UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL DIPLOMADO EN GERENCIA EN MODALIDAD BIM Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

INTEGRACIÓN LEAN CONSTRUCTION Y BIM PARA OPTIMIZAR PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN PUENTE RIO SECO-EL ALTO, LA PAZ

POSTULANTE:

JUAN PABLO VALLEJOS VILCAEZ

COBIJA - PANDO - BOLIVIA

2025

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN……...1

1. JUSTIFICACIÓN.....2

1.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 2

1.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....2

2. PROBLEMA A INVESTIGAR 3

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....3

2.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 3

2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.....4

2.4. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN 4

3. OBJETIVOS.....5

3.1. OBJETIVO GENERAL 5

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

4. SUSTENTO TEÓRICO, DEBATE Y REFLEXIÓN 6

4.1. GESTION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION.....6

4.2. PLANIFICACION Y CONTROL DE CRONOGRAMA 7

4.2.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA PLANIFICACION Y CONTROL DE CRONOGRAMA EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO 8

4.3. LEAN CONSTRUCTION.....10

4.3.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO 11

4.4. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) 13

4.4.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO 14

4.5. INTEGRACION LEAN CONSTRUCTION + BIM 16

4.5.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA INTEGRACIÓN LEAN CONSTRUCTION + BIM EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO 17

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21

5.1. CONCLUSIONES GENERALES 21

5.1.1. SÍNTESIS DEL MARCO TEÓRICO 21

5.2. RECOMENDACIONES 22

6. APORTE CIENTÍFICO Y SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN 23

6.1. APORTE CIENTIFICO 23

6.2. APORTE SOCIAL 24

7. BIBLIOGRAFÍA 26

RESUMEN

La presente monografía analiza la integración de las metodologías Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) como estrategia para optimizar los procesos constructivos del Puente Rio Seco, ubicado en la ciudad de El Alto, La Paz. Durante la ejecución del proyecto se identificó el incumplimiento de un hito verificable del cronograma contractual, evidenciando dificultades en la planificación, la coordinación y la detección temprana de restricciones. Ante esta problemática, el estudio describe los procesos constructivos actuales, identifica fuentes de retraso y evalúa herramientas Lean y BIM que permiten mejorar el flujo de trabajo, anticipar conflictos y fortalecer el control de hitos. Los resultados demuestran que la integración Lean + BIM contribuye a una gestión más eficiente, colaborativa y preventiva, reduciendo desperdicios y aumentando la capacidad de previsión en proyectos de infraestructura.

Palabras clave: Lean Construction, Building Information Modeling (BIM), Hitos Verificable.

ABSTRACT

This monograph analyzes the integration of Lean Construction and Building Information Modeling (BIM) as a strategy to optimize the construction processes of the Río Seco Bridge, located in El Alto, La Paz. During the execution of the project, non-compliance with a verifiable milestone within the contractual schedule was identified, revealing deficiencies in planning, coordination, and early detection of constraints. In response to this issue, the study describes the current construction processes, identifies sources of delays, and evaluates Lean and BIM tools that improve workflow, anticipate conflicts, and strengthen milestone control. The findings demonstrate that the integration of Lean and BIM contributes to more efficient, collaborative, and preventive project management, reducing waste and increasing foresight capabilities in infrastructure construction.

Keywords: Lean Construction, Building Information Modeling (BIM), Verifiable Milestones.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción enfrenta desafíos constantes relacionados con la eficiencia, la coordinación y el cumplimiento de plazos, especialmente en proyectos de infraestructura urbana como puentes. Estas obras requieren una planificación precisa y una gestión adecuada de recursos para asegurar el cumplimiento de hitos verificables establecidos en los cronogramas contractuales. Sin embargo, en el proyecto del Puente Río Seco, ubicado en la ciudad de El Alto, La Paz, se ha identificado el incumplimiento de uno de estos hitos, evidenciando limitaciones en la planificación, el control de actividades y la detección temprana de restricciones.

Esta situación demuestra la necesidad de incorporar metodologías modernas que permitan anticipar conflictos, optimizar el flujo de trabajo y mejorar la coordinación entre frentes de obra. En este sentido, la integración de Lean Construction, orientada a la reducción de desperdicios y la mejora continua, junto con Building Information Modeling (BIM), centrado en la digitalización y coordinación integral del proyecto, ofrece un enfoque complementario para fortalecer la gestión constructiva.

La presente monografía analiza cómo la integración de Lean Construction y BIM puede contribuir a optimizar los procesos constructivos del Puente Río Seco, mejorar el cumplimiento de hitos verificables y reducir retrasos. Para ello, se describen los procesos actuales de la obra, se identifican las principales deficiencias y se evalúan las herramientas que permitirían elevar la eficiencia operativa y la capacidad de previsión. El trabajo busca aportar una base técnica aplicable a futuros proyectos de infraestructura, promoviendo una gestión más eficiente y alineada con estándares contemporáneos de productividad en construcción.

1. JUSTIFICACIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación se fundamenta en dos corrientes conceptuales ampliamente reconocidas en la literatura internacional: Lean Construction y Building Information Modeling (BIM), ambas orientadas a mejorar el desempeño de los proyectos de construcción mediante la eficiencia, la reducción de desperdicios y la optimización de procesos. Lean Construction sustenta sus principios en la filosofía del Sistema de Producción Toyota, planteando la eliminación sistemática de actividades que no generan valor, la mejora continua y la planificación colaborativa como pilares para incrementar la productividad. Por su parte, BIM constituye una metodología digital basada en modelos tridimensionales que integran información geométrica, técnica y temporal del proyecto, permitiendo una coordinación precisa entre disciplinas, una mejor visualización y una detección anticipada de interferencias.

La literatura evidencia que la combinación de Lean y BIM genera sinergias que potencian la eficiencia constructiva, al complementar el análisis de procesos (Lean) con herramientas digitales de representación y gestión de información (BIM). Esta integración ha sido aplicada con éxito en proyectos internacionales, reduciendo retrasos, reprocesos y costos asociados a la mala planificación. Por ello, desde una perspectiva teórica, la investigación se justifica en la necesidad de analizar cómo ambas metodologías pueden aplicarse de manera conjunta en un proyecto de infraestructura vial en Bolivia, contribuyendo al desarrollo académico en gestión moderna de la construcción y ampliar el cuerpo de conocimientos sobre estas prácticas en contextos regionales.

1.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

Desde una perspectiva práctica, la construcción del Puente Río Seco requiere una planificación eficiente, una secuencia constructiva bien coordinada y un control adecuado de los recursos para evitar demoras, desperdicios y retrabajos que encarecen y ralentizan la ejecución. En proyectos viales, las dificultades relacionadas con la comunicación entre equipos, la identificación tardía de problemas técnicos y la falta de visualización clara del proceso constructivo son factores recurrentes que afectan el desempeño de la obra.

La aplicación conjunta de Lean Construction y BIM ofrece soluciones prácticas a estos desafíos: Lean permite optimizar los flujos de trabajo, reducir actividades innecesarias y mejorar la productividad en obra, mientras que BIM facilita la visualización 3D de las actividades, mejora la coordinación espacial y temporal, y apoya la toma de decisiones mediante modelos digitales precisos. Integrar estas metodologías en el Puente Río Seco permitirá comprender mejor los procesos constructivos, identificar puntos críticos, fortalecer la planificación y mejorar la gestión del cronograma.

Además, la investigación aporta valor práctico al proporcionar lineamientos aplicables a proyectos similares de infraestructura en el país, fomentando la adopción progresiva de tecnologías y metodologías modernas que incrementen la calidad y eficiencia de la construcción pública. Por tanto, esta monografía no solo contribuye al análisis académico, sino que ofrece herramientas concretas para mejorar la gestión de obras reales

2. PROBLEMA A INVESTIGAR

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Para comprender la problemática del proyecto del Puente Río Seco, es necesario considerar que la obra cuenta con hitos verificables que permiten medir el avance real respecto al cronograma contractual. Sin embargo, a la fecha se ha evidenciado que uno de estos hitos no podrá ser cumplido dentro del plazo establecido, generando un retraso que afecta el desarrollo de actividades subsecuentes. Este incumplimiento refleja deficiencias en la planificación, la gestión de recursos, la coordinación entre frentes de trabajo y la detección temprana de restricciones constructivas. La ausencia de herramientas modernas de simulación, análisis de flujo y control visual dificulta la capacidad de anticipar conflictos y optimizar el proceso constructivo. Esta situación afecta directamente el rendimiento global del proyecto y evidencia la necesidad de incorporar metodologías que permitan prever, corregir y evitar retrasos futuros.

2.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de El Alto, La Paz, durante la construcción del Puente Río Seco, se ha identificado el incumplimiento de un hito verificable que forma parte del cronograma contractual del proyecto. El problema se delimita específicamente a las deficiencias en la planificación y

gestión de actividades constructivas, la falta de detección temprana de restricciones y la insuficiente coordinación de procesos, factores que han derivado en un retraso significativo. El estudio se centrará únicamente en analizar estos aspectos dentro del proyecto Puente Río Seco, y en evaluar cómo la integración de Lean Construction y BIM puede contribuir a mejorar la eficiencia operativa y prevenir futuros incumplimientos de hitos.

2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

¿Cómo puede la integración de Lean Construction y BIM optimizar los procesos constructivos del Puente Río Seco para prever y reducir el incumplimiento de hitos verificables y evitar retrasos en la obra?

2.4. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

El objeto de estudio está constituido por los procesos constructivos del Puente Río Seco, analizados desde la perspectiva de su planificación, control, coordinación y flujo de actividades. Se enfocará en evaluar cómo la combinación de las metodologías Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) puede mejorar dichos procesos, aumentando la eficiencia y reduciendo retrasos derivados de la ausencia de herramientas de previsión y gestión integrada.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar como la integración de Lean Construction y BIM puede optimizar los procesos constructivos del Puente Rio Seco para prever, reducir y evitar el incumplimiento de hitos verificables, mejorando la eficiencia y coordinación de la obra.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los procesos constructivos actuales del Puente Río Seco, identificando actividades críticas, retrasos recurrentes y fuentes de desperdicio.

- Evaluar las principales herramientas y principios de Lean Construction que permiten mejorar el flujo de trabajo, gestionar restricciones y reducir desperdicios en obras viales.

- Determinar cómo la integración Lean + BIM puede anticipar retrasos, optimizar la planificación y fortalecer el control de hitos verificables en la construcción del puente.

4. SUSTENTO TEÓRICO, DEBATE Y REFLEXIÓN

4.1. GESTION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION

La gestión de proyectos de construcción se define como la aplicación sistemática de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para planificar, ejecutar, supervisar y controlar un proyecto constructivo, con el fin de cumplir los objetivos establecidos en términos de alcance, tiempo, costo y calidad. Este enfoque integra procesos técnicos y administrativos que permiten coordinar recursos humanos, materiales y financieros a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Project Management Institute [PMI], 2021).

En el ámbito de la ingeniería civil, la gestión de proyectos de construcción adquiere una relevancia particular debido a la complejidad de las obras, la interdependencia de actividades y la necesidad de controlar riesgos asociados a retrasos, sobrecostos y problemas técnicos. Según Kerzner (2017), una gestión eficaz permite mejorar la planificación, el control del cronograma y la toma de decisiones, reduciendo la incertidumbre propia de los proyectos de gran escala.

Asimismo, Oberlender (2014) señala que la gestión de proyectos de construcción no solo se limita al control del tiempo y el costo, sino que también abarca la coordinación entre los distintos actores del proyecto, el aseguramiento de la calidad y el cumplimiento de los hitos contractuales. En proyectos de infraestructura vial, como la construcción de puentes, una gestión adecuada resulta fundamental para garantizar la continuidad de las actividades y el cumplimiento de los plazos establecidos.

Desde una perspectiva contemporánea, la gestión de proyectos de construcción incorpora metodologías modernas orientadas a mejorar la eficiencia y la productividad, tales como Lean Construction y el uso de herramientas digitales como BIM. Estas metodologías fortalecen la planificación, la coordinación y el control del proyecto, contribuyendo a la reducción de retrasos y a una gestión más confiable del cronograma (Hendrickson & Au, 2008).

Tabla 1 Enfoques teóricos sobre la gestión de proyectos de construcción

Autor	Enfoque principal	Aporte teórico relevante	Aplicación en proyectos de infraestructura
PMI (2021)	Gestión integral por procesos	Define áreas de conocimiento para alcance, tiempo, costo y calidad	Permite estructurar la planificación y control del cronograma
Kerzner (2017)	Enfoque sistémico	Integra planificación, control y toma de decisiones estratégicas	Facilita la gestión de riesgos y actividades críticas
Oberlender (2014)	Gestión orientada a la ejecución	Destaca la coordinación entre actores y control de hitos	Relevante para obras de puentes con múltiples frentes de trabajo
Hendrickson y Au (2008)	Gestión basada en flujo de actividades	Analiza la interdependencia de procesos constructivos	Útil para reducir retrasos acumulativos

Fuente: Elaboración propia

4.2. PLANIFICACION Y CONTROL DE CRONOGRAMA

La planificación y el control del cronograma constituyen componentes fundamentales de la gestión de proyectos de construcción, ya que permiten organizar, secuenciar y supervisar las actividades necesarias para cumplir los objetivos del proyecto dentro del plazo establecido. La planificación del cronograma implica la identificación de actividades, la definición de su duración, la determinación de relaciones de precedencia y la asignación de recursos, con el propósito de establecer una secuencia lógica y realista de ejecución (Project Management Institute [PMI], 2021).

El control del cronograma, por su parte, comprende el seguimiento sistemático del avance de las actividades, la comparación entre el progreso real y lo planificado, y la implementación de acciones correctivas ante desviaciones detectadas. Según Kerzner (2017), un control efectivo

del cronograma permite identificar retrasos de manera temprana, evaluar su impacto en el proyecto y tomar decisiones oportunas para minimizar sus efectos sobre el plazo contractual.

En proyectos de construcción, especialmente en obras de infraestructura como puentes, la planificación y el control del cronograma adquieren mayor complejidad debido a la interdependencia de actividades, la variabilidad de las condiciones del entorno y la presencia de hitos verificables que condicionan el avance de la obra. Hendrickson y Au (2008) señalan que el incumplimiento de actividades críticas puede generar retrasos acumulativos, afectando el desempeño global del proyecto y provocando sobrecostos.

Asimismo, Oberlender (2014) indica que los métodos tradicionales de planificación, como el diagrama de Gantt y la ruta crítica (CPM), resultan herramientas esenciales, pero pueden presentar limitaciones cuando no se complementan con sistemas de control dinámicos y herramientas que permitan una mejor visualización y coordinación de las actividades. En este sentido, la incorporación de metodologías modernas y herramientas digitales contribuye a fortalecer la planificación y el control del cronograma, aumentando la confiabilidad del cumplimiento de plazos y hitos establecidos.

4.2.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA PLANIFICACION Y CONTROL DE CRONOGRAMA EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO

Desde el punto de vista técnico, el Puente Río Seco corresponde a una estructura de vigas postensadas, conformada por dos puentes paralelos (uno para cada sentido de circulación), con cinco pilas de una altura promedio de 18 metros y tramos de 30 metros de longitud, utilizando cinco vigas por puente. Si bien estas características definen una obra de alta complejidad estructural, el verdadero desafío no radica únicamente en su diseño, sino en la adecuada planificación y control de sus procesos constructivos.

En este contexto, se identificó que la actividad crítica del proyecto estuvo asociada a la ejecución de las fundaciones profundas, con pilotes de aproximadamente 12 metros de profundidad. Teóricamente, la planificación de un cronograma debe priorizar las actividades críticas, asignándoles recursos, tiempos y estrategias de control que permitan asegurar su cumplimiento, dado que cualquier desviación en estas repercute directamente en la duración

total del proyecto. Sin embargo, en el caso del Puente Río Seco, se evidenció una deficiente planificación por parte del contratista en la programación de esta actividad, lo que generó retrasos acumulativos que afectaron el cumplimiento del hito verificable correspondiente al 100% de ejecución de la infraestructura del puente.

Este hecho pone en debate la diferencia entre una planificación meramente secuencial y una planificación estratégica. No se trató únicamente de un error en la estimación de tiempos, sino de una falta de análisis integral de restricciones técnicas, logísticas y ambientales. La decisión de postergar la ejecución de los pilotes ubicados en el lecho del río para la última etapa, coincidiendo además con la temporada de lluvias, evidencia una ausencia de previsión de riesgos y una deficiente gestión de incertidumbres, elementos fundamentales en la teoría moderna de la planificación de proyectos.

Desde el enfoque del control de cronograma, este caso también revela una debilidad en los mecanismos de seguimiento y retroalimentación. El control no debe limitarse a la comparación entre lo planificado y lo ejecutado, sino que debe permitir ajustes oportunos, reprogramaciones y toma de decisiones preventivas. La falta de intervención temprana frente a los retrasos iniciales de los pilotes demuestra que el control aplicado fue reactivo y no preventivo, lo que amplificó los impactos negativos en las actividades posteriores.

En consecuencia, este escenario invita a reflexionar sobre la necesidad de adoptar enfoques de planificación más dinámicos, colaborativos y predictivos, donde las actividades críticas no solo sean identificadas, sino gestionadas activamente mediante herramientas que permitan anticipar restricciones, simular escenarios y evaluar alternativas de ejecución. La experiencia del Puente Río Seco evidencia que una planificación deficiente no solo afecta los plazos contractuales, sino que compromete la eficiencia global del proyecto, incrementa los riesgos operativos y limita la capacidad de respuesta frente a imprevistos.

Tabla 2 Planificación y Control del Cronograma

Herramienta	Descripción	Ventajas	Limitaciones en obras complejas
Diagrama de Gantt	Representación gráfica de actividades y tiempos	Fácil interpretación	Escasa capacidad predictiva
Método de Ruta Crítica (CPM)	Identificación de actividades críticas	Permite priorizar tareas clave	No gestiona restricciones reales
Cronograma contractual	Instrumento de control formal	Define hitos verificables	Suele ser rígido y reactivo
Control físico-financiero	Seguimiento del avance	Permite comparar plan vs. ejecución	No anticipa conflictos futuros

Fuente: Elaboración propia

4.3. LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction es una filosofía de gestión aplicada al sector de la construcción que tiene como objetivo principal maximizar el valor del proyecto y minimizar los desperdicios, mediante la mejora continua de los procesos constructivos. Esta metodología se basa en los principios del Sistema de Producción Toyota y adapta sus conceptos al entorno dinámico y variable de los proyectos de construcción (Koskela, 1992).

A diferencia de los enfoques tradicionales, que se centran únicamente en la transformación de insumos en productos, Lean Construction considera la construcción como un sistema de flujo, valor y transformación, enfatizando la eliminación de actividades que no agregan valor, la reducción de la variabilidad y la mejora del flujo de trabajo. Según Koskela (2000), la aplicación de Lean permite incrementar la confiabilidad de la planificación, mejorar la productividad y reducir retrasos en los proyectos.

Uno de los principios fundamentales de Lean Construction es la planificación colaborativa, en la cual participan activamente los responsables directos de la ejecución de las actividades. Ballard (2000) señala que herramientas como el Last Planner System (LPS) permiten mejorar

el cumplimiento del cronograma mediante la identificación y gestión temprana de restricciones, aumentando la confiabilidad del plan de trabajo.

En proyectos de infraestructura, como la construcción de puentes, Lean Construction contribuye a optimizar los procesos constructivos al mejorar la coordinación entre equipos, reducir reprocesos y facilitar la toma de decisiones oportunas. De acuerdo con Howell (1999), la aplicación de Lean en la construcción permite pasar de una planificación reactiva a una planificación predictiva, orientada a la prevención de retrasos y al cumplimiento de hitos verificables.

Tabla 3 Principios fundamentales de Lean Construction y su impacto en obra

Principio Lean	Descripción	Impacto esperado en el proyecto
Eliminación de desperdicios	Reducción de actividades sin valor	Disminución de reprocesos y tiempos muertos
Mejora continua	Evaluación y ajuste permanente	Incremento de productividad
Planificación colaborativa	Participación del personal de obra	Mayor confiabilidad del cronograma
Gestión de restricciones	Identificación previa de impedimentos	Prevención de retrasos
Flujo continuo	Estabilidad del sistema productivo	Reducción de variabilidad en la ejecución

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO

Desde la perspectiva de Lean Construction, la problemática evidenciada en la construcción del Puente Río Seco no debe interpretarse únicamente como un incumplimiento de plazos, sino como una manifestación de ineficiencias sistémicas en la gestión del proceso productivo. Lean plantea que una obra no es solo una secuencia de actividades, sino un sistema de producción en

el que el flujo de trabajo, la confiabilidad de la planificación y la eliminación de desperdicios son tan importantes como la ejecución técnica de cada tarea.

En este sentido, la ejecución de las fundaciones profundas, identificadas como la actividad crítica del proyecto, debió haber sido gestionada bajo un enfoque de flujo continuo y reducción de variabilidad. Sin embargo, el retraso acumulado en la actividad de pilotes revela que el proceso estuvo expuesto a interrupciones, esperas y reprocesos, los cuales constituyen desperdicios según los principios Lean. La falta de una planificación confiable impidió que las actividades posteriores se desarrollaran de manera estable, generando una cadena de ineficiencias que afectó el cumplimiento del hito verificable.

Un aspecto central del enfoque Lean es la gestión de restricciones antes de la ejecución de las actividades. En el caso del Puente Río Seco, la decisión de programar los pilotes del lecho del río en la etapa final y durante la temporada de lluvias evidencia que no se realizó un análisis anticipado de las condiciones del entorno, las interferencias técnicas y los riesgos climáticos. Desde Lean, este tipo de decisiones contradicen el principio de planificación proactiva, ya que se priorizó el orden cronológico de actividades sobre la confiabilidad de su ejecución.

Asimismo, Lean Construction promueve una planificación colaborativa, donde los equipos de obra participan activamente en la definición de secuencias, plazos y restricciones reales. La experiencia de este proyecto invita a reflexionar sobre si la planificación fue elaborada desde un enfoque top-down, sin incorporar el conocimiento operativo del personal de campo. Cuando esto ocurre, los cronogramas se convierten en instrumentos teóricos, desvinculados de la realidad productiva, lo que incrementa la probabilidad de incumplimientos.

Otro principio fundamental de Lean es la búsqueda constante de valor para el cliente. En este caso, el retraso del hito verificable no solo afecta al contratista, sino que impacta directamente en la entidad contratante y en la población usuaria. Una planificación que no considera la estabilidad del sistema productivo termina generando mayor incertidumbre, sobrecostos indirectos y pérdida de confianza en el proceso constructivo.

Desde el enfoque de mejora continua, este escenario plantea la necesidad de aprender de los errores y rediseñar los procesos. Lean no busca señalar responsables individuales, sino

identificar fallas en el sistema. El problema no fue únicamente la actividad de pilotes, sino la forma en que esta fue integrada al sistema general de producción. La ausencia de mecanismos de retroalimentación temprana, replanificación semanal y análisis de causas raíz demuestra que el proyecto careció de una cultura Lean de aprendizaje y ajuste continuo.

En consecuencia, el caso del Puente Río Seco permite reflexionar sobre la importancia de migrar de una planificación basada en fechas hacia una planificación basada en confiabilidad, donde cada actividad esté respaldada por la eliminación previa de restricciones, la disponibilidad real de recursos y condiciones óptimas de ejecución. Lean Construction no solo habría permitido anticipar el impacto de la temporada de lluvias, sino también redistribuir estratégicamente las actividades para proteger el flujo de trabajo.

Este análisis evidencia que la aplicación de Lean no se limita a herramientas aisladas, sino a un cambio de paradigma: pasar de una gestión reactiva a una gestión preventiva, de una planificación rígida a una planificación adaptativa, y de una ejecución fragmentada a una producción integrada. En este marco, el incumplimiento del hito verificable no debe entenderse como un evento puntual, sino como el resultado de un sistema de planificación que no fue diseñado para garantizar estabilidad, previsibilidad y valor.

4.4. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Building Information Modeling (BIM) es una metodología basada en la generación y gestión de modelos digitales tridimensionales que integran información geométrica, técnica y administrativa de un proyecto de construcción a lo largo de todo su ciclo de vida. BIM permite representar de manera virtual los componentes físicos y funcionales de una obra, facilitando la coordinación entre disciplinas, la visualización del proyecto y la toma de decisiones fundamentadas en información confiable (Eastman et al., 2011).

A diferencia de los sistemas tradicionales de dibujo asistido por computadora (CAD), BIM no se limita a la representación gráfica, sino que incorpora datos asociados a cada elemento del modelo, tales como propiedades de materiales, secuencia constructiva, costos y tiempos de ejecución. Según Succar (2009), BIM constituye un cambio paradigmático en la gestión de

proyectos de construcción, al promover procesos colaborativos y una gestión integrada de la información.

Una de las principales ventajas de BIM es su capacidad para mejorar la planificación y el control del proyecto mediante la vinculación del modelo tridimensional con el cronograma de obra (BIM 4D), lo que permite simular la secuencia constructiva y anticipar posibles interferencias o conflictos antes de su ejecución en campo. Asimismo, el uso de BIM favorece la detección temprana de incompatibilidades entre disciplinas (clash detection), reduciendo reprocesos y retrasos durante la construcción (Azhar, 2011).

Tabla 4 Dimensiones de BIM y su aporte a la gestión del proyecto

Dimensión BIM	Contenido	Aporte a la planificación y control
BIM 3D	Modelado geométrico	Visualización integral del proyecto
BIM 4D	Vinculación con el cronograma	Simulación de la secuencia constructiva
BIM 5D	Integración de costos	Evaluación de impactos económicos
BIM 6D	Información de operación	Soporte para el ciclo de vida del activo
BIM colaborativo	Modelo federado	Mejora de coordinación interdisciplinaria

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO

Desde la perspectiva de Building Information Modeling (BIM), la problemática evidenciada en la construcción del Puente Río Seco no solo responde a deficiencias en la ejecución física de la obra, sino a una limitada integración de información, planificación y simulación de procesos antes y durante la etapa constructiva. BIM propone una transformación del enfoque tradicional de gestión de proyectos, pasando de una representación estática de planos y cronogramas a un entorno digital dinámico, donde es posible anticipar conflictos, evaluar escenarios y tomar decisiones basadas en información integrada y confiable.

En el caso del Puente Río Seco, la actividad crítica asociada a la ejecución de las fundaciones profundas y su impacto directo en el incumplimiento de hitos verificables revela la ausencia de

un entorno de planificación basado en simulación. Desde el enfoque BIM, la planificación no se limita a asignar fechas a actividades, sino que se articula con modelos 3D, secuencias 4D y análisis de interferencias, permitiendo visualizar cómo cada proceso afecta al conjunto del sistema. La falta de estas herramientas impidió prever, por ejemplo, el impacto de postergar la ejecución de pilotes en el lecho del río hasta la temporada de lluvias, decisión que, desde un entorno BIM, habría sido fácilmente identificable como un riesgo crítico.

Este escenario invita a reflexionar sobre la diferencia entre planificar con documentos aislados y planificar con modelos integrados. Mientras el enfoque tradicional fragmenta la información en planos, cronogramas y memorias técnicas independientes, BIM propone una lógica de interoperabilidad, donde cada cambio en el modelo se refleja automáticamente en las demás dimensiones del proyecto. La ausencia de este enfoque en el proyecto limitó la capacidad de anticipación, generando una gestión reactiva en lugar de preventiva.

Otro aspecto central del concepto BIM es la mejora en la coordinación interdisciplinaria. En proyectos de infraestructura complejos como un puente, intervienen múltiples especialidades: estructuras, geotecnia, hidráulica, topografía y construcción. La falta de un modelo federado impide detectar conflictos tempranos entre estas disciplinas, lo que suele traducirse en reprocesos, ajustes tardíos y pérdida de eficiencia. En este sentido, el retraso en las actividades de pilotes también puede interpretarse como una falla en la integración temprana de criterios técnicos y constructivos dentro de un mismo entorno colaborativo.

Desde una perspectiva teórica, BIM no es solo una herramienta de modelado, sino un sistema de gestión de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La no utilización de modelos 4D y 5D priva al equipo de obra de la posibilidad de evaluar escenarios alternativos de secuenciación, asignación de recursos y optimización de tiempos. En el caso analizado, una simulación 4D habría permitido visualizar con anticipación la incompatibilidad entre la secuencia planificada y las condiciones climáticas, facilitando la toma de decisiones estratégicas para proteger el avance de las actividades críticas.

Asimismo, BIM fomenta una cultura de toma de decisiones basada en datos y no únicamente en experiencia o supuestos. La programación tradicional tiende a apoyarse en criterios históricos y aproximaciones, mientras que BIM permite respaldar cada decisión con

información visual, cuantificable y verificable. La falta de este enfoque contribuyó a que el cronograma se convierta en un instrumento descriptivo, en lugar de una herramienta de gestión activa.

Desde una perspectiva reflexiva, el caso del Puente Río Seco evidencia que el problema no fue exclusivamente técnico, sino epistemológico: se siguió concibiendo la planificación como un ejercicio lineal, cuando BIM propone una planificación iterativa, integrada y adaptativa. La ausencia de un modelo digital como eje central del proyecto impidió identificar tempranamente los puntos de mayor vulnerabilidad del sistema productivo.

En consecuencia, la aplicación de BIM no habría sido únicamente un soporte tecnológico, sino un cambio estructural en la forma de concebir el proyecto: de una gestión fragmentada a una gestión integrada; de una planificación basada en fechas a una planificación basada en simulaciones; y de una toma de decisiones reactiva a una toma de decisiones predictiva. El incumplimiento del hito verificable, desde esta perspectiva, no debe entenderse como un evento aislado, sino como el resultado de un sistema de información que no estaba diseñado para anticipar, coordinar y optimizar.

Este análisis permite concluir que la adopción de BIM no solo optimiza procesos, sino que redefine la lógica de gestión del proyecto, fortaleciendo la capacidad de previsión, reduciendo la incertidumbre y mejorando la confiabilidad del cronograma. En proyectos de alta complejidad como el Puente Río Seco, esta transformación no es opcional, sino estratégica.

4.5. INTEGRACION LEAN CONSTRUCTION + BIM

La integración de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) constituye un enfoque moderno de gestión de proyectos de construcción que busca potenciar las fortalezas de ambas metodologías para optimizar los procesos constructivos. Lean Construction se orienta a la mejora del flujo de trabajo, la eliminación de desperdicios y la generación de valor, mientras que BIM proporciona herramientas digitales para la visualización, coordinación y gestión integrada de la información del proyecto. La combinación de estos enfoques permite una planificación más confiable, una mejor toma de decisiones y una ejecución más eficiente de las obras (Sacks et al., 2010).

Diversos estudios señalan que BIM actúa como un habilitador de los principios Lean, ya que facilita la visualización de procesos, la detección temprana de restricciones y la coordinación entre disciplinas, aspectos clave para la reducción de reprocesos y retrasos. Según Sacks et al. (2010), la integración Lean + BIM mejora la confiabilidad del cronograma, incrementa la productividad y fortalece la planificación colaborativa en los proyectos de construcción.

La aplicación conjunta de Lean Construction y BIM permite vincular herramientas como el Last Planner System con modelos digitales tridimensionales, favoreciendo la simulación de la secuencia constructiva, la identificación de cuellos de botella y la gestión efectiva de hitos verificables. Esta integración transforma la planificación tradicional en un proceso predictivo y colaborativo, orientado a la prevención de incumplimientos y al control eficiente del avance de obra (Dave et al., 2013).

4.5.1. DEBATE Y REFLEXIÓN SOBRE LA INTEGRACIÓN LEAN CONSTRUCTION + BIM EN EL CONTEXTO DEL PUENTE RÍO SECO

Desde una perspectiva contemporánea de gestión de proyectos, la integración de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) representa un cambio de paradigma en la forma de concebir, planificar y ejecutar obras de infraestructura. Mientras Lean se enfoca en la optimización del sistema productivo mediante la mejora del flujo, la reducción de desperdicios y la confiabilidad de la planificación, BIM proporciona el soporte tecnológico necesario para visualizar, simular, coordinar y analizar estos procesos en un entorno digital integrado. La combinación de ambos enfoques no es simplemente complementaria, sino sinérgica, ya que cada uno potencia las capacidades del otro.

En el caso del Puente Río Seco, el incumplimiento de un hito verificable evidencia las limitaciones de una gestión fragmentada, donde la planificación, el control y la ejecución operan como componentes aislados. Desde Lean, se identifica que el problema radica en la inestabilidad del flujo de trabajo, la falta de gestión de restricciones y la ausencia de una planificación confiable. Desde BIM, se observa que estas deficiencias se agravan por la carencia de modelos integrados que permitan simular escenarios, anticipar conflictos y visualizar las consecuencias de las decisiones adoptadas.

La integración Lean + BIM permite superar estas limitaciones al transformar el cronograma en una herramienta viva, dinámica y predictiva. Mientras Lean define qué debe hacerse, cuándo y bajo qué condiciones reales de ejecución, BIM permite visualizar cómo se ejecutará, en qué secuencia, con qué interferencias y con qué impacto en el conjunto del sistema. Esta interacción convierte a la planificación en un proceso iterativo, donde cada decisión es evaluada antes de su implementación, reduciendo la incertidumbre y fortaleciendo la confiabilidad del sistema productivo.

Uno de los principales aportes de esta integración es la capacidad de gestionar actividades críticas no solo desde su duración, sino desde su impacto sistémico. En el Puente Río Seco, la actividad de pilotes no fue tratada como un nodo central del sistema productivo, sino como una tarea más dentro de una secuencia lineal. Desde un enfoque Lean + BIM, esta actividad habría sido identificada como un elemento de alta variabilidad, sujeta a múltiples restricciones técnicas, ambientales y logísticas, lo que habría requerido un tratamiento diferenciado, con buffers estratégicos, simulaciones 4D y planificación colaborativa.

Otro aspecto fundamental es el cambio en la naturaleza del control. Tradicionalmente, el control de obra se basa en comparar lo ejecutado con lo planificado, generando informes retrospectivos. La integración Lean + BIM transforma este enfoque hacia un control prospectivo, donde el sistema alerta sobre desviaciones antes de que ocurran. Esto permite reprogramar, redistribuir recursos y modificar secuencias de manera anticipada, reduciendo el impacto de las incertidumbres.

Asimismo, esta integración promueve una cultura de trabajo colaborativa, donde los actores del proyecto no solo ejecutan tareas, sino que participan activamente en la planificación, evaluación de restricciones y toma de decisiones. BIM facilita esta colaboración al centralizar la información, mientras Lean estructura el diálogo productivo entre los equipos. En el caso analizado, la ausencia de estos espacios colaborativos contribuyó a que el cronograma se convierta en un documento rígido, desvinculado de la realidad de campo.

Desde una perspectiva reflexiva, el incumplimiento del hito verificable no debe interpretarse como una falla puntual, sino como el síntoma de un sistema de gestión que no estaba diseñado para aprender, adaptarse y anticipar. Lean + BIM, en conjunto, no buscan eliminar la

incertidumbre, sino gestionarla de manera inteligente, transformándola en información útil para la toma de decisiones.

Esta integración también redefine el concepto de eficiencia. No se trata únicamente de ejecutar más rápido, sino de ejecutar con mayor previsibilidad, menor desperdicio y mayor estabilidad. En proyectos de infraestructura urbana, donde los impactos sociales, económicos y ambientales son significativos, esta estabilidad se convierte en un valor estratégico.

En consecuencia, el caso del Puente Río Seco permite reflexionar sobre la necesidad de migrar de modelos de gestión tradicionales hacia sistemas productivos inteligentes, donde la planificación no sea una imposición, sino una construcción colectiva basada en datos, simulaciones y aprendizaje continuo. Lean aporta la filosofía; BIM aporta la plataforma.

Juntos, configuran un nuevo enfoque de gestión que no solo optimiza procesos, sino que transforma la forma en que se conciben y ejecutan los proyectos.

Este análisis confirma que la integración Lean + BIM no debe entenderse como una innovación opcional, sino como una necesidad estructural para proyectos de alta complejidad. Su implementación no solo mejora el cumplimiento de hitos, sino que fortalece la resiliencia del sistema productivo, aumenta la confiabilidad del cronograma y eleva la calidad global del proyecto.

Tabla 5 Relación entre principios Lean y funcionalidades BIM

Principio Lean	Herramienta BIM asociada	Beneficio integrado
Planificación confiable	BIM 4D	Anticipación de retrasos
Gestión de restricciones	Simulación y análisis de escenarios	Reducción de incertidumbre
Flujo continuo	Secuencias constructivas 4D	Estabilidad del proceso
Trabajo colaborativo	Modelo federado	Mejor coordinación entre actores
Mejora continua	Actualización dinámica del modelo	Toma de decisiones basada en datos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Comparación entre enfoque tradicional y enfoque Lean + BIM

Criterio	Enfoque tradicional	Enfoque Lean + BIM
Tipo de planificación	Lineal y rígida	Dinámica y colaborativa
Control de obra	Reactivo	Predictivo
Gestión de información	Fragmentada	Integrada
Identificación de riesgos	Tardía	Anticipada
Cumplimiento de hitos	Variable	Mayor confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES GENERALES

La presente monografía permitió analizar la integración de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) como una alternativa para optimizar los procesos constructivos del Puente Río Seco, en un contexto marcado por el incumplimiento de un hito verificable y la generación de retrasos en la ejecución de la obra. En relación con el objetivo general, se concluye que la aplicación conjunta de ambas metodologías ofrece un enfoque eficaz para prever, reducir y evitar desviaciones en el cronograma, fortaleciendo la planificación, el control y la coordinación del proyecto.

La monografía permitió describir la planificación de la punto critico, identificando sus deficiencias en la planificación. Asimismo, se evidenció que los principios y herramientas de Lean Construction, como la planificación colaborativa y la mejora del flujo de trabajo, pueden contribuir significativamente a aumentar la confiabilidad del cronograma y reducir actividades que no agregan valor. De igual manera, el análisis del enfoque BIM demostró que el uso de modelos digitales tridimensionales, especialmente cuando se vinculan con el cronograma (BIM 4D), permite mejorar la visualización de la secuencia constructiva, anticipar interferencias y apoyar la toma de decisiones oportunas. La evaluación de la integración Lean + BIM confirmó que esta sinergia fortalece el control de hitos verificables, favorece una gestión predictiva del proyecto y reduce el riesgo de retrasos acumulativos.

5.1.1. SÍNTESIS DEL MARCO TEÓRICO

Como síntesis del marco teorico de la presente monografía se proporciona el sustento conceptual necesario para el análisis de la problemática identificada en la construccion del Puente Rio Seco, relacionada con el incumplimiento de hitos verificables y los retrasos en el cronograma de obra. Este apartado desarrolla los fundamentos teóricos vinculados a la gestión de proyectos de construcción, la planificación y control del cronograma, así como las metodologías Lean Construction y Building Information Modeling (BIM), que constituyen la base para la optimización de los procesos constructivos.

En primer lugar, se abordan los conceptos de gestión de proyectos de construcción y control del cronograma, destacando su importancia en el cumplimiento de plazos y en la coordinación eficiente de actividades en obras de infraestructura. Posteriormente, se analizan los principios de Lean Construction, enfatizando su enfoque en la eliminación de desperdicios, la mejora del flujo de trabajo y la planificación colaborativa como herramientas clave para reducir retrasos y aumentar la confiabilidad de los planes de obra.

Asimismo, se desarrolla el concepto de BIM como una metodología digital orientada a la gestión integrada de la información del proyecto, resaltando su aporte a la visualización, coordinación y simulación de la secuencia constructiva. Finalmente, se examina la integración Lean Construction + BIM como un enfoque complementario que permite fortalecer la planificación predictiva, mejorar el control de hitos verificables y anticipar conflictos que afectan el desempeño del cronograma.

Este marco teórico sustenta el análisis realizado en la monografía y justifica la aplicación de metodologías modernas como Lean Construction y BIM como alternativas viables para mejorar la gestión y ejecución del Puente Río Seco, en concordancia con los objetivos planteados en el estudio.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar una planificación colaborativa desde las etapas iniciales del proyecto, incorporando a los equipos de obra en la toma de decisiones para aumentar la confiabilidad del cronograma.

- Aplicar un sistema formal de gestión de restricciones antes de la ejecución de actividades críticas, con el fin de anticipar problemas técnicos, logísticos y ambientales.

- Incorporar el uso de BIM 4D como herramienta de apoyo a la planificación y control, permitiendo simular secuencias constructivas, evaluar escenarios y detectar interferencias.

- Transformar el control de obra de un enfoque reactivo a uno preventivo y predictivo, facilitando ajustes oportunos y reduciendo el impacto de desviaciones.

- Capacitar continuamente al personal técnico en Lean Construction y BIM, promoviendo una cultura de mejora continua y uso estratégico de tecnologías digitales.

- Fomentar una cultura organizacional orientada al aprendizaje, mediante evaluaciones periódicas, análisis de causas raíz y retroalimentación constante.

- Replicar los lineamientos propuestos en otros proyectos de infraestructura vial, adaptándolos a sus condiciones particulares para mejorar la eficiencia y productividad.

6. APORTE CIENTÍFICO Y SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. APORTE CIENTIFICO

La presente investigación contribuye al campo de la ingeniería civil y a la gestión de proyectos de construcción mediante el análisis integral de dos metodologías contemporáneas ampliamente reconocidas: Lean Construction y Building Information Modeling (BIM). Tradicionalmente, estas metodologías han sido estudiadas y aplicadas de manera independiente; sin embargo, este trabajo propone su integración como un enfoque sinérgico orientado a la optimización de procesos constructivos, particularmente en proyectos de infraestructura vial de alta complejidad, como es el caso del Puente Río Seco.

Desde una perspectiva científica, el estudio aporta un marco conceptual y metodológico que permite comprender cómo la combinación de principios Lean —enfocados en la eliminación de desperdicios, la mejora continua, la gestión de restricciones y la maximización del valor— con las capacidades tecnológicas de BIM —modelado digital, simulación 4D, coordinación interdisciplinaria y visualización de procesos— puede mejorar significativamente la planificación, el control y la toma de decisiones durante la ejecución de una obra.

Asimismo, esta investigación genera conocimiento aplicado sobre la relación entre la planificación tradicional basada en cronogramas y la planificación colaborativa basada en flujos de trabajo, identificando las principales debilidades del enfoque convencional frente a modelos más dinámicos y predictivos. El análisis de los hitos verificables como elementos críticos de control permite profundizar en su rol dentro de la gestión del proyecto, aportando criterios técnicos para su seguimiento, validación y ajuste mediante herramientas digitales.

Otro aporte científico relevante es la sistematización de herramientas Lean y BIM en función de su aplicabilidad a proyectos viales urbanos, un campo que aún presenta escasa literatura especializada en contextos latinoamericanos. Esta investigación propone una estructura lógica de integración que puede servir como base para futuras investigaciones, facilitando la replicabilidad del modelo en otros proyectos similares y fortaleciendo la construcción de conocimiento en esta área.

Finalmente, el estudio contribuye a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, demostrando cómo los enfoques contemporáneos de gestión pueden ser adaptados a contextos reales, con restricciones técnicas, económicas y administrativas propias de obras públicas. Esto fortalece el enfoque científico aplicado, que busca no solo explicar fenómenos, sino también ofrecer soluciones concretas a problemas reales de la industria.

6.2. APORTE SOCIAL

La Desde el punto de vista social, esta investigación tiene un impacto significativo al enfocarse en la mejora de la eficiencia y calidad de la ejecución de obras de infraestructura pública, las cuales inciden directamente en el bienestar de la población. Los retrasos, sobrecostos y deficiencias en la planificación de proyectos de este tipo no solo afectan a las entidades ejecutoras, sino también a los ciudadanos, quienes dependen de estas infraestructuras para su movilidad, seguridad y desarrollo económico.

La optimización de los procesos constructivos mediante la integración de Lean Construction y BIM permite reducir tiempos de ejecución, minimizar interrupciones en el entorno urbano y mejorar la coordinación entre los diferentes actores involucrados. Esto se traduce en una menor afectación a la vida cotidiana de los habitantes, mayor seguridad durante la fase constructiva y una entrega oportuna de infraestructuras funcionales y de calidad.

En el caso específico del Puente Río Seco, esta investigación contribuye indirectamente a mejorar la conectividad urbana, el acceso a servicios y el desarrollo socioeconómico de la ciudad de El Alto. Una obra mejor planificada y ejecutada con mayor eficiencia no solo reduce los impactos negativos temporales, sino que también garantiza una mayor durabilidad y confiabilidad de la infraestructura, beneficiando a generaciones futuras.

Adicionalmente, este estudio promueve una transformación cultural en el sector de la construcción, fomentando prácticas más colaborativas, transparentes y orientadas a la mejora continua. Al difundir el uso de metodologías modernas y tecnologías digitales, se contribuye al fortalecimiento de las capacidades técnicas de ingenieros, arquitectos, planificadores y gestores de proyectos, elevando el nivel profesional del sector.

Desde una perspectiva más amplia, la investigación también aporta a la sostenibilidad social y económica, ya que una gestión más eficiente de los recursos reduce desperdicios de materiales, tiempos improductivos y sobrecostos, lo que optimiza el uso de fondos públicos.

Esto refuerza la confianza de la sociedad en las instituciones responsables de la ejecución de obras y promueve una gestión más responsable y transparente.

7. BIBLIOGRAFÍA

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering, 11(3), 241–252. https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127

Ballard, G. (2000). The Last Planner System of production control (Doctoral dissertation). University of Birmingham.

Dave, B., Koskela, L., Kagioglou, M., Bertelsen, S., & Owen, R. (2013). Implementing Lean in construction: Lean construction and BIM. Construction Management and Economics, 31(7), 761–777. https://doi.org/10.1080/01446193.2013.801222

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Hendrickson, C., & Au, T. (2008). Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders. Prentice Hall.

Howell, G. A. (1999). What is Lean Construction? Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC).

Journal of Construction Engineering and Management, 136(9), 968–980. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203

Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). John Wiley & Sons. Oberlender, G. D. (2014). Project management for engineering and construction (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical Report No. 72. CIFE, Stanford University.

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Technical Research Centre of Finland.

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Technical Research Centre of Finland.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). PMI.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and building information modeling in construction.

Serpell, A. (2010). Administración de operaciones de construcción. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Serpell, A. (2010). Administración de operaciones de construcción. Ediciones Universidad Católica de Chile.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 357–375. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building information modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. Automation in Construction, 38, 109–127.