocarse en aspectos como la gestión de la seguridad industrial, gestión del medio ambiente, gestión financiera y gestión de reclamos.

2.2.4. Metodologías de gestión de proyectos

2.2.4.1. Lean Construction

LC inició su construcción en 1992 gracias al trabajo de Lauri Koskela [9], como una idea para mejorar la ejecución de las obras, actualmente se implementa en todas las etapas del proceso constructivo. Se puede entender que apoya la implementación de un proyecto integrado desde una idea conceptual, teniendo así en cuenta todo el ciclo de vida. LC representa la filosofía de gestión, la filosofía de trabajo y la cultura empresarial orientada a la eficiencia de procesos y flujos (Pons, 2014).

Lean Construction es una filosofía derivada del concepto Lean Production desarrollado por Toyota Motors desde la década de 1950. Ese sistema ayudó a sus plantas a producir vehículos de manera más eficiente que las plantas norteamericanas, requiriendo menos recursos, menos tiempo y reduciendo significativamente los defectos de producción (Rodríguez, 2018).

La filosofía LC tiene como objetivo reducir las pérdidas aplicando principios como la dotación de personal, la reducción del inventario y la mejora de la productividad (Pons, 2014). Para no acaparar los recursos necesarios para la producción futura, Toyota realizó alianzas con proveedores para que sus insumos llegaran en el momento adecuado, es decir, se aplicaba el método justo a tiempo (JIT), o se producía lo que se necesitaba, en cantidades necesarias en el momento adecuado (Bamana et. al, 2017)

El uso de esta nueva filosofía está creciendo en todo el mundo. Sin embargo, su implementación específica en cada país determina cómo se deben organizar los actores del proceso para que la implementación material del proyecto se estructure dentro del concepto de gestión de CL (Brioso y

Humero, 2016). Su objetivo es lograr una construcción sin contratos, sin errores, sin accidentes, ecológica y respetuosa con la comunidad en el plazo acordado, respetando los costes y centrándose en la reducción de daños. Esto significa para actividades que no producen valor (Maia et. al, 2013).

2.2.4.2. Building Information Modelling

BIM utiliza herramientas de tecnología digital para promover la colaboración al documentar conjuntamente el ciclo de construcción e infraestructura utilizando programas informáticos para crear un archivo único de información útil para los participantes en el proceso de construcción (Gosalves et. al, 2016).

El concepto de modelado de información, con poco tiempo para la gestión y el refinamiento de la construcción, favorece fuertemente el uso eficiente y colaborativo de herramientas como AutoCAD, Civil 3D y Revit. En cuanto a la generación de la documentación necesaria, es conveniente utilizar Naviswork para el control y simulación de la gestión de MS Project. Todos estos programas son una herramienta que garantiza la preparación, navegación y visualización del proyecto. Además, la distribución de las contribuciones del proyecto es eficiente porque el proceso de integración continua está estructurado, evitando problemas en el proceso (Oussouboure, 2017).

BIM es una nueva herramienta que te permite diseñar en 3D inmediatamente después de comenzar a trabajar, incluyendo información sobre cada concepto que compone el proyecto, como cubos, costos, tiempos, disciplinas y cualquier tipo de documentación. que se considera necesario, es

compartido y comunicado entre los diferentes actores que colaboran en las fases del proyecto (Saldías, 2010).

BIM crea una base de datos digital donde se almacena la información de la construcción para su consulta continua. En este sentido, BIM facilita ver las diferentes funciones del proyecto al mismo tiempo, de modo que la transferencia de información y su interrelación entre artesanos se produzca de forma fluida y en tiempo (Porras et. al, 2014).

2.3. Marco Legal

El desarrollo de proyectos constructivos, al igual que muchas de las actividades que se realizan en la actualidad, está regido por normas y leyes que dan directrices para garantizar cumplimiento y defensa de los actores de este sector de la sociedad. Entre ellas puede mencionarse, El Decreto 1077 de 2015 o Decreto único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015), que compila los decretos que reglamentan los aspectos relacionados con las licencias de construcción y urbanismo aplicables a cualquier proyecto que incluya edificaciones en el país. La Ley 1523 de 2012 (Congreso de Colombia, 2012), que obliga a los municipios a incorporar la gestión del riesgo en sus normas de ordenamiento territorial. La Ley 9 de 1979 (Congreso de Colombia, 1979), que obliga a los urbanizadores a realizar estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación como un requisito previo a la obtención de la licencia de construcción. La Ley 80 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993), que entre otras cosas exige la inclusión de una interventoría para los proyectos contratados con el Estado. La ley 1680 de 2013 (Congreso de

Colombia, 2013), que describe la obligación de presentar proyectos arquitectónicos que permitan la inclusión de las personas con discapacidad. La Ley 400 de 1997 (Congreso de Colombia, 1997), que exige la realización de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales y no estructurales.

También es importante mencionar normas adoptadas y/o ajustadas por el Gobierno Nacional que garantizan la calidad y buen funcionamiento de las edificaciones que se construyan en el territorio nacional, como lo es la Norma Sismorresistente NSR-10, el Reglamento, que como su nombre lo indica, rige los estándares mínimos para garantizar edificaciones sismorresistentes, de acuerdo al uso que se les vaya a dar (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), El reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS2000, que describe los aspectos a tener en cuenta para la construcción de acueductos y alcantarillados para su correcto funcionamiento (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015); otros como la Norma Técnica Colombiana NTC1500, que establece los lineamientos para el diseño y ejecución de instalaciones domiciliarias (ICONTEC, 2004); la Norma RETIE, que determina los parámetros para las instalaciones eléctricas (Ministerio de Minas y Energía, 2013), entre otros.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

Se desarrolla una investigación de tipo cuantitativo, ya que se realizan análisis numéricos con datos que permitan establecer una base para futuros comparativos que permitirán acotar y discernir mejor el problema y proveer la solución más adecuada.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

Este artículo corresponde a un proceso exploratorio donde se pretende desarrollar un análisis de la mejor bibliografía disponible relacionada con la implementación de las metodologías de gestión de proyectos constructivos, descritos en artículos como lo menciona Martínez y Montelongo (2019).

La población corresponde a artículos y literatura publicada en los últimos años sobre el impacto que tienen los diferentes métodos de gestión de proyectos, realizada la búsqueda en bases de datos como Scopus, ya que en esta se incluye una variedad de bases de datos y revistas científicas, conferencias y publicaciones científicas, lo cual indica que siendo éstas que relaciona hasta 1.4 millones de artículos de acceso libre, entre ellas representan un alto porcentaje de literatura científica del mundo.

La búsqueda se hizo usando los conectores booleanos de OR para las búsquedas iniciales, que resultan en mayor amplitud, el conector AND para acotar búsquedas más específicas. La estrategia de búsqueda utilizada fue:

("Project management") AND (Architecture" OR "Engineering" OR "Construction")

Se obtuvo una amplia variedad de artículos aplicando el algoritmo mencionado, luego se realizó un análisis descriptivo evaluando aspectos como el año de publicación, tipo de metodología y los objetivos.

La temporalidad seleccionada para la revisión de literatura corresponde a un lapso de tiempo de siete años, correspondiente a artículos e información publicada entre el año 2017 y el 2024, únicamente artículos aceptados por la comunidad científica y publicados de manera adecuada, teniendo en cuenta que es la información más actualizada de la cual se dispone en el momento, y por tanto, las metodologías analizadas corresponden a aquellas que se estudian y aplican en la actualidad.

3.3. Instrumento(s)

Son muchos los métodos diseñados para la recolección de información, Sarduy Domínguez (2007) menciona algunos muy relevantes como la observación, entrevistas, revisión documental, estudio de casos, grupos focales y cuestionarios.

Para el desarrollo de la investigación se hará una revisión exhaustiva de la literatura disponible del tema objeto de estudio y un análisis de las metodologías existentes teniendo en cuenta los casos de estudio y los resultados obtenidos luego de la implementación de los diferentes enfoques de gestión de proyectos constructivos.

En la Tabla 1, se presentan los aspectos relevantes a extraer de los documentos revisados, se relaciona el nombre de la publicación, año y autores, un brece resumen y la metodología de gestión utilizada.

Tabla 1. Datos de la revisión de literatura

No.	Título	Resumen	Autores	Año	Metodología de gestión

3.4. Descripción de procedimientos

Puesto que se desarrolla una investigación de revisión del estado del arte en la que se pretende analizar las diferentes metodologías existentes para la gestión de proyectos constructivos, para el análisis se hará una búsqueda de información existente, representada en artículos científicos que permitan explorar la forma como se están administrando los proyectos constructivos, revisando de lo general a lo particular, las metodologías empleadas en el ámbito internacional y regional que permitirán seleccionar la alternativa más óptima para las empresas de este sector.

El desarrollo de la revisión de literatura se llevará a cabo como lo plantea García-Peñalvo (2022) de la siguiente manera:

3.4.1. Definición del problema

Se desarrolla un problema claramente definido para efectuar la búsqueda de la revisión de literatura que permita responder a los requerimientos de la investigación.

3.4.2. Desarrollo del marco teórico de la investigación

En este se hace una revisión de conceptos e información relevante al tema de estudio con el fin de esclarecer dudas e indagar sobre nuevas publicaciones en este campo.

3.4.3. *Búsqueda de información*

Se realiza la consulta de las diferentes bases de datos, recursos digitales, físicos, libros y revistas que permitan conocer el estado del arte de la investigación.

3.4.4. *Selección de la información*

Posterior al proceso de búsqueda de la información se debe hacer una depuración de esta, seleccionando solo aquella que se ajusta a los criterios que abarcan el estudio.

3.4.5. *Definición de la clasificación de la información*

En esta etapa se plantea un método que permita la clasificación de la información que se usará en la revisión sistemática.

3.4.6. *Organización y tabulación de la información*

En esta etapa se organiza y se tabula la información encontrada en categorías para obtener una estructura organizada de la revisión.

3.5. Análisis de información

Para realizar un análisis adecuado de la información, esta clasificará y definirá, centrándose en aspectos como el éxito obtenido frente a las metodologías planteadas y/o implementadas, los indicadores claves para medir el alcance de los objetivos, la descripción y correlación de conceptos necesarios para definir la funcionalidad y eficiencia de cada metodología analizada, entre otros.

Luego de contar con los datos necesarios recolectados de acuerdo a lo indicado en el instrumento de recolección, se procede a realizar un análisis mediante la tabulación de la información relacionada a los factores que mas influyen en el éxito o rendimiento de un proyecto, factores que a su vez se identifican mediante la investigación de los artículos disponibles, ente estos pueden mencionarse: Disminución de retrabajos, información disponible y organizada del proyecto, mayor integración del proyecto, aumento de la productividad, disminución en el tiempo de ejecución, aumento de valor generado, aumento de la visualización, disminución de conflictos que se presenten en el desarrollo de las obras y del proyecto en general, disminución de pérdidas, simplificación de planeación y seguimiento, disminución de riesgos, entre otras que pudieran identificarse a lo largo de la investigación.

Posterior a ello, y conociendo los factores que de acuerdo al análisis son susceptibles de mejora, es decir, que su intervención repercute de manera positiva en el desarrollo del proyecto, se procede a asignar valores para cada factor, los cuales permitirán determinar el peso porcentual de cada uno sobre cada metodología de gestión de proyectos analizada.

Con los datos extraídos y el análisis propuesto realizado, se harán análisis numéricos y gráficos mediante hojas de cálculo como es Excel, que permitan observar de manera gráfica el porcentaje de mejora que representa cada una de las metodologías analizadas respecto al total del peso porcentual establecido, evidenciando así, la metodología más efectiva para desarrollar proyectos constructivos, garantizando una mayor eficiencia, calidad y rendimiento.

3.6. Consideraciones Éticas

3.6.1. Análisis de consideraciones éticas

La realización de esta investigación es con fines netamente académicos y no pretende afectar de manera negativa los proyectos de construcción, o aquellas a las cuales se apliquen los conocimientos mencionados.

La presente investigación salvaguarda la propiedad intelectual de los autores, respecto a las teorías y conceptos aquí mencionados citándolos y mencionándolos apropiadamente, precisando las fuentes bibliográficas en donde se observa lo referenciado. De acuerdo con Fernández-Díaz (2018), la propiedad intelectual comprende tanto los derechos de autor como propiedad industrial.

Adicional a esto, los procedimientos, metodologías y conceptos expuestos, desarrollados e implementados corresponden de igual manera a propiedad intelectual en cuanto a su contextualización y aplicación en la realidad organizacional, por tanto, debe tratarse como tal en futuros trabajos.

3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización

Esta investigación contempla los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía como principios éticos básicos de nuestra investigación, pese a que no se requiera aplicar el tratado de Belmont, el cual intenta resumir los principios éticos básicos identificados por la Comisión en el curso de sus deliberaciones. Los principios se describen a continuación:

Principio de beneficencia, dada la intencionalidad de la investigación se asegura el bienestar de la población a intervenir. Este proyecto pretende favorecer la formación de la población intervenida. Por otra parte, se espera que los hallazgos de esta investigación sean referentes para otros trabajos en este mismo campo de estudio.

Principio de no maleficencia, esta investigación no afectará a ninguna persona de forma negativa, ni se perjudicará a nadie, en el desarrollo del proceso de investigación.

Principio de justicia, nadie será privado de los posibles beneficios de la comprensión alcanzada mediante el uso de estrategias didácticas mediadas por el juego que pretenden favorecer las competencias lectoras en estudiantes de educación inicial y básica primaria.

Principio de autonomía, no se pondrá en riesgo la capacidad de autonomía de ninguna persona mediante el desarrollo de esta investigación. El involucrado puede decidir en cualquier momento sobre los actos que se practicarán en la investigación sobre él (persona) y que puedan afectar de manera

directa o indirecta su salud, integridad y vida; declarando que el equipo investigador toma todos los recaudos y cuidados para cumplir con estos aspectos. Es por esta razón que para el proyecto se establece el consentimiento informado, que significa que es necesario que el participante otorgue su permiso para la participación en el proyecto; así como el asentimiento informado para contar con la validación del involucrado a participar en el proyecto.

4. HIPÓTESIS

4.1. Las variables

4.1.1. Variables independientes

Las variables independientes a considerar en esta investigación corresponden a las metodologías de gestión de proyectos constructivos, para mencionar algunas de ellas se tienen: la metodología Building Information Modelling (BIM), Lean Construction (LC), Gestión de materiales basado en Blockchain, Project Management Institute (PMI), Agile, Last Planner System (LPS) y Critical Path Method (CPM) con algunas de sus variaciones y combinaciones de estas.

4.1.2. Variables dependientes

Para las variables dependientes se consideran aspectos que afectan la gestión de proyectos constructivos, tales como: la disminución de retrabajos, información organizada del proyecto, integración del proyecto, productividad, colaboración, tiempo de ejecución, valor generado/entregado del producto, visualización, conflictos, pérdidas, flujo de cuadrillas de trabajo, corrección de incongruencias, simplificación de actividades de control y planeación, costos, problemas legales y riesgos.

4.2. Planteamiento de hipótesis

La implementación de las diferentes metodologías de gestión de proyectos constructivos permitirá mejorar las características del proyecto, traducándose esto en una mejora de la productividad del proyecto.

5. RESULTADOS

5.1. Resultado y análisis del instrumento

5.1.1. Datos recolectados

De acuerdo con la descripción realizada en la ruta metodológica, se presenta a continuación, la información recolectada.

En la Figura 3, se muestran las características temporales de los artículos relacionados en la revisión bibliográfica.

Figura 3. Comportamiento temporal de publicaciones

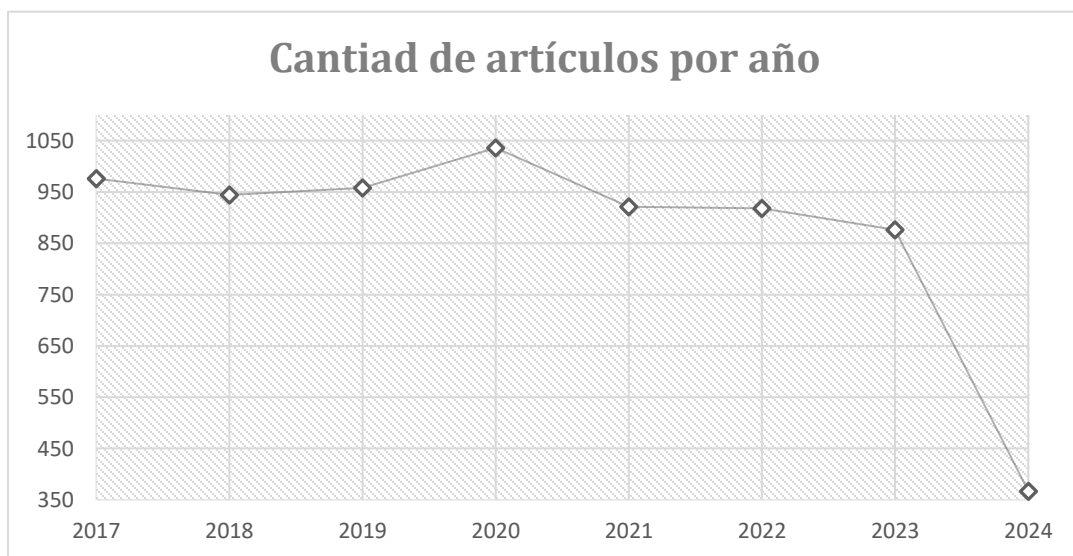


Tabla 2. Etapas de la búsqueda en la revisión bibliográfica - parte 1

Criterio de selección	Scopus
Palabras clave ("Project management") AND (Architecture" OR "Engineering" OR "Construction")	40,628
Artículos en inglés	39,959
Publicaciones desde 2017	6,996
Solo artículos científicos	2,248
Artículos de acceso libre	2,030

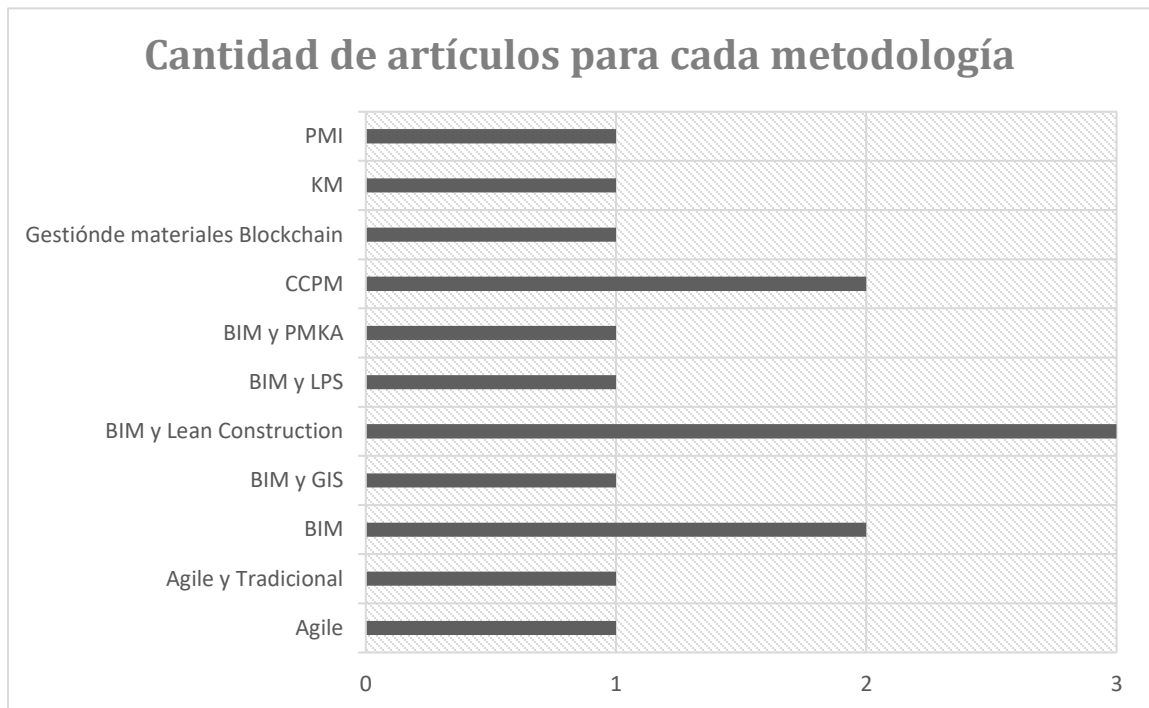
Adicional a esto, se realiza un segundo filtro para detectar los artículos más importantes para el tema cuestionado, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Etapas de la búsqueda en la revisión bibliográfica - parte 2

Criterio de selección	Número de artículos
Número total de artículos	2,030
Eliminación de duplicados	1,235
Verificación de los títulos y resúmenes	138
Verificación de contenido	15

Ya teniendo una selección de *papers*, se analizan las metodologías de gestión usadas en cada artículo revisado, encontrándose la metodología BIM (Building Information Modeling, por sus siglas en inglés), la metodología Lean Construction, método PMI, métodos CPM y propuestas en la que se implementan una o más metodologías, la frecuencia de estas metodologías se observa en la Figura 5.

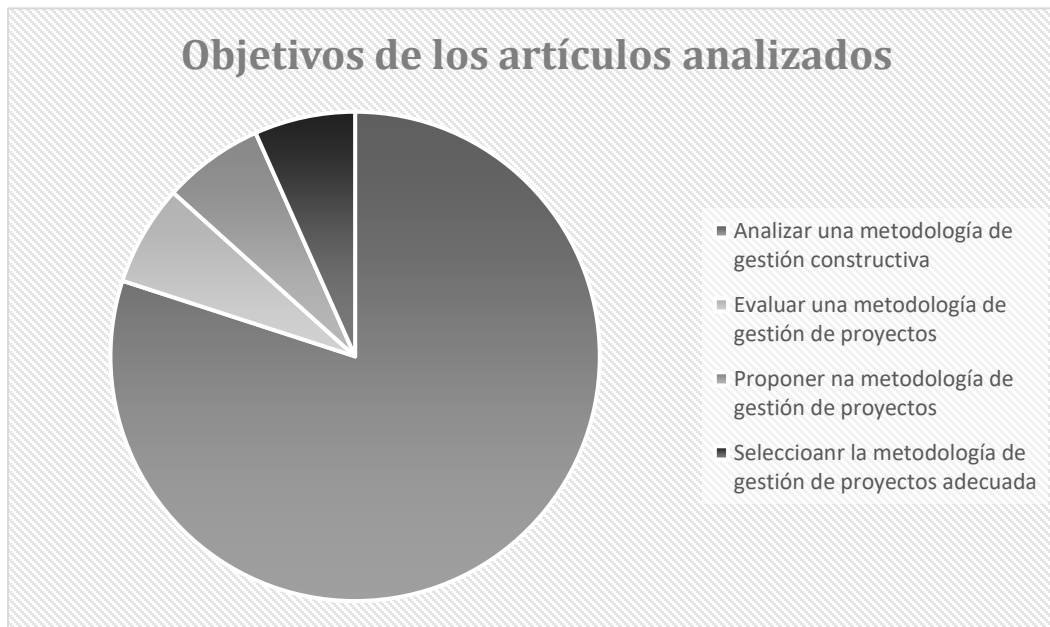
Figura 5. Artículos por metodología de gestión



Según se observa en la Figura 4, la metodología que mayoritariamente se usa es la BIM, ha sido ampliamente estudiada en diferentes casos y lugares, o la combinación de varias metodologías es otra clase que se está poniendo en práctica actualmente.

Frente a los objetivos que se mencionan en los artículos relacionados para la investigación, estos se han agrupado de acuerdo a la Figura 6.

Figura 6. Objetivos para los artículos seleccionados



Según se muestra, la mayoría de artículos analizados se enfocan en analizar una metodología constructiva en específico corresponden al 35%, aquellos cuyo propósito es el mejoramiento en la gestión de proyectos de construcción ascienden al 25%, mientras que los *papers* encaminados a diseñar metodología de gestión de proyectos corresponden al 20% y el restante 20% del total se asocia a la selección de la metodología de gestión de proyectos más adecuada. De acuerdo a lo expuesto, se ha realizado la investigación de 15 *papers* relacionados con el tema de investigación, en la Tabla 4, se presenta un resumen de los aspectos más importantes de cada uno de ellos.

Tabla 4. Resumen de artículos de la revisión

No.	Título	Autores y año de publicación	Metodología de gestión	Objetivos	Resumen
1	Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción	Acuña, Valdés & Acevedo (2023)	BIM	Analizar una metodología de gestión constructiva	En el estudio se analiza el impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción reconociendo los factores que limitan la implementación de esta metodología de proyectos existentes y en base a experiencia de profesionales del área sintetizada en diversas publicaciones indexadas a partir de las cuales se materializará un análisis bibliométrico utilizando el software Vos Viewer.
2	Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study	Eldeep, A. M., Farag, M. A., & Abd El-hafez, L. M. (2022)	BIM y Lean Construction	Seleccionar la metodología de gestión de proyectos adecuada	Se analiza uno de los factores más importantes que dan lugar a bajo rendimiento en el desarrollo de proyectos constructivos como lo es la visualización de los procesos de construcción y el escaso intercambio de información entre los distintos equipos de trabajo. Como resultado se obtuvo que el BIM ayudó a minimizar el tiempo de diseño casi en 50% y permitió que actividades de prefabricado e instalación se ahorre hasta un mes y medio en el tiempo de ejecución, al eliminar la carga de trabajo de la fase de diseño. Adicional a esto, el modelo BIM redujo número de órdenes de cambio y alrededor de un 11% del sobre costo del contrato con un 25% del tiempo de ejecución podrían evitarse con el uso de BIM como herramienta de proceso de construcción ajustada.

Selección de la Metodología de Gestión más Adecuada para Proyectos Constructivos en Bucaramanga

3	Mejora en la construcción por medio de lean construction y Building information Modeling: caso estudio	Martínez, del Toro Botello & Montelongo (2019)	BIM	Analizar una metodología de gestión constructiva	<p>El objetivo del trabajo es Implementar conceptos de LC (Lean Construction) y BIM (Building Information Modeling para la gestión administrativa del proceso constructivo de vivienda popular (hasta 42.50 m2 y 200 salarios mínimos) llevado a cabo en Torreón, Coahuila, México, para determinar subvenciones económicas y optimización de tiempo en la realización de la edificación. En el estudio se toman mediciones de producción reales de actividades con Cartas Balance, para determinar el nivel de producción del personal obrero, enfocándose únicamente a las etapas de análisis y construcción. Posteriormente con los resultados obtenidos, se desarrolló una nueva propuesta de gestión de la obra con la metodología BIM, realizando un modelo 3D en Revit de las viviendas y con los resultados obtenidos y el software Naviswork, se obtuvo un proyecto BIM 4D, orientado a la mejora del tiempo de construcción de la obra.</p>
4	Aplicación de un modelo Lean-BIM para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación	Uriz, Sanz & Sánchez (2019)	BIM y Lean Construction	Analizar una metodología de gestión constructiva	<p>El trabajo propone un modelo para la mejora del rendimiento de la redacción de proyectos de edificación en BIM mediante un análisis del nivel de productividad de la construcción con otros sectores, tales como la industria o el automóvil, resulta bajo, y la evolución de los últimos años evidencia un incremento de esta diferencia. Se presenta un modelo que combina el uso de la filosofía Lean mediante la aplicación de Lean Construction, y la metodología BIM, fruto de una revisión bibliográfica y la investigación realizada por los autores. El modelo se analiza 6 casos de estudio, para validar con estrategias técnicas cualitativas y cuantitativas.</p>

5	Blockchain-based decentralised material management system for construction projects	Basheer, M., Elghaish, F., Brooks, T., Rahimian, F. P., & Park, C (2024)	Gestión de materiales Blockchain	Evaluar una metodología de gestión de proyectos	<p>Según se expresa en la investigación, los retrasos de los materiales perturban la programación y planificación de las actividades de la obra, lo que conduce a una toma de decisiones subóptima e inclusive a disputas legales entre las partes interesadas del proyecto. Se ha propuesto la adopción de la tecnología Blockchain para hacer frente a estos retos, impulsada por sus capacidades inherentes. En primer lugar, Blockchain aumenta la transparencia entre las partes interesadas del proyecto, permitiendo el acceso en tiempo real a la información sobre el estado de los materiales a todas las partes pertinentes.</p>
6	Application of project management tool in construction for Planning, Scheduling and Optimization	Shah, P., & Chandragade, A. A. (2023)	PMI	Analizar una metodología de gestión constructiva	<p>El objetivo de este estudio es determinar el impacto de los defectos típicos de la construcción y los errores de programación en los excesos de tiempo y gastos de la construcción. En el presente trabajo, la programación y estimación del edificio G + 11 en Pune, Maharashtra, se ha realizado con el software de planificación de proyectos disponible (Microsoft Project (MSP2010) y Wrike). Microsoft Project (MSP) y el software Wrike se promocionan como excelentes herramientas de gestión de proyectos. MSP es una técnica para reducir los excesos de tiempo y gastos mediante una planificación y programación adecuadas. Wrike se utiliza para planificar y organizar el proyecto de construcción. La aplicación de estos programas de planificación no sólo permite reducir los costes de construcción, sino también su duración.</p>

7	Capitalising knowledge management (KM) for improving project delivery in construction	Yap, J. B. H., Lim, B. L., & Skitmore, M. (2022)	KM	Analizar una metodología de gestión constructiva	Este estudio evaluó la utilidad de las prácticas de KM y las herramientas y técnicas que facilitan la KM utilizadas por las organizaciones basadas en la construcción. Basándose en una encuesta de campo de Malasia, la importancia percibida de las variables se priorizó utilizando la técnica del índice de importancia relativa (RII). Se utilizaron pruebas de correlación de rangos de Spearman para evaluar el grado de acuerdo entre los grupos de encuestados. Luego, un análisis factorial reveló cinco dimensiones subyacentes principales de los beneficios de la gestión del conocimiento para la ejecución de proyectos. Las técnicas convencionales se consideran más efectivas que las herramientas basadas en TI para aplicaciones de construcción. También se analizó la asociación entre beneficios y herramientas y técnicas. Este documento contribuye significativamente al valor de KM para mejorar la ejecución de proyectos de construcción.
8	A conceptual hybrid project management model for construction projects	Lalmi, A., Fernandes, G., & Souad, S. B. (2021)	Agile y Tradicional	Proponer una metodología de gestión de proyectos	El objetivo de este documento es proporcionar un enfoque híbrido de gestión de proyectos que no sólo se base en enfoques tradicionales de gestión de proyectos, sino también en enfoques ágiles y eficientes, y que busque promover el cambio, impulsar la interacción con el cliente y aumentar el valor del proyecto, mediante el uso del componente de enfoque ágil para aumentar la probabilidad de éxito de los proyectos de construcción; y eliminar el desperdicio incorporando el componente del enfoque lean.

9	Monitoring and controlling engineering projects with blockchain-based critical chain project management	Bahnas, N., Adel, K., Khallaf, R., & Elhakeem, A. (2024)	CCPM	Analizar una metodología de gestión constructiva	<p>Este documento se centra en el monitoreo y la gestión del buffer en los cronogramas de Gestión de Proyectos de Cadena Crítica (CCPM), integrando la tecnología blockchain para mejorar la estabilidad y el rendimiento del proyecto. Introduce un marco para implementar el monitoreo del buffer CCPM basado en blockchain mientras se utiliza la metodología Design Science Research a través de seis etapas de investigación: identificación de problemas, revisión de literatura, lluvia de ideas, diseño de sistemas, pruebas y evaluación. La evaluación incluye análisis de regresión y una encuesta de cuestionario para evaluar el sistema prototipo. Los hallazgos enfatizan el potencial de blockchain para actualizaciones en tiempo real, detección temprana de riesgos y colaboración mejorada, lo que beneficia a las partes interesadas del proyecto.</p>
10	Application of Critical Chain Management in Construction Projects Schedules in a Multi-Project Environment: A Case Study	Arazzkiewicz, K. (2017)	CCPM	Analizar una metodología de gestión constructiva	<p>El objetivo de este artículo es presentar los resultados de un análisis comparativo de la aplicación de la gestión de proyectos de la cadena crítica y la programación tradicional establecida según el método de la ruta crítica para el programa de construcción de varios puertos deportivos en el noroeste de Polonia. Los resultados obtenidos son de gran importancia ya que su posible aplicación por parte de contratistas o inversores. Además, podrían ser útiles para futuras investigaciones relacionadas con la gestión eficaz de un conjunto de proyectos.</p>

11	Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management	Abdul, W. N. F. A. W., Ujang, U., & Majid, Z. (2023)	BIM y GIS	Analizar una metodología de gestión constructiva	El modelado de información de construcción (BIM) es una de las tecnologías que se pueden utilizar para gestionar la complejidad de la documentación de construcción. BIM proporciona una visualización digital de estructuras de edificios en tres dimensiones (3D) y almacena todos los datos geométricos y semánticos, como elementos de construcción, propiedades de materiales, detalles de construcción y cronogramas, pero carece de funciones como análisis geoespaciales. El Sistema de Información Geográfica (SIG) se puede aplicar en proyectos de construcción para superar la limitación porque el SIG puede ofrecer ventajas en el diseño de rutas, estimación de costos, diseño del sitio, diseño de materiales y planificación de la construcción.
12	Diagnóstico sobre la aplicación de metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción en Colombia	Monroy Pataria, (2022)	Agile	Analizar una metodología de gestión constructiva	El presente trabajo tiene como objetivo describir cómo los proyectos de construcción pueden beneficiarse del uso de métodos ágiles, como una herramienta para la gestión de los proyectos de construcción. En la medida que avanza el tiempo, la manera de gestionar los proyectos evoluciona, así como la forma en la que se gestionan los proyectos de diferentes empresas, como también en el sector de la construcción. El presente trabajo pretende describir como los proyectos de construcción podrían verse beneficiados con el uso de metodologías ágiles, como una herramienta para la gestión de los proyectos de construcción.
13	Integrating BIM with Lean Construction approach: Functional	Schimanski, Pradhan, Chaltsev, Monizza, & Matt (2021).	BIM y Lean Construction	Analizar una metodología de gestión constructiva	En el artículo se analiza el sistema de gestión denominado "BeaM", el cual describe una aplicación integrada en BIM de los métodos Lean Construction, concretamente, se integra una variante avanzada del sistema Last Planner con información BIM a nivel de procesamiento de datos,

	requirements and production management software				adicional a ello, se presenta un prototipo y los requisitos subyacentes, la investigación se centra en la utilidad práctica del mencionado prototipo, presentando resultados de las demostraciones y las entrevistas a expertos referente a esta variante de la metodologías de gestión.
14	BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management	Heigermoser, D., de Soto, B. G., Abbott, E. L. S., & Chua, D. K. H. (2019)	BIM y LPS	Analizar una metodología de gestión constructiva	Actualmente, la industria AEC está experimentando cambios importantes, impulsados principalmente por la implementación del Modelado de Información de Construcción (BIM) y la integración de nuevas tecnologías. Al combinarlos con los principios Lean, existe el potencial de mejorar la productividad y la eficiencia de los proyectos de construcción.
15	Potential features of building information modeling (BIM) for application of project management knowledge areas in the construction industry	Raza, M. S., Tayeh, B. A., Aisheh, Y. I. A., & Maglad, A. M. (2023)	BIM y PMKA	Analizar una metodología de gestión constructiva	Este estudio se centró en la identificación y evaluación de los factores necesarios para medir el alcance de la aplicación de PMKA. Posteriormente, se identificaron a partir de la literatura características notables de BIM que son útiles para mejorar las capacidades de los gerentes de proyectos (PM) en la aplicación de PMKA. Se encontraron un total de treinta y tres factores para medir el alcance de la aplicación de PMKA y sesenta y seis características de BIM útiles para mejorar las capacidades de los PM en la aplicación de PMKA.

5.1.2. Análisis de resultados

Dentro de los artículos seleccionados, se observan diferentes metodologías que sin lugar a dudas se encuentran a la vanguardia pese al tiempo que llevan en uso, y otras que hasta ahora se empiezan a implementar a modo de prueba en algunos proyectos y cuyo objetivo es determinar si es suficiente para proporcionar herramientas adecuadas para gestionar los proyectos obteniendo los mejores resultados. En la Tabla 5, se presenta cada una de las metodologías presentadas en la literatura como adecuadas y que han significado éxitos en algún aspecto de la gestión de los proyectos de tipo constructivo para cada uno de los artículos analizados.

Tabla 5. Características de las metodologías de gestión

No.	Metodología de gestión	DR	IO	MIP	AP	AC	DT	AVG	AVS	DC	DP	OFC	DI	SAC	SAP	SAM	EPL	DCS	DR	
1, 3	BIM	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X			X	
2,4,13	BIM y Lean Construction	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	
5	Gestiónde materiales Blockchain		X	X	X	X	X			X	X				X	X				
6	PMI		X		X	X	X	X			X	X							X	
7	KM	X		X	X	X	X	X		X	X								X	X
8	Agile y Tradicional			X	X		X	X	X		X								X	
9,10	CCPM		X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X			X	X
11	BIM y GIS	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X				X	
12	Agile		X	X	X	X	X				X				X	X			X	
14	BIM y LPS	X	X	X	X	X	X		X		X			X	X	X			X	
15	BIM y PMKA		X	X		X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	

DR: Diminución de retrabajos **IO:** Información organizada del proyecto. **MIP:** Mayor integración del proyecto. **AP:** Aumento de productividad. **AC:** Aumento de colaboración. **DT:** Disminución de tiempo de ejecución. **AVG:** Aumento del valor generado/entregado. **AVS:** Aumento de visualización. **DC:** Disminución de conflictos. **DP:** Disminución de pérdidas. **OFC:** Optimización y flujo continuo de cuadrillas de trabajo. **DI:** Detección de incongruencias. **SAC:** Simplificación de actividades de control. **SAP:** Simplificación de actividades de planeación. **SAM:** Simplificación de actividades de monitoreo. **EPL:** Evita problemas legales. **DCS:** Disminución de costos de construcción. **DR:** Disminución de riesgos.

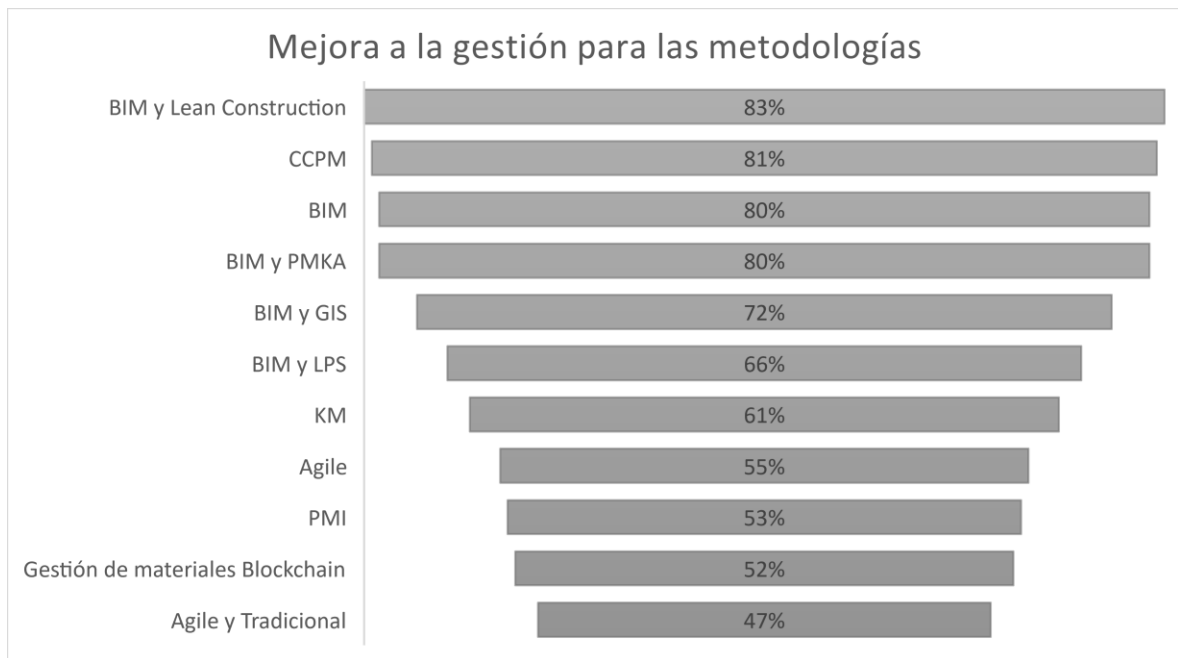
Revisados los factores susceptibles de cambio con la aplicación de las metodologías de gestión, se propone la asignación de un valor numérico de entre 1 y 5, para determinar el peso que este tiene respecto a la gestión del proyecto, de acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 6. Valores para cada factor de las herramientas de gestión

	Variable	Valor
DR	Disminución de retrabajos	1
IO	Información organizada del proyecto	2
MIP	Mayor integración del proyecto	2
AP	Aumento de productividad	5
AC	Aumento de colaboración	3
DT	Disminución de tiempo de ejecución	5
AVG	Aumento del valor generado/entregado	5
AVS	Aumento de visualización	3
DC	Disminución de conflictos	3
DP	Disminución de pérdidas	5
OFC	Optimización y flujo continuo de cuadrillas de trabajo	4
DI	Detección de incongruencias	3
SAC	Simplificación de actividades de control	3
SAP	Simplificación de actividades de planeación	4
SAM	Simplificación de actividades de monitoreo	4
EPL	Evita problemas legales	2
DCS	Disminución de costos de construcción	5
DR	Disminución de riesgos	5

Con lo anterior, se realiza un análisis de las metodologías con cada una de las variables obteniéndose que las de mayores consecuencias positivas a la gestión son aquellas metodologías que incluyen BIM alternado con otras metodologías, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Mejora a la gestión para cada metodología



De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la metodología que mejores beneficios ha presentado y de la cual se han realizado múltiples investigaciones para verificar su desempeño es la BIM combinada con Lean Construction, dos metodologías que en conjunto proporcionan una base adecuada, recopilando la información y permitiendo su disponibilidad y ajuste fácil y rápido, mientras potencia sus propiedades de construcción sin pérdidas ajustando los procesos para garantizar una productividad y eficiencia en la ejecución de la construcción.

5.2. Propuesta

Se realiza el estudio enmarcado territorialmente en la localidad de Bucaramanga (Colombia), considerada la quinta ciudad más importante de Colombia, para el año 2023 se registran 625,114 habitantes (DANE, 2021), por ser capital del departamento de Santander cuenta con gran desarrollo social, cultural y económico, se encuentra ubicada cerca a otras municipalidades como Floridablanca, Girón y Piedecuesta, que conforman el área metropolitana.

Según lo mencionado por la Cámara de Comercio de Bucaramanga (2021), el sector de la construcción muestra buenos resultados, puesto mostró reactivación económica dada su articulación estratégica con otros sectores y su capacidad para generar empleo directo e indirecto. Solo en el área metropolitana de Bucaramanga, las ventas de vivienda nueva alcanzaron las 4,418 unidades, correspondiente al 70% más que el primer periodo de 2020, la cifra actual se traduce en alrededor de \$855 mil millones de pesos en los primeros seis meses del 2021.

Se propone entonces la implementación de una combinación entre la metodología BIM junto con la metodología Lean Construction, para mejorar la productividad del sector constructivo y reducir riesgos y pérdidas, de la siguiente manera:

De acuerdo con Martínez, Del Toro y Monelongo (2019), el desarrollo de una actividad de obra debe segmentarse así:

- **Trabajo Productivo (TP):** Es el que incide de forma directa en la producción, ejemplo la elaboración de muros, enjarres o el vaciado de dalas o castillos.
- **Trabajo Contributivo (TC):** Se refiere al trabajo de apoyo al productivo. ejemplos son recibir indicaciones, leer planos, retirar cimbras, limpiar el área de trabajo, etc.
- **Trabajo No Contributivo (TNC):** Es cualquier actividad que no corresponda a las anteriores, por ejemplo: movimientos sin sentido, esperar al término de otro trabajo, fumar, etc.

Para determinar las horas de trabajo óptimas según LC, se monitorearon parámetros de trabajo en varios proyectos, donde combinando sistemas de mejora de la productividad, se alcanzaron tanto valores aceptables como valores de referencia (Saldias, 2010), los cuales son:

- Trabajo Productivo (TP): 60%
- Trabajo Contributivo (TC): 25%
- Trabajo No Contributivo (TNC): 15%

Observando las tablas de balance en cada actividad realizada para el análisis del caso observado, se pudo obtener el TP, TC y TNC de cada objeto observado, lo que permitió conocer el grado de productividad del proceso constructivo. Posteriormente, y con la definición de trabajo productivo, trabajo contribuyente y trabajo no intensivo, se inicia la aplicación de la metodología del modelo de datos, un modelo tridimensional que controla todo el material utilizado.

El siguiente software requerido es "Microsoft Project Pro 2010" para crear un diagrama de Gantt. Con base en la información obtenida de los balances y los resultados de trabajo del equipo obtenidos de ellos, se elaboró un nuevo cronograma de trabajo. Finalmente se utilizó el software "Naviswork", donde se desarrolló un estudio 4D correspondiente a un análisis temporal. Una vez creado el modelo 3D con la información necesaria para implementar el edificio residencial, exporte el modelo a un nuevo software llamado "Naviswork" que es compatible con Revit porque proviene de la misma empresa que Autodesk. y realizar un análisis BIM 4D que refleje el tiempo de trabajo.

En este programa, cada elemento debía clasificarse en el árbol de selección, cada concepto se movía a un nuevo conjunto. Todas las características consideradas son las que se construirán. Así es como se pueden planificar. Una vez finalizado el árbol de opciones y cada "kit", la programación de los elementos construibles se transfirió a un nuevo programa llamado "Microsoft Project 2010". El cual permite generar un cronograma de trabajo optimizado utilizando un diagrama de Gantt.

Después de completar y borrar el cronograma de trabajo en el diagrama de Gantt de Microsoft Project Pro 2010, los datos se importaron al software "Naviswork", después de lo cual se pudo ver el nuevo cronograma de construcción cargándose en la ventana "TimeLiner". Se podría producir una simulación 4D a partir del modelo original de Revit 2018, además de presentar un nuevo cronograma en la ventana TimeLiner y analizar cuidadosamente la fecha de cada tarea realizada en el proceso de construcción.

El aumento de la productividad de la construcción combina conocimientos científicos y experiencia (Dozzi y Abourizk, 1993). El Lean Construction Institute (ILC) ofrece una filosofía (Montilla, 2018) que se centra en una metodología dirigida a la gestión de la producción de edificios, cuya tarea principal es la minimización de actividades que no crean valor (es decir, pérdidas). Realizar el mencionado sistema constructivo delgado que minimiza las pérdidas, para lo cual se utilizan herramientas especiales utilizadas en el proceso de desarrollo de la obra (Kommerlmg,2019). LC se refiere a BIM, una tecnología que introduce una evolución respecto a las herramientas CAD tradicionales en la creación de diseño arquitectónico, permitiendo la inclusión de cierta información de una base de datos en vistas volumétricas de las características materiales del edificio. y produce imágenes renderizadas en 3D al principio del proyecto, lo que garantiza actualizaciones globales continuas e inmediatas de los cambios parciales en los datos de construcción.

5.3. Discusión

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la productividad de los proyectos de construcción hace parte de un sistema en el cual los recursos deben equilibrarse para obtener el éxito, así mismo, en el análisis de la literatura existente, se evidencia que los factores a tener en cuenta para determinar la viabilidad de las metodologías de gestión van ligados a los recursos, su disponibilidad y su gestión, es la base que permite incrementar o no la productividad.

Respecto al mejoramiento de la productividad en la construcción se observa que se sigue una metodología similar en los estudios analizados, se trata de realizar una medición, evaluación y

comparación que permita determinar la efectividad de la metodología, mediante los factores que se asocian con la implementación de planes, y al identificar una metodología efectiva como la BIM, se convierte en una estrategia circular, en la cual se van desarrollando planes de mejoramiento para corregir las fallas de la aplicación anterior (Botero y Álvarez, 2004) e incluso, como se plantea en la propuesta, se propone combinar varias metodologías de gestión como alternativa para obtener los mayores beneficios posibles.

Para futuros trabajos se recomienda el estudio de casos implementando la metodología BIM con otras opciones de gestión de proyectos, como herramientas que potencian la habilidad de planificación y productividad. Por su parte LC con sus principios de reducción de tiempos, selección de conceptos, trabajo en equipo, garantizando el flujo de los requisitos y la verificaciones para generar valor, lo que permitiría tomar mejores decisiones, conociendo las capacidades del personal, el nivel de tecnología, y la adaptabilidad a las metodologías nuevas en la construcción; mientras que BIM se compone de un recurso de conocimiento compartido que mediante la participación activa de las diferentes partes interesadas y en las diferentes fases del ciclo del proyecto, permite actualizar y/o modificar los requerimientos de forma integral y colaborativa sin presentar mayores demora e inconvenientes para los plazos y recursos involucrados (Mreno y Bayona,2023). Ambas metodologías se complementan y permiten un mejor funcionamiento y ejecución del proyecto, sin embargo, se requiere investigar más al respecto, implementando nuevas herramientas de la gestión LC con la metodología BIM.

6. CONCLUSIONES

Entre las metodologías de gestión de proyectos constructivos, se menciona la PMI, aplicable no solo a los proyectos constructivos, sino a los proyectos en general, la metodología permite la captación y procesamiento de la información necesaria para entregar bases sólidas para la gestión de proyectos (Pinzón y Remolina, 2017), sin embargo, las áreas de conocimiento se deben adaptar a las políticas de la empresa, tales como las políticas de control y plan de calidad y la legislación que le aplique al proyecto. Finalmente, de acuerdo a los procesos descritos en el PMBOK (PMI, 2000), se reconoce como una metodología versátil que permite su implementación en proyectos constructivos.

Se revisan las metodologías de tipo Agile (Lalmi et al, 2021), encontrándose que el uso de estos enfoques pudiera aumentar las posibilidades de éxito de los proyectos al reducir los costos, acortar los cronogramas de proyecto, optimizar los resultados, eliminar el desperdicio y aumentar la satisfacción del cliente. Estos modelos se han aplicado y experimentado en una menor proporción, aunque es un modelo general, es posible aplicar otras varias prácticas para desarrollarlo explorando diferentes prácticas de diseño y herramientas Lean en ejecución, así como implementación de entrega integrada de productos (IPD) en el ciclo de vida del proyecto y la explotación de herramientas técnicas de agilidad colaborativa, manteniendo mejores prácticas que el enfoque tradicional, sin embargo, se resalta que la gestión de estos proyectos depende en gran medida de la adopción de una mentalidad ágil que permita maximizar los resultados y la productividad.

De acuerdo con los datos seleccionados, puede verse que la gestión de proyectos de tipo constructivo se ha centrado en metodologías como BIM, la cual se presenta como alternativa a la metodología tradicional CAD, y que brinda una mejor visualización de proyectos, facilita el intercambio y actualización de información y mejora la comunicación y colaboración. El software Revit permite dotar un plano de mucha más información traduciéndose en una mejora para la metodología CAD. De acuerdo con Acuña et. al (2023), en su caso de estudio se detectó que, a mayor monto del proyecto, mayor es el ahorro al aplicar la metodología BIM, puesto que esta metodología facilita la localización de las interferencias y permite beneficios en la rentabilidad y calidad del producto construido.

Se presentan también metodologías que combinan los procedimientos descritos en BIM con otros tipos de gestión como Project Management Knowledge Areas (PMKA), lo que permitiría mejorar las capacidades de los Project Managers (PM) concluyendo que el proceso de aplicación de todos los PMKA separando tres tareas principales: planificar, gestionar/desarrollar y supervisar/controlar. Además, el BIM contribuye en otros aspectos como la estimación de costos, tiempos, gestión de cronogramas y cálculos de materiales que permitirían reducir las amenazas de excesos de presupuesto y tiempo (Raza et. al (2023).

Por último, se menciona la simbiosis entre las metodologías BIM y Lean Construction, que de acuerdo con los autores (Uriza et al, 2023), es la más beneficiosa para el desarrollo de proyectos de tipo constructivo, permitiendo mejoras en la visualización mediante la modelación del proyecto, simulación constructiva 4D, detección de interferencias en el modelo y ajustes al diseño y planificación, generación de alternativas, colaboración entre los agentes implicados, transparencia en la información y

comunicación (Eldeep et al, 2022); con la integración de LC se permite una mejora en el flujo de trabajo, mejor calidad en el producto terminado, reducción de la carga de trabajo, generación de valor, ahorro de tiempos de ejecución, reducción de pérdidas derivadas de mala planeación y discrepancias en los diseños, disminución de retrabajos, permite mantener una única fuente de información del proyecto con un mayor integración, eliminación de pérdida y por consiguiente una mejora en la productividad.

Referencias Bibliográficas

Abadie R.; Raymond W.; Morgan A.; Caletka, T. (2013), Correcting the course of capital projects Plan ahead to avoid time and cost overruns down the road. Delaware: PWC network.

Abdul, W. N. F. A. W., Ujang, U., & Majid, Z. (2023, December). Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1274, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.

Acuña, L. A., Molina, R. I., Valdés, M. G., & Acevedo, S. A. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Tecnología en Marcha*, 36(3), 66-77.

Araszkiwicz, K. (2017). Application of critical chain management in construction projects schedules in a multi-project environment: A case study. *Procedia Engineering*, 182, 33-41.

Bahnas, N., Adel, K., Khallaf, R., & Elhakeem, A. (2024). Monitoring and controlling engineering projects with blockchain-based critical chain project management. *Automation in Construction*, 165, 105484.

Bamana, F., Lehoux, N., Cloutier, C. (2017). Just in Time in Construction: Description and Implementation Insights. Presentado en 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece. doi:10.24928/2017/0064.

- Brioso Lescano, X. M., Humero Martín, A. E. (2016). Un aspecto positivo derivado de la crisis inmobiliaria: Aplicación de los principios de la construcción sin pérdidas a través de la figura del lean Construction y su relación con el entorno BIM (Modelado de Información de Edificio). *Revista Aranzadi de Urbanismo y Edificación*, (36), 1-25
- Basheer, M., Elghaish, F., Brooks, T., Rahimian, F. P., & Park, C. (2024). Blockchain-based decentralised material management system for construction projects. *Journal of Building Engineering*, 82, 108263.
- Botero Botero, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción.
- Botero Planar, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista universidad EAFIT*, 40(136), 50-64.
- Botero Planar, L. F., Álvarez M. E. y Ramírez, C. A. (2007) "Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción", *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, nº 25, pp. 33-45.
- Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2021). El sector de la Construcción en Santander sigue mostrando buenos resultados durante su reactivación. Sección de Noticias.

<https://www.camaradirecta.com/noticias-cluster//el-sector-de-la-construccion-en-santander-sigue-mostrando-buenos-resultados-durante-su-reactivacion/>

Cárdenas-Jiménez, C., Zapata-Rozo, P., & Lozano-Ramírez, N. (2018). Integración de las metodologías Building Information Modeling 5D y Earned Value Management a través de una herramienta computacional. *Revista ingeniería de construcción*, 33(3), 263-278.

Chou J.; Chen H.; Hou C.; Lin, C. (2010), Visualized EVM system for assessing project performance. *Automation in Construction*, 596-607.

Congreso de Colombia. (1979), Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. 16 de julio de 1979. D.O. No. 35308.

Congreso de Colombia, (1993), Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. 28 de octubre de 1993. D.O. No. 41094.

Congreso de Colombia, (1997). Ley 400 de 1997. Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes. 19 de agosto de 1997. D.O. No. 43113.

Congreso de Colombia, (2012), Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. 24 de abril de 2012. D.O. No. 48411.

Congreso de Colombia, (2013), Ley 1680 de 2013. Por la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión, el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y de las comunicaciones. 20 de noviembre de 2013. D.O. No. 48980.

Czarnigow A. (2008), Earned value method as a tool for project control. Budownictwo i Architektura, 15-32.

DANE. (2023). Boletín Técnico Producto Interno Bruto (PIB) Boletín Técnico.

<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-PIB-IItrim2023.pdf>

DANE. (2021). La información del DANE en la toma de decisiones regionales: Bucaramanga – Santander.

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/210909-InfoDane-Bucaramanga-Santander.pdf>

Dozzi, S., Abourizk, S. (1993). Productivity in Construction. Canadá: NRC Construction. Recuperado de:

<http://web.mit.edu/parmstr/Public/NRCan/nrcc37001.pdf>

Eastman C.; Teicholz P.; Sacks, R.; Liston K. (2008), BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey: Jhon Wiley&Sons, Inc.

Eldeep, A. M., Farag, M. A., & Abd El-hafez, L. M. (2022). Using BIM as a lean management tool in construction processes—A case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101556.

Fernandez-Diaz, C. R. (2018). Delincuencia económica y nuevas tecnologías: los delitos contra la propiedad intelectual tras la reforma de 2015.

García-Peñalvo, F. J. (2022). Metodología para la revisión sistemática de literatura.

Garvin, D. (2009). *Competiendo en las Ocho Dimensiones de la Calidad (Competing on the Eighth Dimensions of Quality)*. Boston, Estados Unidos: Harvard Business Review Press.

Gordillo, V. (2014). *Evaluación de la gestión de proyectos en el sector construcción del Perú*. Perú: Editora Peruana.

Gosalves López, J., Murad Mateu, M., Cerdán Castillo, A., Fuentes Giner, B., Hayas López, R., López García, J., Zuñeda Ruiz P. P. (2016). *BIM en 8 puntos, Todo lo que necesitas conocer sobre BIM*. Documento de difusión. España: es.BIM. Recuperado de:
https://www.esbim.es/wpcontent/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf

Heigermoser, D., de Soto, B. G., Abbott, E. L. S., & Chua, D. K. H. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction*, 104, 246-254.

Hitt M.; Black S; Porter L. (2006), Administración. Mexico D.F: Pearson.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, (2004). Norma Técnica Colombiana
NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería

Isaza P.; Botero, F.; Vasquez H. (2015), Estado de la Practica BIM en Colombia. Sibragec Elagec, 1-9.

Kim S. (2009), Project success indicators focusing on residential projects: are schedule performance
index and cost performance ndex accurate measures in earned value? Canadian Journal of Civil
Engineering, 1700-1710.

Kömmerling. (2019). Principios Básicos de Lean Construction. Recuperado de:
<http://retokommerling.com/principios-basicos-lean-construction/>

Lalmi, A., Fernandes, G., & Souad, S. B. (2021). A conceptual hybrid project management model for
construction projects. Procedia Computer Science, 181, 921-930.

Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A
critical review and future directions. Automation in Construction, 83, 134-148.

Maia, L. C., Alves, A. C., Leão, C. P. (2013). Sustainable Work Environment with Lean Production in Textile and Clothing Industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 4 (3), 183-190.

Martínez, G. J. P. G., del Toro Botello, H. Y., & Montelongo, A. M. L. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 110-121.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10: Decreto 926 de marzo 19 de 2010.

Ministerio de Minas y Energía, (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015). Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. 26 de mayo de 2015.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

Monroy Pataria, E. D. (2022). Diagnóstico sobre la aplicación de metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción en Colombia.

Montilla Duque, A. (2018). Lean Construction: La Optimización en la Construcción. Revista Digital.

INESEM. España. Recuperado de: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/lean-construction/>

Moreno Cordova, R. A., & Bayona Isidro, J. E. (2023). Propuesta de plan de mejora de la interacción BIM y Lean Construction en un proyecto de edificación multifamiliar en la ciudad de lima, 2022.

Oussouboure, G., Delgado Victore, R. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. Revista de Arquitectura e Ingeniería. 11 (1), 1-11.

Pinzón Rincón, J. L., & Remolina Millan, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia. Prospectiva, 15(2), 51-59.

Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. España: Fundación Laboral de la Construcción. Recuperado de: <https://www.fundacionlaboral.org/uploads/documento/applications/arch5333ddd498d7a.pdf>

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión actual. Revista Avances Investigación en Ingeniería, 11 (1), 32-53. doi: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>

Raza, M. S., Tayeh, B. A., Aisheh, Y. I. A., & Maglad, A. M. (2023). Potential features of building information modeling (BIM) for application of project management knowledge areas in the construction industry. *Heliyon*, 9(9).

Rebolledo, Gustavo [en línea]. "Gestión, Calidad y Agregación de valor en información" [Chile]: Universidad de Chile. <<http://b3.bibliotecologia.cl/ar-gestion.htm>> [Consulta: 19 noviembre 2023].

Rodríguez Romero, E. E. (2018). *Filosofía Lean Construction Aplicada Teóricamente en un Proyecto de Construcción* (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Coahuila. México.

Saldías Silva, R. O. L. (2010). *Estimación De Los Beneficios de Realizar una Coordinación Digital de Proyectos con Tecnologías BIM* (Tesis de Licenciatura). Universidad de Chile. Chile.

Salvatierra Díaz, N. (2018). *Metodología del valor ganado para la planificación y control del costo y plazo en proyectos de construcción*.

Sarduy Domínguez, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista cubana de salud pública*, 33(3), 0-0.

Serpell B., A. (2002). *Administración de operaciones de construcción* (2da. ed. ed.). México: Alfaomega.

Schimanski, C. P., Pradhan, N. L., Chaltsev, D., Monizza, G. P., & Matt, D. T. (2021). Integrating BIM with Lean Construction approach: Functional requirements and production management software. *Automation in Construction*, 132, 103969.

Shah, P., & Chandragade, A. A. (2023). Application of project management tool in construction for Planning, Scheduling and Optimization. *Materials Today: Proceedings*, 77, 773-779.

Stevens M. (1986), Cost control: integrated cost/schedule performance. *Journal of Management in Engineering*, 157-164.

Thompson, Mónica. "Concepto de Proyecto". En Promonegocios, 2011.

<<http://www.promonegocios.net/proyecto/concepto-proyecto.html>> [Consulta: 18 noviembre 2023]

Tolosa, R. V., & Pabón, J. D. P. (2020). Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. *Interfaces*, 3(1).

Uriz, A. L., Sanz, C., & Sánchez, B. (2019). Aplicación de un modelo Lean-BIM para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación. *Informes de la Construcción*, 71(556), e313-e313.

Yap, J. B. H., Lim, B. L., & Skitmore, M. (2022). Capitalising knowledge management (KM) for improving project delivery in construction. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 101790.

Ordóñez, S. C., Ospino, B. Z., & Burbano, E. P. (2018). Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniare*, (25), 39-65.