

**INTERACCIÓN LEAN-BIM PARA EL DISEÑO DE METODOLOGÍA DE
GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN ETAPA DE
PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN.**

**LEAN-BIM INTERACTION FOR THE DESIGN OF CONSTRUCTION
PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGY IN THE PLANNING
AND EXECUTION PHASE.**

Miguel Angel Borda Zambrano
Ingeniero Civil
Estudiante
Bogotá, Colombia
Est.miguel.borda@unimilitar.edu.co

Artículo de Investigación

DIRECTOR
Ing. David Alejandro Rincón Castro, M.Sc.



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
NOVIEMBRE DE 2022**

INTERACCIÓN LEAN-BIM PARA EL DISEÑO DE METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN ETAPA DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN.

LEAN-BIM INTERACTION FOR THE DESIGN OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT METHODOLOGY IN THE PLANNING AND EXECUTION PHASE.

Miguel Angel Borda Zambrano
Ingeniero Civil, Ingeniero Residente
Estudiante Esp. Gerencia Integral de Proyectos
Bogotá, Colombia
Est.miguel.borda@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente artículo, pretende inicialmente mostrar la problemática en materia de productividad, rendimientos, sobrecostos en el sector construcción a nivel nacional con el fin de enmarcar en soluciones que puedan mejorar este aspecto y garantizar la excelencia en calidad, tiempo y costos en el sector de la construcción mediante la ejecución de cuatro fases en la presente investigación que constara de una revisión literaria para enmarcar la importancia de la metodología BIM y Lean, un diagnóstico mediante una encuesta de evaluación, establecer la relación entre Lean y BIM y establecer un paso a paso para finalmente concretar la interacción de Last Planner como herramienta de Lean Construction y BIM como herramienta de modelado para contribuir a la mejora de procesos de planificación y ejecución disminuyendo las interferencias, reprocesos, sobrecostos y retrasos.

Palabras clave: Lean Construction, BIM, ultimo planificador, planificación, ejecución.

ABSTRACT

This article initially intends to show the problems in terms of productivity, yields, cost overruns in the construction sector at a national level in order to frame ourselves in solutions that can improve this aspect and guarantee excellence in quality, time and costs in the construction sector. the construction through the execution of four phases in the present investigation that will consist of a literary review to frame the importance of the BIM and Lean methodology, a diagnosis through an evaluation survey, establish the relationship between Lean and BIM and establish a step by step to finally specify the interaction of Last Planner as a Lean Construction tool and BIM as a modeling tool to contribute to the improvement of planning and execution processes, reducing interferences, reprocessing, cost overruns and delays.

Keywords: Lean Construction, BIM, Autocad, Last planner system, pull plan, weekly plan, look ahead, stakeholders.

INTRODUCCION

El DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en el boletín técnico de Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción establece que Colombia en el primer trimestre del año 2022, El producto interno bruto (PIB)¹ a precios constantes aumento 8.5% con relación al año anterior en el mismo trimestre de evaluación. Esto denoto un crecimiento de 5.2% de valor agregado por parte del sector construcción (DANE, 2022).

Pese a ser un aspecto relevante dentro de la economía del país, la productividad en materia de construcción a nivel nacional se ha observado un patrón que tiende a la baja productividad. Entre los años 1995 y 2015 en un estudio realizado por CAMACOL se observó que la tasa de crecimiento anual de la productividad en el sector construcción, fue de apenas el 1.0%, en comparación con la industria de la manufactura que alcanza un 3.6% (CAMACOL & Cámara Colombiana de la Construcción, 2018).

El sector de la construcción en Colombia denota un gran pilar dentro de la economía, cultura, medio ambiente y la Sociedad, pero a lo largo del tiempo medios audiovisuales de información han transmitido una imagen negativa en materia de productividad en el sector constructor, dicha transmisión de información negativa se ha reflejado en la ejecución de proyectos como Hidro Ituango, Puente de Chirajara, el Túnel de la línea, entre muchas otras que afectan la productividad del sector construcción (Burgos Mateo, 2015).

El bajo rendimiento de los proyectos de construcción en el país tiene un alto grado de afectación en cuanto al crecimiento en materia de infraestructura pública y privada dentro del País, estas afectaciones pueden estar relacionadas a causa de la deficiencia en el intercambio

¹ El producto interno bruto (PIB) es el valor en mercado de los bienes y servicios que se producen mediante el uso de factores de producción encontrados al interior del país en un lapso de tiempo determinado (Banco de la república de Colombia, 2022).

de información técnica, el bajo uso de tecnologías emergentes y las defectuosas metodologías tradicionales para los procesos de construcción. (Burgos Mateo, 2015).

Es necesario sumergirse en las diferentes metodologías de gestión de proyectos y herramientas tecnológicas para eliminar malas prácticas que se generan por la errada toma de decisiones a través de la concepción, planeación y ejecución del proyecto. En este caso, la implementación de la Metodología BIM y la filosofía Lean Construction como herramientas de gestión de proyectos, han sido utilizados de manera independiente plasmando un enfoque clave para aumentar toda la productividad y eficiencia en el sector de la construcción.

Building Information Modeling o también conocido como BIM es una tecnología de modelado para producir, transmitir información, analizar e integrar todas las especialidades involucradas dentro de un proyecto de construcción. BIM se basa en herramientas tecnológicas como Revit², Navisworks entre otras que permiten plasmar un modelo en 3D con el fin de permitir su operación en tiempo real, disponiendo del proyecto en materia de alcance, cronograma, cantidades, especificaciones técnicas y demás características de un proceso constructivo, toda esta información de manera integrada y coordinada para evitar las interferencias o detectarlas en una etapa temprana del proyecto (Yate Humberto & Santos Kent, 2021). Por su parte, Lean Construction como sistema de gestión busca la creación de valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor al fin del proyecto, con el fin de alcanzar la mejora continua dentro de una organización. Lean mediante sus herramientas prácticas como el Last Planner System permitirá optimizar los recursos, mejorar la planificación y promoverá las mejores prácticas.

² Revit ayuda al equipo integrado de un proyecto de construcción a crear infraestructura de alta calidad modelando formas, sistemas y estructuras en 3D, permitiendo una recopilación de información en materia de planos, cortes, cantidades, secciones, otorgando información paramétrica, precisa y fácil de digerir (Autodesk, 2022).

Este documento plantea la manera en que Lean Construction con su herramienta Last Planner System (LPS) y Building Information Modeling BIM pueden enlazarse generando una metodología con el fin de automatizar y optimizar todos los flujos de procesos en la construcción en su etapa de planeación y ejecución (Eldeep et al., 2022).

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del presente artículo y con aras de dar cumplimiento al objetivo del mismo se plantean cuatro fases para el desarrollo de la investigación.

La primera fase es la revisión literaria en la cual se enfocará en aspectos claves de BIM³ y Lean Construction con el fin de contextualizar en el entorno de la investigación. Revisión que abarcara una búsqueda en artículos de investigación en bases virtuales reconocidas que permitirá encontrar y consultar los temas pertinentes a la importancia y oportunidades de la implementación de BIM y Lean Construction⁴, permitiendo llevar la investigación de una manera ordenada (Library, 2022).

La segunda fase estará centrada en determinar el diagnóstico del sector de la construcción. Este diagnóstico se llevará a cabo mediante una breve encuesta enfocada a un grupo de personas que tenga algún tipo de relación con el sector de la construcción, con el fin de determinar un diagnóstico más cercano de las problemáticas del sector. La encuesta se

³ La metodología BIM está enfocada a la modelación, creación y uso de la información virtual de manera integrada y coordinada de manera coherente en relación algún proyecto constructivo como en la etapa de diseño como en su ejecución. En resumen, BIM es el modelado de información para la construcción que permite la integración de todas las especialidades del proyecto en un modelo 3D inteligente que permite la coordinación, programación, simulación y visualización del proyecto en todas sus etapas. (Heigermoser et al., 2019). El Uso de BIM permite representar gráficamente mediante Software como Revit y Navisworks un modelo 3D que integra todas las especialidades del proyecto (Arquitectura, estructura, ingeniería eléctrica, ingeniería hidráulica, etc.), reduciendo las interferencias e incertidumbres en el manejo del proyecto. Permite realizar una aproximación real de la cantidad de materiales e insumos necesarios para la ejecución del proyecto. BIM propone unas etapas que integran el proceso de trabajo dentro de BIM (Schimanski et al., 2021).

⁴ Según Lean Construction Institute, Lean Construction es definido como una filosofía o un sistema de gestión enfocada hacia la correcta gerencia de la productividad en la construcción y su fin es reducir y mitigar las actividades que no generan valor al proyecto optimizando las actividades que si generan valor al mismo (Lean Construction Institute, 2022). Para esto, genera herramientas aplicables al proceso de planeación y ejecución de cualquier proyecto.

desarrollará mediante la plataforma AllCounted⁵, mediante la formulación de trece preguntas, en las cuales las primeras cuatro preguntas están enfocadas a la caracterización de las personas encuestadas mediante las siguientes preguntas: Nombre completo, edad y relación con el sector constructor. A partir de estas preguntas se pretende iniciar con la búsqueda de las principales problemáticas y necesidades del sector para determinar los puntos frágiles del mismo y adentrarse a un análisis exhaustivo del porque y como se va atacar estas problemáticas, esto gracias a la formulación de las siguientes nueve preguntas: ¿Considera que el sector de la construcción en Colombia cumple con las restricciones de costo, calidad y tiempo?, ¿Cuáles son los factores que considera ocasionan el incumplimiento de compromisos en la construcción?, ¿Ha escuchado o leído acerca de Lean Construction?, ¿Ha escuchado o leído acerca de BIM (Building Information Modeling)?, En dado caso que conozca alguna de las dos mencionadas anteriormente. En su empresa u organización, ¿Cuál de las dos han implementado o han sido implementadas de manera simultánea en algún proyecto de construcción?, ¿Cuál es su nivel de conocimiento en BIM?, ¿Cuál es su nivel de conocimiento en Lean Construction?, ¿Que tan importante es el uso de alguna de las metodologías mencionadas anteriormente en todas las etapas de construcción? La última pregunta será importante debido a que permitirá conocer el nivel de importante de la temática que el presente artículo esta abordado para contribuir al sector de la construcción.

A partir de los resultados obtenidos en la encuesta se procederá a entablar un análisis de los resultados obtenidos con el fin de cumplir con el objetivo de esta segunda fase, el cual es determinar el diagnóstico del sector construcción y sus necesidades.

⁵ AllCounted es una plataforma web que permite realizar sistemas de encuestas en la red totalmente gratis, sin restricciones, con facilidades de uso, practica y con herramientas de análisis (AllCounted, 2022).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos continuara la fase tres de la investigación la cual estará orientada a determinar la relación de BIM y Lean Construction para atacar las principales problemáticas encontradas en el sector constructor y demostrar la viabilidad de interactuar con estas dos herramientas para la gestión correcta de la planeación y ejecución de un proyecto de construcción mediante una relación directa de cada visión para determinar las interacciones que puedan presentarse entre Lean en materia de Last Planner System⁶ y BIM.

La cuarta fase entablara una metodología a seguir para implementar la correcta relación entre BIM y Lean Construction con su herramienta Last Planner System en los procesos de planeación y ejecución en los proyectos de construcción.

RESULTADOS Y DISCUSION

Revisión Literaria

Hoy día los recursos son limitados y requieren su optimización para un uso eficiente, por tal motivo las compañías se verán obligadas a acercarse a un enfoque que permita la innovación y mejora continua en todos los procesos de la compañía. Si no hay innovación el panorama para todas las constructoras es crítico, por tal razón, deben estar preparadas para afrontar cualquier vicisitud en la planeación y ejecución de los diferentes proyectos constructivos, con esta filosofía nace Lean Construction.

⁶ Last Planner System (LPS), es una de las herramientas más compartidas y utilizadas de la filosofía Lean. Este sistema permite integrar todos los participantes de un proyecto, administrar eficientemente las incertidumbres de un proyecto y la variabilidad que se pueda presentar en el mismo. Esto se logra integrando todos los involucrados en el proceso de planificación y programación efectuando planes de trabajo que puedan ser ejecutados con un alto índice de eficiencia y eficacia, permitiendo medir el desempeño y analizar los posibles errores cometidos en la planificación. El sistema tradicional de planificación genera muchas incertidumbres y no las controla y mitiga adecuadamente, generando un trabajo ejecutado con un bajo índice de calidad en cuanto el costo y tiempo. El sistema LPS permite controlar dichas variabilidades, desde la concepción de la actividad hasta el cierre de la misma (Fosse, 2016).

Dichas actividades que no generan valor son conocidas en Lean como desperdicios⁷. Estos desperdicios Lean Construction los clasifica en el sector construcción de la siguiente manera: Sobre producción, retrasos, exceso de transporte, desperdicio intelectual, sobre procesos, inventario y correcciones (Consultoría, 2022).

En una investigación realizada por Heigermoser manifiesta que para la implementación de Lean es necesario que la compañía este comprometida con una filosofía de mejora continua con el fin de garantizar el éxito de la implementación. Para que Lean funcione se requiere aplicar los principios de Lean concretamente a cada actividad del proyecto (Heigermoser et al., 2019). Según Koskela los principios propuestos por lean son los siguientes: Reducir o mitigar las actividades que no generan valor, incrementar el valor del producto final, reducir la variabilidad, reducir los tiempos de ciclo, simplificar procesos incrementar la flexibilización de los procesos, transparencia en los procesos, enfoque del control a todo el proyecto, mejoramiento continuo, balance de mejoramiento y referenciación. Por tal razón, Lean ofrece varias herramientas para ejercer su sistema dentro de las cuales se encuentra el Last Planner System o en español Sistema del último planificador. Para la industria de la construcción resulta más factible implementar herramientas tangibles y esta es una de ellas dentro de la filosofía Lean.

⁷ Los desperdicios en Lean son definidos como toda actividad que requiere recursos, pero no genera valor, errores que precisan reprocesos, producción innecesaria, sobrantes, etapas innecesarias trasiegos no necesarios, entre otros (Medina Gerardo, 2021).

Ilustración 2

Comparación sistema tradicional vs Last Planner System



Nota: Tomado de (Aranda, 2020)

Por lo tanto, este sistema plantea un modelo de planificación en cascada basado en una labor sistemática donde la planificación se ejecuta desde el nivel jerárquico más bajo de planificación hasta el más alto, con el fin de garantizar todos los pre requisitos que demanda la actividad o hito del proyecto. Todas las áreas del proyecto tiene tres clases: deben, pueden y se harán. Cada una de ellas muestra el nivel de planificación al cual pertenecen. El programa maestro indica lo que se debe ejecutar, el programa intermedio planea el trabajo y ejecuta la inspección de las restricciones y el plan semanal agenda las actividades que van a ejecutarse (Hoyos Restrepo & Botero Botero, 2021).

En una investigación realizada por la Universidad EAFIT de Colombia, se realizó una revisión literaria en cuanto al impacto mundial de la implementación de Last Planner, uno de los argumentos principales de este artículo es que la deficiencia en el ejercicio de la planeación se debe a la ausencia de instrucciones y a la no implementación de un proceso estandarizado. Para que la herramienta LPS represente gran relevancia en la organización es importante saber el que, el porqué, el cómo y el deseo de hacerlo (Hoyos Restrepo & Botero Botero, 2018). Esta misma filosofía es aplicable a BIM, para que la compañía implemente

estas practicas se necesita un liderazgo constante y que refleje motivación, positivismo y una figura de retroalimentación.

Los diferentes autores mencionados en el presente articulo concuerdan con que BIM y LPS se complementan entre sí, y funcionar de manera simultánea conducirá a mejorar el desempeño en cualquier tipo de proyecto constructivo (Hoyos Restrepo & Botero Botero, 2018).

Diagnostico sector construcción

Con el marco conceptual claro en cuanto a los lineamientos Lean y Funcionalidades BIM, inicia la fase dos en la que determinara el diagnóstico del sector construcción, iniciando con el análisis de los resultados obtenidos mediante la encuesta elaborada con un muestreo de cincuenta personas. Este muestro se realizo por conveniencia dando a entender que es una técnica no probabilística que permite crear muestras de acuerdo a la practicidad para el acceso, la disponibilidad de los encuestados para ser parte de la encuesta. Este tipo de muestro se realizo debido a que denota una gran rapidez para recopilar datos, y practicidad para obtener la información requerida.

El rango de edad de las personas encuestadas osciló entre los 23 a 49 años de edad, el 100% de los encuestados manifiesta tener relación con el sector de la construcción. Iniciando con las preguntas que permitirá evaluar el diagnostico se tiene:

¿Considera que el sector de la construcción en Colombia cumple con las restricciones de costo, calidad y tiempo?

Para la cual se obtuvo que el 89.47% de las personas manifestó que a veces se presentan cumplimientos en materia de Costo, Calidad y Tiempo. Esta respuesta representa la

baja productividad y la falta de constancia en los cumplimientos del cronograma, la deficiencia en los entregables y los sobrecostos en los procesos de ejecución de un proyecto.

¿Cuáles son los factores que considera ocasionan el incumplimiento de compromisos en la construcción?

En esta pregunta se observa que la mayoría de los encuestados está asociada a alguno de los factores planteados en la encuesta, dando fiabilidad de la información plasmada en la encuesta. Por otra parte, el 42.11% de las personas encuestadas expresa que el principal factor que ocasiona incumplimiento de los compromisos en la construcción es la mala planificación en la ejecución. Seguido de esta se tiene la Coordinación ineficiente de diseños con el 26,32%, otros factores como el alcance insuficiente del proyecto el seguimiento y control, condiciones climáticas y planos deficientes de diseño, oscilan entre un 5% a un 6%.

En cuanto a las preguntas de conocimiento de Lean y BIM se observó que en su mayoría las personas conocen acerca de estas dos herramientas, pero no manejan profesionalmente en su ámbito laboral o personal.

En cuanto al manejo de herramientas BIM y Lean en la organización, el 52.63% dice que usan BIM en sus organizaciones, el 42.11% no utiliza ninguna metodología en el ámbito laboral y el 5.3% utiliza Lean Construction en su organización. Mientras que ninguno de los encuestados manifestó el uso simultaneo de estas dos metodologías en su organización. Por lo cual, el presente artículo estará enmarcado en cómo el proceso de modelación BIM funciona como herramienta para lograr una optimización de procesos desde los lineamientos de lean con su herramienta Last Planner System, con el fin de lograr esta simultaneidad en los procesos de construcción.

En cuanto a la importancia del uso y recomendación de implementación de estas metodologías en las diferentes etapas de construcción, más del 80% de los encuestados concuerda con que es necesario e importante el uso de estas herramientas para los diferentes procesos de un proyecto de construcción.

Concluyendo el análisis de los datos obtenidos por la encuesta y entrando en el diagnóstico del sector, los principales factores que ocasionan incumplimientos tanto en materia de costos, calidad y tiempo son la pésima planeación en el proceso de ejecución y la coordinación deficiente de los diseños de detalle. La planeación para el proceso de ejecución enmarca un hito importante para el desarrollo del proyecto esto es debido a que permitirá tomar las decisiones adecuadas, generar planes de actividades o programaciones de obra, elaborar los planes de trabajo, definir el alcance del proyecto, planear la gestión de los costos, estimar el presupuesto entre otros hitos para la correcta planeación de un proyecto (PMI, 2017). Por otra parte, la coordinación de diseños tradicionalmente contemplaba metodologías de diseño CAD 2D que generaba interferencias entre los diferentes involucrados del proyecto de detalle, interferencias que pueden convertirse en riesgos como reprocesos, sobrecostos, retrasos entre otras problemáticas al interior de la obra, por esto es que la coordinación de diseños representa un plus de gran importancia para garantizar una correcta planeación, plus que se lograra con la implementación de BIM (BIMPSAS, 2020)

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente se puede inferir que la construcción aún está en proceso de actualización y de cambio, herramientas como Lean y BIM que ya llevan un gran tiempo en el sector, aun son ignoradas por los principales protagonistas de la gestión de proyectos ocasionando una importante tasa de improductividad en el sector y altos

porcentajes de desconfianza en materia de cumplimientos de costos, tiempos y calidad de los entregables en materia de obras de infraestructura.

Para lograr una sinergia entre Lean y BIM es necesario determinar las principales visiones de Lean y de BIM. Para determinar esta sinergia se basó en un análisis elaborado por Rafael Sacks y Lauri Koskela, investigación en la cual desarrollan una matriz de yuxtaposición entre las funcionalidades que posee BIM y la filosofía de Lean Construction. Investigación de la cual se dedujo que se encuentran entre 50 y 60 interacciones. Dentro de los principios Lean que más acorde van a BIM, está la reducción de la variabilidad de un producto o de un proceso y reducción en los tiempos de un ciclo del proceso productivo. De igual manera dentro de BIM se encuentran las siguientes funcionalidades: Evaluación visual a través de un modelo generado por software, examinación visual por parte de los stakeholders⁸ del proyecto de manera conjunta o individual para cada especialidad, generar un modelo 4D para el disfrute de todos los interesados y comunicación vía online de la información del proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior las principales relaciones que se enmarcan a partir de los principios y funcionalidades son:

1. Elaboración con un nivel de precisión alto para establecer los requerimientos del cliente final en materia de las diferentes áreas del proyecto.
2. La generación de un modelo virtual repercute en un mayor nivel de exigencia en materia de calidad, debido a que requiere un detalle preciso de cada especialidad del proyecto, con el fin de reducir los reprocesos en la ejecución.

⁸ Los stakeholders son todo grupo, persona u organización que afecta tanto de manera positiva como negativa algún aspecto del proyecto (PMI, 2017).

3. El acceso directo a la información permite reducir tiempos de espera en el flujo de información y mejora todos los canales de comunicación de los stakeholders del proyecto.
4. La simulación mediante un modelo 4D permitirá planificar y enmarcar un contexto realista para la correcta ejecución de los hitos del proyecto.
5. El metrado del proyecto e inventario de materiales necesarios contribuye al desarrollo eficiente del proceso de planificación y ejecución del proyecto, mitigando la incertidumbre en materia de cálculo de cantidades.
6. Los modelos generados permiten facilitar la comprensión del proyecto y permite aterrizar la planificación a un estado in situ para generar procesos confiables de ejecución.

Gracias a las relaciones entabladas se establecerá una interacción entre Last Planner System y BIM, tomando a BIM como un apoyo para la buena práctica del LPS o Last Planner System. LPS maneja 4 etapas para desarrollarse como se observa en la siguiente imagen.

Ilustración 4

Etapas Last Planner System

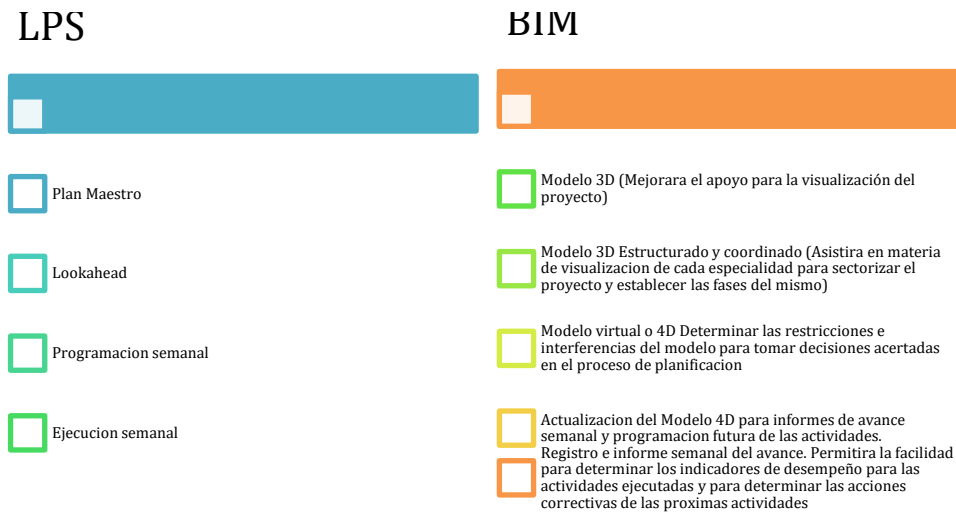


Nota: Elaboración propia

El objetivo de cada etapa se centra en lo siguiente: El Plan Maestro permitirá fijar los hitos del proyecto con sus duraciones, fases y posibles traslapes para cumplir los objetivos del mismo. El Lookahead es un plan mensual en el cual se transfieren las responsabilidades a cada área o especialidad del proyecto para establecer los compromisos y metas de dicho plan, identificar y eliminar restricciones, desgloses de tareas y el diseño del plan de ejecución. La programación semanal permitirá preparar y evaluar las actividades por ejecutar por medio de una reunión colaborativa con todas las partes involucradas para determinar las posibles interferencias y disminuir los desperdicios en la ejecución. Finalmente, para la ejecución semanal se detallan las mediciones correspondientes de desempeño mediante indicadores para evaluar la eficiencia del LPS, mediante el PPC (Porcentaje de trabajo completado), el TMR (Task Made Ready) y el TA (Task Anticipated), que permitirán medir la habilidad de los planificadores para eliminar restricciones y para anticiparse a las tareas sucesoras de otras actividades u otros hitos (Ballard, 2016). Teniendo presente lo anterior BIM servirá de herramienta para el LPS en cada una de sus etapas, cada etapa de la parte izquierda representa el sistema Last Planner System y a su costado derecho la herramienta o apoyo que otorgara la metodología BIM al desarrollo del LPS, con el fin de garantizar un flujo de información correcto y actualizado de manera continua a lo largo del proyecto.

Ilustración 5

Integración BIM - Lean



Nota: Elaboración propia, basado en (Orihuela et al. 2015)

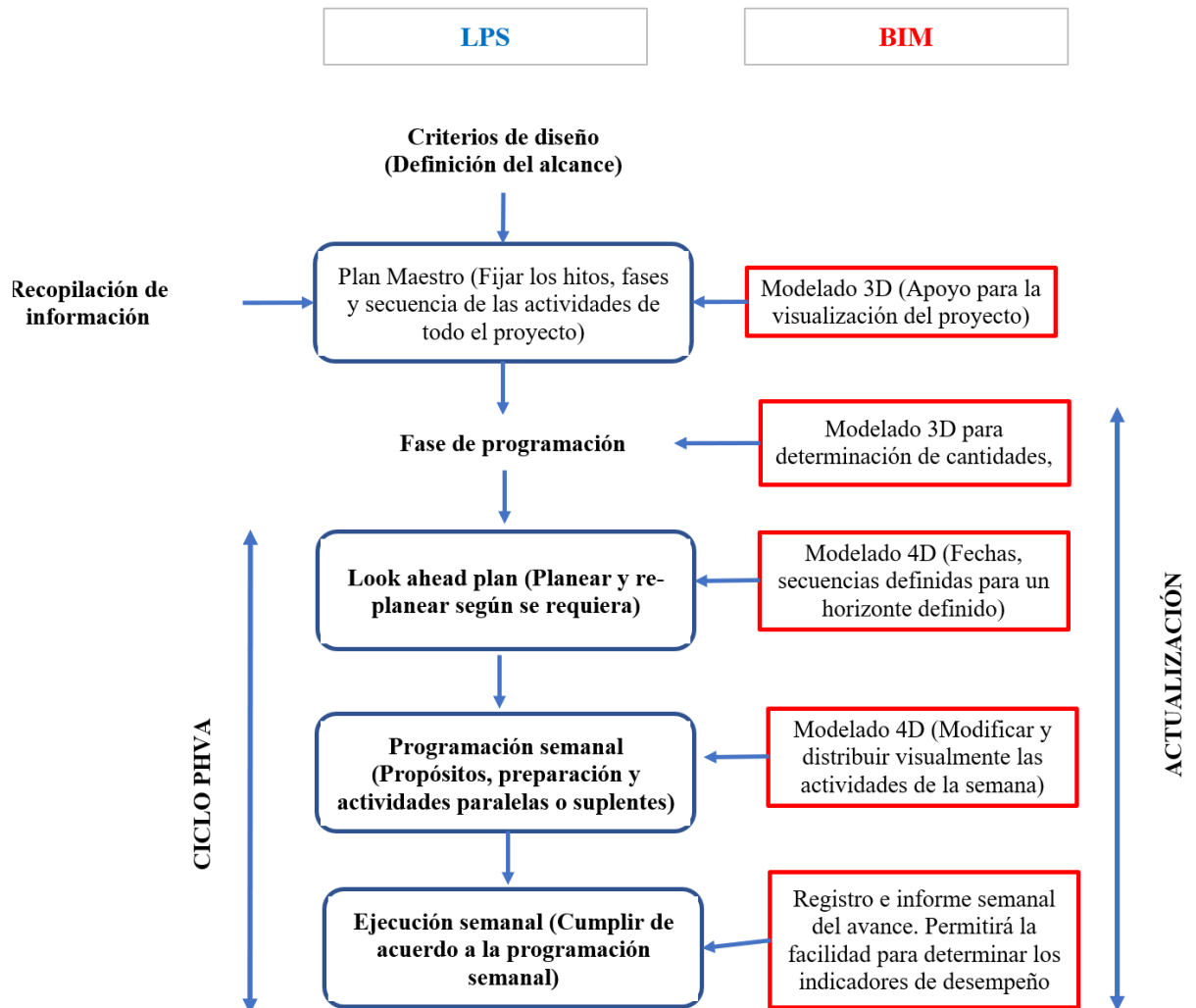
Para la ultima fase del proceso de investigación se determinó un diagrama de flujos de procesos de como interactúan estas dos practicas para el desarrollo correcto de una etapa de planeación y ejecución:

Este diagrama representa un proceso de trabajo colaborativo de diseño, planeación y ejecución de un proceso constructivo, mediante un modelo susceptible de parametrizar en tiempo real gracias a las tecnologías de la información. Por lo tanto, el Last planner system se muestra como un apoyo para la adopción de BIM y el uso de BIM ayuda a establecer la toma de decisiones en la planeación, semanal, o intermedia, porque suministrara toda la información necesaria con corte al día que se solicite.

De acuerdo a lo anterior, la complementación de ambas herramientas conducirá a un mejor desarrollo del proyecto entablándolo de la siguiente manera, llevando a cabo paralelamente un ciclo PHVA para garantizar el éxito del proyecto.

Ilustración 6

Integración BIM - Lean



Nota: Elaboración propia, basado en (Torres, 2020)

Para elaborar el plan maestro es necesario recopilar toda la información necesaria acerca del proyecto, BIM apoya de manera excelente para visualizar de manera general y a detalle todos los entregables del proyecto, pero para que cumpla su función de apoyo es de vital que sea un modelo con un nivel de detalle exigente considerando el proceso constructivo

y las especificaciones técnicas de cada uno de sus elementos para así sectorizar el proyecto o organizarlo por fases para llevar un control adecuado del mismo.

Para la fase de programación el modelo 3D permitirá cuantificar las cantidades de obra a ejecutar con el fin de enlistar todas las actividades constructivas respaldadas por un proceso constructivo riguroso y una coordinación efectiva por parte de todas las áreas del proyecto que permita filtrar información del modelo para entablar análisis útiles para la elaboración de la programación.

Para el Look ahead plan la integración de fechas y secuencias definidas en el modelo lo convertirá en un Modelo 4D, el cual permitirá ejecutar una simulación para un horizonte de ejecución de un mes. En esta integración es ideal que se encuentren los APUS o análisis de precios unitarios para entablar un correcto análisis de restricciones apoyado en el proyecto.

Todo el LPS se centra en la programación semanal, porque en esta fase del LPS se enlistan las actividades o tareas que ya pueden ejecutarse, para lo cual el modelo 4D permitirá la filtración de las actividades para controlarlas semanalmente para enfocar el cumplimiento de las mismas y llevar un informe de seguimiento y control con el fin de realizar las acciones correctivas para dirigir el proyecto a un proceso de constante mejora.

CONCLUSIONES

Los proyectos de construcción tradicional demandan micro actividades que generan conflicto en la implementación de LPS, pero al momento de generar la interacción con BIM genera un trabajo colaborativo permitiendo la involucración de todos los principales profesionales de cada área del proceso constructivo permitiendo reducir los desperdicios en materia de sobrecostos, atrasos, exceso de inventarios y reprocesos en cualquier proyecto de construcción.

La sinergia generada por estas dos herramientas, genera una proyección visual de todo un entorno constructivo proyectado o en tiempo real para facilitar las programaciones mediante LPS, la retroalimentación y la mejora continua apoyado en un modelo 4D que integra todos los medios visuales a detalle en compañía de las fases, fechas e hitos de cada uno de los entregables del proyecto.

La modelación 4D se validará de manera más exacta la línea del tiempo del proyecto, la secuenciación de las actividades constructivas porque genera la integración de un modelo visual 3D con un proceso constructivo, duraciones y fechas de los entregables. Esto permitió la posibilidad de diseñar planes de trabajo a nivel colaborativo.

Las dos herramientas proveen una práctica colaborativa, pero para que estas prácticas sean exitosas es necesario realizar una etapa previa de capacitación a todo el equipo del trabajo con el objetivo de familiarizar a todo el grupo para permitir una implementación más exitosa. Esto se logra a través de un liderazgo comprometido y positivista.

REFERENCIAS

- AllCounted. (2022). *AllCounted*. 2022 <https://www.allcounted.com/about>
- Aranda, D. (2020). *Implementación de Last Planner en Obra*. https://www.youtube.com/watch?v=RBNzNByEdms&ab_channel=GrupoICGUCV
- Autodesk. (2022). *Revit: software BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*. 2022 <https://www.autodesk.es/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Banco de la república de Colombia. (2022). *Productor Interno Bruto (PIB)*. 2022 <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/producto-interno-bruto-pib>
- BIMPSAS. (2020). *Coordinación BIM*. 2020 <https://www.bimpsas.com/coordinacion-bim/#:~:text=La%20coordinaci%C3%B3n%20BIM%20es%20uno%20de%20los%20usos,los%20dise%C3%B1os%20arquitecturonicos%2C%20estructurales%2C%20el%20A9ctrico%2C%20mec%C3%A1nico%20e%20hidrosanitario.>
- Burgos Mateo. (2015). *Análisis de las causas del incumplimiento de programación en las obras civiles*.
- CAMACOL, & Cámara Colombiana de la Construcción. (2018). *INFORME DE PRODUCTIVIDAD*
- Consultoría, S. R. L. (2022). *DC Consultoría S.R.L.* <https://www.dcconsultoria.net/que-hacemos/>
- DANE. (2022). *Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC)*. ().
Bogotá: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_Itrim22.pdf

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

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

Fosse, R. and Ballard, G. (2016). Lean Design Management with the Last Planner System”, 2-10. <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Fosse-and-Ballard-2016-Lean-Design-Management-in-Practice-With-the-Last-Planner-System.pdf>

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

Hoyos Restrepo, M. F., & Botero, L. F. (2021). Implementación del sistema del último planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio: Implementation of the last planner system in colombian construction sector: A case study. *Ingeniare: Revista Chilena De Ingeniería*, 29(4), 601.

IONOS. (2019). *DIGITAL GUIDE*
IONOS . <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/que-es-kanban/>

Lean Construction Institute. (2022). *Lean Construction*
Library. (2022). *La revisión de literatura*. 2022 <https://1library.co/article/la-revisi%C3%B3n-de-literatura-proyecto-de-investigaci%C3%B3n.qvj669lq>

Medina Gerardo, J. (2021). *LinkedIn* . <https://www.linkedin.com/pulse/el-concepto-de-desperdicio-muda-en-lean-construction-y-gerardo-medina>

PMI, P. M. I. (2017). : *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute (6th ed.)*. Project Management Institute, Inc.

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

SlideUpLift. (2022). *Rag Status*. <https://slideuplift.com/powerpoint-templates/rag-status-03/>

Torres, L. (2020). *Webinar - Efi-Ciencia Colaborativa es "Last Planner System , lo que asegura el éxito en BIM*. https://www.youtube.com/watch?v=4WvzHJt6Y2g&ab_channel=CONSULTORIABIMCOMGRAP

Virgolini Diego. (2019). *VISUAL MANAGEMENT PARA POTENCIAR EQUIPOS*. <https://www.linkedin.com/pulse/radiadores-de-informaci%C3%B3n-diego-virgolini/?originalSubdomain=es>

Yate Humberto, & Santos Kent. (2021). *Plan metodológico para la implementación BIM en proyectos de infraestructura de seguridad ciudadana desarrollados por la secretaria de gobierno en el municipio de Soacha Cundinamarca*.