

# ESTADO ACTUAL DE LA INTEGRACIÓN A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, DE LINEAMIENTO DE PMI Y LEAN CONSTRUCTION.

*N. F. Muñoz<sup>a</sup>, M. C. Moreno<sup>b</sup>, J. Mosquera<sup>c</sup>*

<sup>a</sup> *Estudiante Especialización en Alta Gerencia para Sistemas Integrados de Gestión, Universidad Católica de Oriente. Rionegro – Antioquia.*

<sup>b</sup> *E Estudiante Especialización en Alta Gerencia para Sistemas Integrados de Gestión, Universidad Católica de Oriente. Rionegro – Antioquia.*

<sup>c</sup> *Profesor, Asesor del Proyecto de Grado, Programa de Ingeniería Industrial, , Universidad Católica de Oriente, Rionegro-Antioquia*

## **Resumen**

El objetivo principal de este artículo es analizar el estado actual de la integración a los proyectos de construcción basados en Project Management Institute - PMI y la filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas); este artículo pretende difundir la evolución y aplicaciones de la nueva filosofía de gestión en la construcción, identificando las pérdidas del proceso productivo, analizando el ciclo de vida de un proyecto y aumentando mejoramiento de su desempeño. Se realizó un recorrido histórico desde las miradas de los autores que abordaron el concepto de la filosofía Lean Construction y Project Management Institute – PMI, dando a conocer los aportes de la metodología a los proyectos de construcción. A partir de los resultados obtenidos se identificaron dos proyectos de construcción, con la finalidad de observar los componentes que se tiene en cuenta para enfrentar un nuevo proyecto, se trabajaron los siete procesos propios de la gestión de proyectos definidos en el PMBOK del Project Management Institute - PMI: Inicio, Definición, Diseño, Planificación, Ejecución- Control, Operación y Cierre del Proyecto, el cual permitió identificar las causas que se presentan a la hora de gestionar los proyectos y permitiendo realizar una intervención concreta de mejora a la gestión por medio de una adaptación a los lineamientos del PMI y Lean. El presente artículo muestra que se puede integrar las dos metodologías (PMBOK – Lean) en el ciclo de vida de proyecto, buscando así una intervención concreta de la identificación de pérdidas y mejora a la gestión de proyectos. Por lo tanto, al concatenar estos lineamientos se podría afirmar podría realizar un diseño de modelo de gestión integral para que las organizaciones generen valor a las partes interesadas y fortalecimiento su planificación.

Palabras clave: Construcción, Lean Manufacturing, Proyectos.

## **Abstract**

The main objective of this article is to analyze the current state of integration to construction projects based on Project Management Institute - PMI and the Lean Construction philosophy (Construction without losses); This article aims to disseminate the evolution and applications of the new construction management philosophy, identifying losses in the production process, analyzing the life cycle of a project and increasing performance improvement. A historical tour was made from the perspectives of the authors who approached the concept of the Lean Construction philosophy and Project Management Institute - PMI, making known the contributions of the methodology to construction projects. From the results obtained, two construction projects were identified, in order to observe the components that are taken into account to face a new project, the seven processes of project management defined in the PMBOK of the Project Management Institute were worked on. - PMI: Start, Definition, Design, Planning, Execution-Control, Operation and Closing of the Project, which allowed identifying the causes that arise when managing projects and allowing a specific intervention to improve management through of an adaptation to the PMI and Lean guidelines. This article shows that the two methodologies (PMBOK - Lean) can be integrated into the project life cycle, thus seeking a specific intervention to identify losses and improve project management. Therefore, by concatenating these guidelines, it could be affirmed that a comprehensive management model design could be carried out so that organizations generate value to interested parties and strengthen their planning.

Keywords: Construction, Lean Manufacturing, Projects.

## 1. Introducción

La gestión de proyectos ha evolucionado al igual que la ingeniería, en paralelo con el desarrollo de humanidad, considerando que en la historia utilizaron recursos de la naturaleza para la satisfacción de necesidades básicas, desarrollando conocimientos científicos, que permiten el desarrollo social y económico de las regiones, a través de la construcción de vías. Sus raíces pueden rastrearse desde los inicios de la civilización, y su avance es paralelo al de la humanidad. Nuestros antepasados intentaron controlar y usar los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio propio y de sus comunidades, estudiaron y observaron las leyes de la naturaleza y desarrollaron conocimiento de las matemáticas y de ciencia que no poseía la gente común. Aplicaron este conocimiento a fin de satisfacer las necesidades sociales mediante puertos, caminos, edificios, obras de irrigación y control de caminos y otras grandes construcciones.

En el sector de construcción se han presentado problemas asociados a la productividad y eficiencia de sus procesos, generando mayores costos. Esto radica en la falta de planificación de los procesos constructivos, la ausencia de seguimiento y de la aplicación de controles, alta rotación del personal, falta de materias primas, trabajos mal ejecutados, entre otros factores inmersos dentro del sector.

En este sector se han evidenciado situaciones que durante el desarrollo de las actividades productivas han afectado la seguridad y bienestar de la población. Casos como el evento sucedido en la ciudad de Cartagena en abril de 2017, el colapso de un edificio de 5 pisos afectando la infraestructura de movilidad y el fallecimiento de 20 personas. Esto sucedió por que la constructora no contaba con las licencias y permisos, la deficiencia de los procesos constructivos, la mala calidad de materias primas, la mano de obra no calificada y la ausencia de controles durante la ejecución de la obra. [1]

El sector de la construcción en Colombia ha tenido una evolución en los últimos años, en su capacidad de generar empleo, su aporte al crecimiento económico, su articulación en materia de proyectos del país, ha generado que la construcción sea el foco de inversiones pública y privada, y se ha convertido en uno de los pilares del desarrollo nacional y subnacional. [2]

Uno de los modelos que sea implementado en varias industriales de Colombia es a producción sin pérdidas, que está fundada originalmente en el sistema de producción desarrollado por el ingeniero japonés Taiichi Ohno de la empresa TOYOTA cerca del año 1950 después de la segunda guerra mundial. Este sistema de producción está encaminado al mejoramiento de procesos, principalmente en eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al producto final, costo muy bajo y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles, con el fin de sustituir la producción en masa y acumulación de mercancías. [3]

Este modelo fue desarrollado en Colombia por el grupo investigativo de la universidad EAFIT y CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción), que permitió capacitar a 155 personas e implementar el sistema en cinco empresas edificadoras: Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y Construmax que han logrado eliminar pérdidas en los procesos constructivos, implementar un nuevo sistema de planificación y control de los proyecto, medir las tasas de producción, identificar la distribución en planta, el almacenamiento de materiales, las rutas de transporte de personas y equipos y la simulación de operaciones. [4].

Dicho modelo de producción es adecuado en muchas empresas, entre ellos el sector de construcción como el modelo de *Lean Construction* o construcción sin pérdidas, el cual tiene como objetivo reducir y eliminar los flujos de materiales que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que si lo hacen. [4]

Las empresas deben adaptar a los nuevos estándares de productividad, el cual les permiten estandarizar sus procesos y los tiempos para la realización de cada actividad. Las constructoras no cuentan con estándares de productividad y programas o métodos para el desarrollo de sus actividades; de acuerdo con lo anterior surge la necesidad de *Proponer un Modelo de Gestión para proyectos de construcción, con base en los lineamientos de Lean Construction*, que permitan planificar, programar, estandarizar procesos y realizar seguimientos en sus proyectos, que permita identificar los estándares de producción para todo ciclo de vida del proyecto.

A continuación, se presenta un ejercicio de análisis documental que permite hacer una valoración del estado del arte en el desarrollo de proyectos de construcción. Ver tabla 1.

Tabla 1.

Valoración del estado del arte

TÍTULO-AUTOR(ES)	BASE CONCEPTUAL UTILIZADA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA(S) UTILIZADA(S)	RESULTADOS OBTENIDOS
Proyectos, formulación, evaluación y control. [5]	Aplicación de gestión de proyectos.	Suministrar los elementos con más relevancia en la preparación, evaluación y control de proyectos.	El libro contiene en orden secuencial los aspectos que debe abarcar un estudio de viabilidad y sus interrelaciones en la información que servirá para el estudio final.	El libro contiene 6 partes y un esquema para la presentación de proyectos: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generalidades de los proyectos</li> <li>2. Formulación de proyectos.</li> <li>3. Evaluación de proyectos.</li> <li>4. Control de proyectos.</li> <li>5. Inflación y computadores.</li> <li>6. Evaluación de propuestas de inversión.</li> </ol>
Diseño de una metodología para la gestión de proyectos de inversión en el ITM, basado en <i>Project Management Institute-PMI</i> [6]	Metodología para gestión de proyectos.	Diseñar un método para la gestión de proyectos de inversión en el <i>ITM</i> , bajo criterios del <i>Project Management Institute – PMI</i> .	Se trabajo los 5 procesos de a gestión de proyectos definidas por <i>PMBOK</i> de <i>Project Management Institute- PMI</i> : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inicio</li> <li>2. Planificación</li> <li>3. Ejecución</li> <li>4. Control</li> <li>5. Cierre del Proyecto</li> </ol>	Estructuración de un modelo de gestión de proyectos de inversión en el <i>ITM</i> , bajo lineamientos <i>PMBOK</i> .
Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. [7]	Dirección de proyectos.	Fundamento para la construcción de métodos, procedimientos y demás elementos para dirección de proyectos.	Componentes claves para el método <i>PMBOK</i> : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ciclo de vida del proyecto</li> <li>2. Fase del proyecto</li> <li>3. Punto de revisión de fase de proyecto</li> </ol>	Cumplimiento de satisfacción del alcance, costo y calidad de proyectos.

TÍTULO-AUTOR(ES)	BASE CONCEPTUAL UTILIZADA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA(S) UTILIZADA(S)	RESULTADOS OBTENIDOS
			4. Procesos de la dirección de proyectos 5. Área de conocimiento de la dirección de proyectos.	
Modelo de madurez de <i>Lean Construction</i> . [8]	Modelo <i>Lean Construction</i>	Fundamentar teóricamente la evolución de <i>Lean Construction</i> en el país.	Estado del Arte: 1. <i>Lean Management</i> 2. <i>Lean Construction</i> 3. <i>Lean Construction</i> en Colombia.	Análisis global del estado del arte.
Aplicación de <i>Lean Construction</i> en la toma de dato. [9]	Los métodos de recolección de datos y de manejo de la información.	La optimización de la toma de datos, para maximizar el rendimiento, por medio de métodos y tecnología que responder a las exigencias del mercado.	Las actividades de levantamiento de la información de las condiciones actuales de la construcción: 1. Entrevistas con los empresarios. 2. Visitas a los proyectos de construcción. 3. Elaboración de los diagramas de proceso. 4. Evaluación por parte de dos expertos, según los principios Lean. 5. Resumen y análisis de los resultados.	Análisis del levantamiento de la información como apoyo al control de la ejecución de proyectos de construcción.
Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la Construcción. [10]	Enfoque de la gestión de producción aplicado a la construcción, bajo los lineamientos de <i>Lean Construction</i> .	Divulgar conceptos de gestión de la construcción, que puedan implementarse por empresas del sector constructivo en donde la mejora del desempeño se	Análisis de la identificación de las pérdidas como herramienta de mejoramiento en proyectos de construcción.	Análisis cuantitativo de identificación de las pérdidas en los proyectos de vivienda.

TÍTULO-AUTOR(ES)	BASE CONCEPTUAL UTILIZADA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA(S) UTILIZADA(S)	RESULTADOS OBTENIDOS
		fundamente en las pérdidas del proceso productivo.		
Análisis de mejoramiento de los capítulos <i>PMI</i> a través de metodología <i>Lean</i> en el sector de construcción. [11]	Metodología <i>Lean</i> y <i>PMI</i> en el sector de construcción.	Integración de <i>Lean a PMBOK</i> en el sector de la construcción.	Análisis de <i>Lean Construction</i> y <i>PMI-PMBOK</i> para el modelo de gestión de proyectos.	Se obtuvo unos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de <i>lean</i> en cuanto a gestión del Tiempo.</li> <li>• Aplicación de <i>Lean en PMBOK</i> en cuanto a gestión Costo.</li> <li>• Aplicación de <i>Lean en PMBOK</i> en cuanto a gestión del alcance.</li> </ul>
Guía de Mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda ( <i>Lean Construction</i> como estrategia de Mejoramiento) [12]	Mejoramiento de la productividad en la construcción de proyectos de vivienda.	Fase de estructuración de mejoramiento continuo proyectos de construcción.	Análisis de la eficiencia, efectividad y productividad proyectos de construcción.	Resultados obtenidos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de pérdidas (distribución del tiempo laborado)</li> <li>• Indicadores de productividad (horas – Hombre / m3 construido)</li> </ul>
Aproximación a un Modelo <i>Green Lean</i> integrando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con el <i>Value Stream Mapping</i> (VSM): Estudio de caso sector construcción. [13]	Un modelo que se enmarca dentro de la filosofía <i>Green Lean</i> en el campo de la construcción a un nivel gerencial.	Describir los elementos fundamentales de un modelo <i>Green Lean</i> , que integre el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con el <i>Value Stream Mapping</i> (VSM), que pueda generar ventajas competitivas para una constructora en la ciudad de Bogotá.	Se realiza una metodología de investigación cualitativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de estudio de casos</li> <li>• Preguntas de investigación</li> <li>• Unidad de análisis</li> <li>• Diseño de instrumentos</li> <li>• Recolección y compilación e interpretación de datos.</li> <li>• Prueba de diseño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de estudio del ciclo de vida y de <i>Value Stream Mapping</i> dentro del proyecto.</li> <li>• Análisis de ciclo PHVA del SG-C y SG-A bajo las estrategias <i>Green Lean</i>.</li> <li>• Análisis de la creación de <i>Green Lean</i>, frente a modelos innovadores.</li> </ul>

TÍTULO-AUTOR(ES)	BASE CONCEPTUAL UTILIZADA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA(S) UTILIZADA(S)	RESULTADOS OBTENIDOS
Ciclo de Vida de los Proyectos. [14]	Directrices para implementar el ciclo de vida de los proyectos.	Describir el ciclo de vida de los proyectos.	Las fases para determinar el ciclo de vida de los proyectos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicio</li> <li>• Definición</li> <li>• Diseño</li> <li>• Planificación</li> <li>• Ejecución y control</li> <li>• Operación</li> <li>• Finalización</li> </ul>	Análisis de las fases del ciclo de vida de los proyectos

*Fuente: Elaboración propia.*

## Evolución de Lean y PMI

En este ítem se enuncian los conceptos de desde la mirada de autores que han abordado el tema de *Lean Construction y PMI*.

El sistema de producción Lean fue desarrollado en Toyota por el ingeniero Taiichi Ohno después de la Segunda Guerra Mundial, consiste en la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios. [15]. El sistema de producción de Toyota está dirigido a producir los automóviles de acuerdo con los requerimientos de los clientes, entregarlos en el tiempo justo y sin mantener stock inventarios. [15] Los principios de *Lean Production* son: [16]

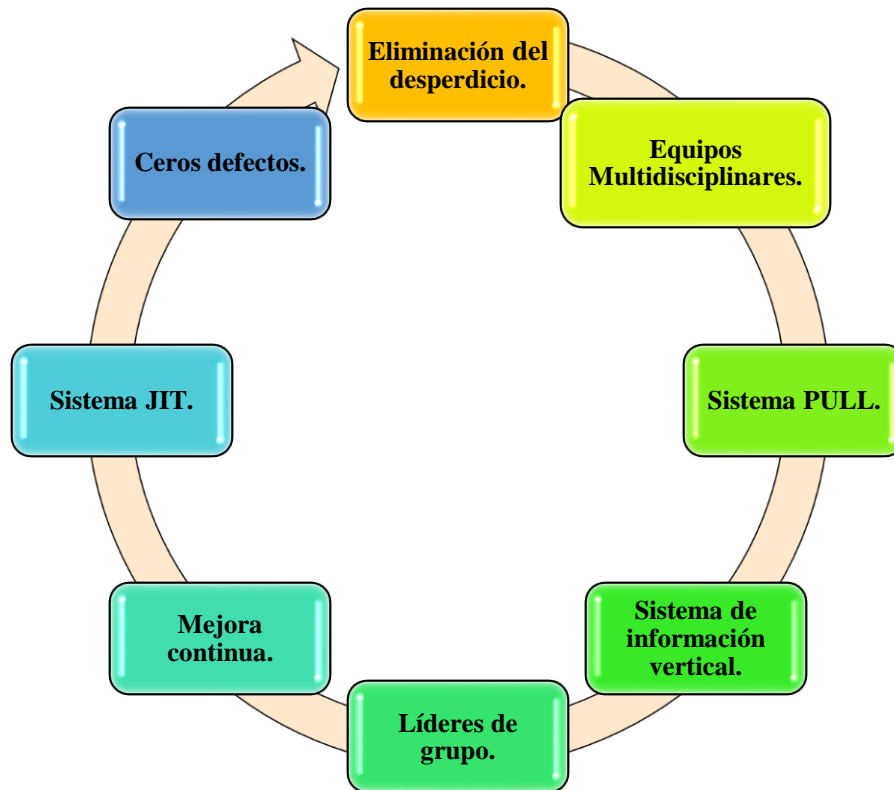


Figura 1. Principios de Lean Production. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, los principios de lean permiten la reducción del tiempo de entrega, reducción de los procesos o actividades que no agregan valor al producto final, permitiéndole obtener una satisfacción de cliente.

## Lean Management

Está basado en la eliminación del despilfarro, los sobrecostos y en la mejora continua de los flujos de trabajo, con el fin de satisfacer la demanda de los clientes a través de organizaciones más eficientes y eficaces, permitiéndole así incrementar la agilidad de respuesta por medio de reducción de desperdicios, costes y tiempos. [17] Las gestiones lean se centra en identificar las actividades o procesos que tiene despilfarro o desperdicio, dado así en los procesos puede haber 8 tipos despilfarros como se muestra en la figura 2.





Figura 2. Ocho tipos desperdillos. Fuente: Elaboración propia.

Con este modelo las organizaciones optimizaran los procesos y generaran beneficios mediante el incremento de la producción, mejora en la calidad, reducción en los tiempos, reducción en los inventarios y reducción en los desperdicios permitiéndole así aporta valor al cliente y a la empresa.

### Lean Thinking de Womack

Los 5 principios que propone Womack que están orientados a reconocer la fracción del tiempo y esfuerzo en la cadena de valor. Como se puede observar la figura 3 se señalan dichos principios.

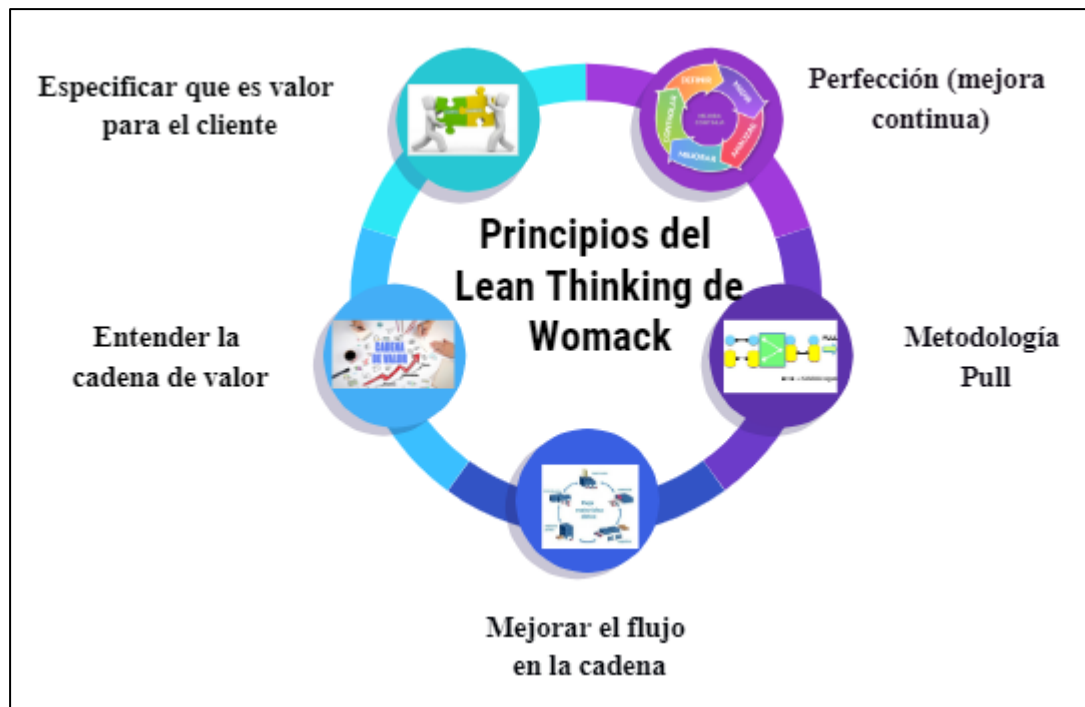


Figura 3, Principios de Lean Thinking. Fuente: Elaboración propia.

### Just In Time (Justo a Tiempo)

La metodología *Just in Time* se basa en generar flujos de productos con bastante flexibilidad para adaptarse a los cambios de la demanda, la reducción de tiempos, el incremento de productividad, la mejora continua y la eliminar desperdicios. [16]. Esta metodología propone unas técnicas de producción JIT para implementarlas en las actividades del sistema de fabricación como lo son: [18]

- Líneas de modelos mezclados, se realiza en una sola línea, este tipo de líneas permite adaptarse al entorno productivo y mejorando la fabricación de productos en un tiempo de entrega aceptable.
- Líneas de fabricación en forma de U, propone organizarla de modo que simplifique los flujos de material para mejorar el control visual y se facilite la comunicación mutua de los trabajadores.
- Nivelado de la producción, propone determinar la cantidad de producción de forma que se mantenga constante, con el fin de establecer una planificación exacta de la producción.
- Sistema de información PULL, es el consumo de material necesario para un proceso, lo que permite el replazo de material consumido por el proceso anterior.
- Sistema de aprovisionamiento, permite a los proveedores a realizar entregas frecuentes y en pequeñas cantidades.
- Sistema de aseguramiento de la calidad, permite cuantificar los fallos según los niveles de calidad, con el fin de asegurar la calidad de producto.
- Mantenimiento productivo total, es el que se permite utilizar el mínimo inventario en sus procesos, generando que el personal de producción deba estar implicado en el mantenimiento de los equipos para no afecta los tiempos de entrega.
- Reducción de los tiempos de preparación, propone determinar lotes del menor tamaño y reducir los tiempos de la maquinaria.
- Polivalencia de los trabajadores, permite establecer planes de rotación para que lo colaboradores se distribuyan por distintos procesos, con el fin de aumentar la destreza y se disminuya la monotonía.

## Productividad en la Construcción

Los procesos de producción se pueden distinguir en tres formas diferentes:

- Un proceso de convertir entradas a salidas.
- Un flujo de material e información a través de tiempo y el espacio.
- Un proceso para generar valor para los clientes.

Estas tres son apropiadas y necesarias para la productividad de sus procesos, pero el modelo de conversión es el que ha predominado en la industria de la construcción, como lo muestra la tabla 2. [19]

Tabla 2.

*Productividad Flujo / Valor*

Características	Modelo de conversión	Modelo de flujo	Modelo de la generación de valor
Naturaleza de la construcción	Una serie de actividades que convierten entradas en salidas.	Los flujos de información y recursos, que liberan trabajo: compuesto por conversión, inspección, transporte y espera.	Un proceso de creación de valor que define y cumple los requisitos del cliente.
Principios	Descomposición jerárquica de actividades; control y optimización por actividad.	Descomposición en las articulaciones. Eliminación de residuos (actividades innecesarias), reducción del tiempo.	Eliminación de la pérdida de valor, disminución de la brecha entre el valor alcanzado y el valor posible.
Métodos y prácticas	Estructura de trabajo por divisiones, método de ruta crítica. Planificación relacionada con el inicio del tiempo y la responsabilidad de las actividades mediante contratación o asignación.	Enfoque en equipo, reducción rápida de la incertidumbre, blindaje, equilibrio, desacoplamiento. Planificación relacionada con el tiempo, la calidad y la liberación del trabajo.	Desarrollo y prueba de extremos contra medios para determinar requisitos. Planificación relacionada con la estructura de trabajo, proceso y participación.
Contribución práctica	Tiene cuenta que las cosas necesarias se hagan.	Tiene en cuenta que lo innecesario se haga lo mínimo posible.	Cuidando que los requisitos del cliente se cumplan de la mejor manera posible.

*Fuente: Elaboración propia.*

## Evolución Lean Construction

La presente línea de tiempo explora de forma breve los aportes al concepto Lean Construction o construcción sin pérdidas. [10]. Ver figura 5.

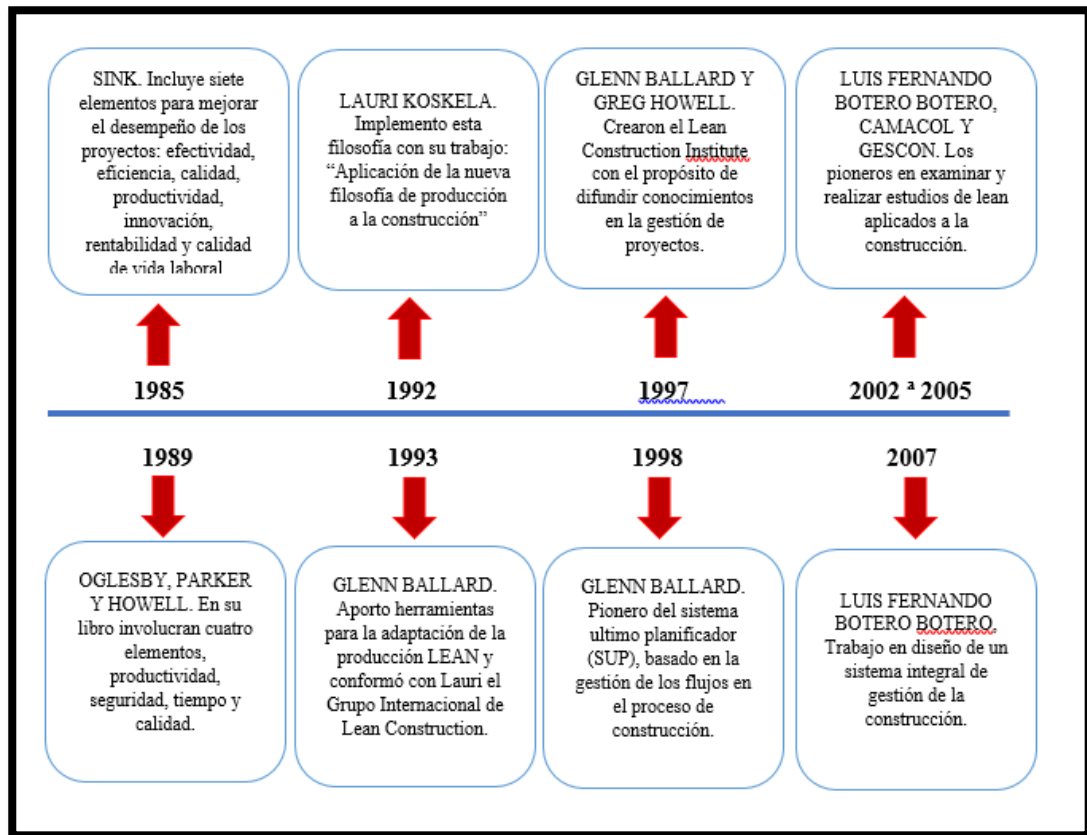


Figura 5. Línea de tiempo Lean Construction. Fuente: Elaboración propia.

## Lean Construction

*Lean Construction* es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean

Production Management, este modelo permite maximizar el valor y minimizar las pérdidas de los proyectos, generándole un incremento en la productividad de los procesos de construcción.

Los principios básicos *Lean Construction* es reducir las pérdidas en las actividades de construcción, el incremento de valor para el cliente y la mejora continua. Para establecer una buena implementación de los modelos de *Lean Construction*, se establece 7 herramientas para proyectos de construcción. [20]

### Principios de Koskela.

Esta teoría de Koskela fueron abordados en 1992 permite evaluar las mediciones de desempeño en los proyectos de construcción, entre ellas medición de perdidas, valor tiempo del ciclo y variabilidad. A continuación, se muestran los principios propuestos por Koskela. [8]

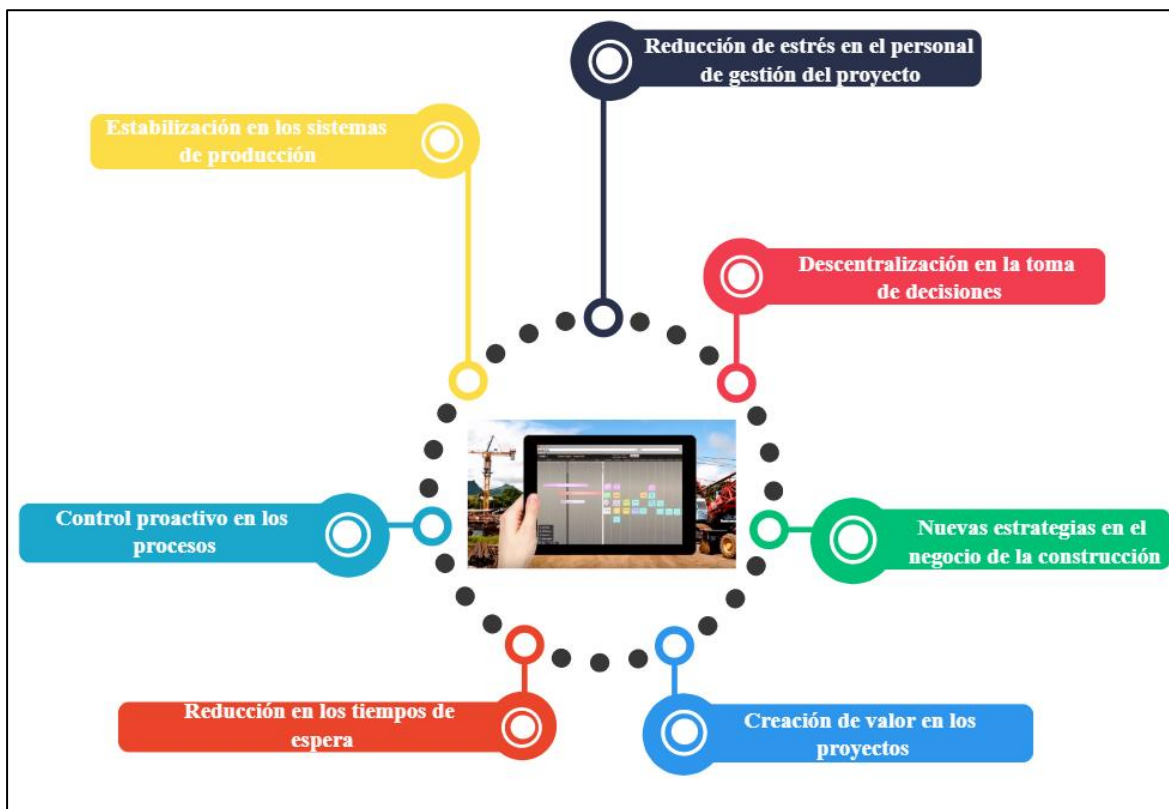
1. Incrementar el valor del producto con base en los requerimientos de los clientes
2. Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas)
3. Reducir la variabilidad
4. Reducir el tiempo de ciclo
5. Simplificar, por medio de la minimización del número de pasos y partes

6. Incrementar la flexibilidad de la producción
7. Incrementar la transparencia del proceso
8. Enfocar el control del proceso completo
9. Mejorar continuamente en el proceso
10. Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones
11. Referenciar (Benchmarking)

Estos principios son fundamentales para minimizar los procesos con la menor cantidad de desperdicios lo que permitirá una producción más efectiva y eficaz.

### **Last Planner System (LPS)**

Es una metodología basada en la filosofía Lean, el cual su objetivo primordial es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor, estableciendo procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo y herramientas de medida de la productividad. LPS propone identificar estrategias de toma de decisiones, con el fin de evitar tomar decisiones apresuradas que impacte negativamente a otras áreas del proyecto, como se puede observar en la figura 6 los beneficios que propone LPS. [8]



*Figura 6. Beneficio de Last Planner System. Fuente: Elaboración propia.*

### **Performance-Based Design (PBD)**

Es una herramienta que se encarga de ejecutar los diseños basados en el desempeño, que permite medir todas las fases de los procesos de construcción y dimensionar los componentes estructurales.

### **Building Information Modeling (BIM)**

Es una herramienta tecnológica basado en modelos que proporciona información para ayudarlo a planificar, diseñar, construir y administrar los proyectos de construcción. Los beneficios de BIM ver figura 7. [21]



*Figura 7. Beneficios Building Information Modeling. Fuente: Elaboración propia.*

### **Virtual Design and Construction (VDC)**

Es una metodología creada por la Universidad de Stanford, utilizada para crear soluciones en un entorno digital, para simular procesos de ejecución del diseño y construcción de la obra permitiéndole identificar falencias en los procesos y así, corregirlas antes de que ocurran en la fase constructiva. [22]

### **Integrated Project Delivery (IPD)**

Es un método de gestión y ejecución que integrar durante todo el ciclo de vida, cuatro aspectos claves de un proyecto:

- Personas
- Sistemas
- Estructuras de negocio
- Prácticas de trabajo

IPD es un sistema que permite optimizar la construcción desde el inicio hasta el fin. [23]

### **Target Value Design (TVD)**

Es una metodología basada en la filosofía lean que consiste gestionar las fases de definición y diseño del proyecto con el objetivo de satisfacer los requisitos de cliente y las limitaciones del proyecto (costo y plazo).

## Evolución de PMI

La presente línea de tiempo explora de forma breve los antecedentes de PMI a lo largo de la historia y una pequeña relación en Colombia. Ver figura 8.

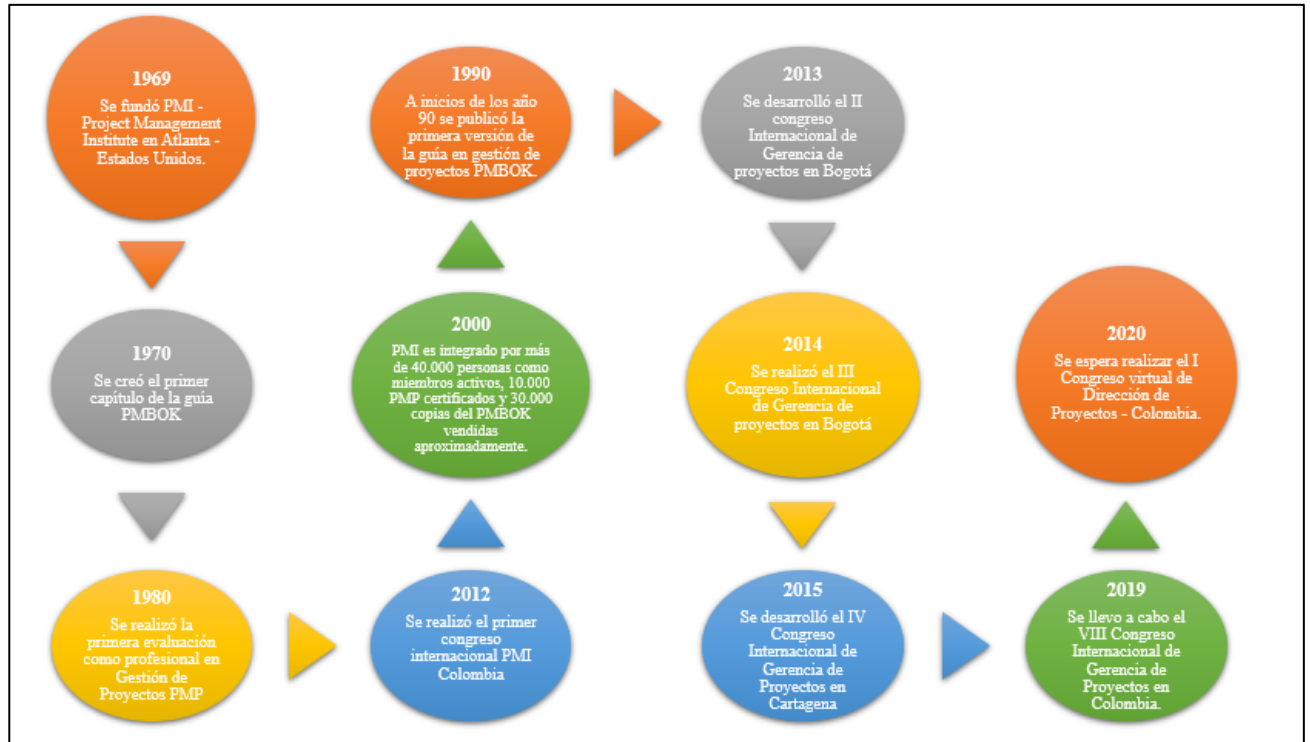


Figura 8. Línea de tiempo PMI. Fuente: Elaboración propia.

## Elementos de la guía PMBOK

El Project Management Institute PMI desarrolló la Guía del PMBOK, la cual contempla elementos para una adecuada de Gestión de Proyectos direccionados a la eficacia y eficiencia de estos. Dicho esto, se aclara que la versión 6.0 contiene diez áreas de conocimiento: Integración, Alcance, Tiempo, Costes, Calidad, Recursos, Comunicación, Riesgos, Adquisiciones e Interesados; 49 procesos correspondientes a la dirección del proyecto que se agrupan en cinco macroprocesos descritos a continuación. Ver figura 9.

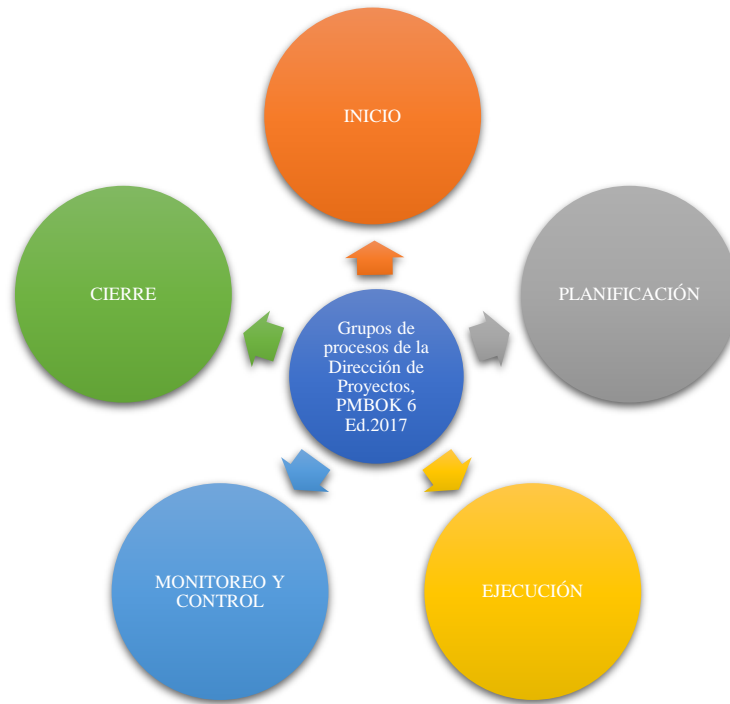


Figura 9. Elementos de la guía PMBOK. Fuente: Elaboración propia.

## 2. Materiales y Métodos

A continuación, se presenta la ruta metodológica de los objetivos para el desarrollo de Modelo de Gestión para proyectos de construcción, bajo los lineamientos de Lean Construction. Ver tabla 3.

Tabla 3.

Ruta metodológica

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DEFINICIÓN ETIMOLÓGICA	RUTA METODOLÓGICA
Diagnosticar la gestión de los proyectos de construcción.	La palabra <b>Diagnostico</b> significa a través del conocimiento que indica la capacidad de reconocer.	Se basa en el conocimiento de los subsistemas de la gestión de proyectos de construcción y a partir de este justipreciar su desempeño.
Analizar los criterios de gestión de proyectos. (PMI –Lean Construction)	La palabra <b>Analizar</b> es examinar algo cuidadosamente, que significa separar, ana significa separación y lysis disolución. También significa resolver algo.	Se examina en detalle la estructura de los proyectos de construcción, considerando criterios de PMI y las propuestas de <i>Lean Construction</i>

Fuente: Elaboración propia.



### 3. Resultados y Análisis

#### 3.1. Diagnóstico de Acuerdo con el Project Management Institute (PMI)

La primera fase del Modelo de Gestión para proyectos de construcción, bajo los lineamientos de Lean Construction, consiste en analizar cuál es el estado actual en que se encuentra los proyectos, frente al ciclo de vida. Para realizar el análisis se diseñaron unas listas de chequeo a dos proyectos. Estas contienen los criterios exigidos por el PMI con el fin de calificarlas de acuerdo con su grado de cumplimiento. A continuación, se observa detalladamente el diagnóstico, con base a los criterios del PMI. Ver tabla 4.

Tabla 4.

Lista de chequeo fases del proyecto de la empresa A y B.

LISTA DE CHEQUEO FASES DEL PROYECTO				
CICLO DEL PROYECTO	EMPRESA A		EMPRESA B	
	SI	NO	SI	NO
<b>1. INICIO</b>				
1.1. Primera definición del objetivo del proyecto.		x	x	
1.2 Estudio inicial de viabilidad técnica, económica, comercial, etc.	x		x	
1.3 Estimación de necesidades y posibles problemas para realizar el proyecto		x	x	
1.4 Análisis de posibles alternativas para cubrir las necesidades y deficiencias.		x	x	
1.5 Estudio de alternativas para realizar el proyecto.		x	x	
1.6 Primeras estimaciones de recursos necesarios, costes y plazos.	x		x	
1.7 Primera aproximación de la planificación del proyecto.	x		x	
1.8 Normativa y legislación aplicables.	x		x	
<b>TOTAL</b>	4	4	8	0
<b>2.DEFINICIÓN</b>				
2.1 Situación de estabilidad		x		x
2.2. Transición entre situaciones de estabilidad		x		x
2.3 Situación de estabilidad		x		x
<b>TOTAL</b>	0	3	0	3
<b>3. DISEÑO</b>				
3.1 Diseño técnico del proyecto	x		x	
3.2 Identificar las soluciones tecnológicas a aplicar para cada funcionalidad.		x	x	
3.3 Asignación de los recursos materiales	x		x	
3.4 Validación del diseño.	x		x	
3.5 Identificación y selección de subcontratación.	x		x	
3.6 Ajuste de las especificaciones técnicas.		x	x	
<b>TOTAL</b>	4	2	6	0

LISTA DE CHEQUEO FASES DEL PROYECTO				
CICLO DEL PROYECTO	EMPRESA A		EMPRESA B	
	SI	NO	SI	NO
<b>1. INICIO</b>				
<b>4. PLANIFICACIÓN</b>				
4.1 Identificación de tareas y actividades	x		x	
4.2 Secuenciación de tareas y actividades (determinación de actividades paralelas, secuenciales e interdependencias)	x		x	
4.3 Estimación de duración y de los recursos materiales y humanos.	x		x	
4.4 Estimación del coste de las actividades.	x		x	
4.5 Programación temporal mediante cronograma		x	x	
4.6 Optimización de la planificación: duración (asignando más recursos), costes (usando recursos más económicos, eliminando tareas innecesarias), sobreasignación (cambiando orden de las tareas, poniendo más recursos, etc.)		x		x
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>5. EJECUCIÓN Y CONTROL</b>				
5.1 Realización del trabajo planificado.		x		x
5.2 Control e integración del trabajo subcontratado.	x		x	
5.3 Integración de los elementos adquiridos externamente.	x		x	
5.4 Comprobación de que cada elemento desarrollado y el conjunto, cumplen los requisitos previamente definidos con el nivel de calidad acordado.		x		x
5.5 Realización de las correcciones necesarias para que el diseño corrija los problemas e imprevistos que hayan podido surgir.	x		x	
5.6 Validación de esta fase.	x		x	
5.7 Seguimiento técnico.	x		x	
5.8 Seguimiento económico.		x	x	
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>6. OPERACIÓN</b>				
6.1. Puesta en marcha, despliegue, distribución o lanzamiento del resultado.	x		x	
6.2 Cursos de formación a los usuarios, al centro de atención al cliente, al departamento de operación y mantenimiento, al cliente, etc.	x			x
6.3 Comprobación de que se cumplen todas las especificaciones en condiciones reales de funcionamiento.		x	x	

LISTA DE CHEQUEO FASES DEL PROYECTO				
CICLO DEL PROYECTO	EMPRESA A		EMPRESA B	
	SI	NO	SI	NO
<b>1. INICIO</b>				
6.4 Medición de indicadores para ver las mejoras conseguidas con respecto a la situación anterior a la puesta en marcha. (si aplica)		x	x	
6.5 Toma de datos de control para verificar el funcionamiento, detectar fallos y dispones de información para mejoras futuras.		x	x	
6.6 Comienzo de las actividades de mantenimiento, atención al cliente, etc.		x		
<b>TOTAL</b>	2	4	4	1
<b>7. FINALIZACIÓN</b>				
7.1 Actualización de datos técnicos como de gestión para incorporar modificaciones.	x		x	
7.2 Realizar informe de conclusiones con las lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto.		x		x
7.3 Archivo del proyecto para que la información esté disponible para toda la empresa.		x	x	
7.4 Reasignación de recursos y cierre contable del proyecto.	x		x	
<b>TOTAL</b>	2	2	3	1
<b>TOTAL CUMPLIMIENTO</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>8</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Análisis Diagnóstico sobre Ciclo de Vida de los Proyectos bajo Criterios de PMI.

En cuanto a lista de chequeo entregadas por los dos proyectos de construcción, se realizó una respectiva tabulación para determinar el nivel de cumplimiento bajo los lineamientos de PMI, donde se evidencia su planificación, ejecución, control, seguimiento y finalización de los procesos relacionados a la gestión de proyectos. Ver tabla 5 y figura 10.

Tabla 5.

Análisis del diagnóstico proyecto A.

PROYECTO A				
CICLO DE VIDA	CUMPLE	NO CUMPLE	% CUMPLE	% NO CUMPLE
1. INICIO	4	4	50%	50%
2. DEFINICIÓN	0	3	0%	100%
3. DISEÑO	4	2	67%	33%
4. PLANIFICACIÓN	4	2	67%	33%

PROYECTO A				
CICLO DE VIDA	CUMPLE	NO CUMPLE	% CUMPLE	% NO CUMPLE
5. EJECUCIÓN Y CONTROL	5	3	63%	38%
6. OPERACIÓN	2	4	33%	67%
7. FINALIZACIÓN	2	2	50%	50%
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>51%</b>	<b>49%</b>

Fuente: Elaboración propia.

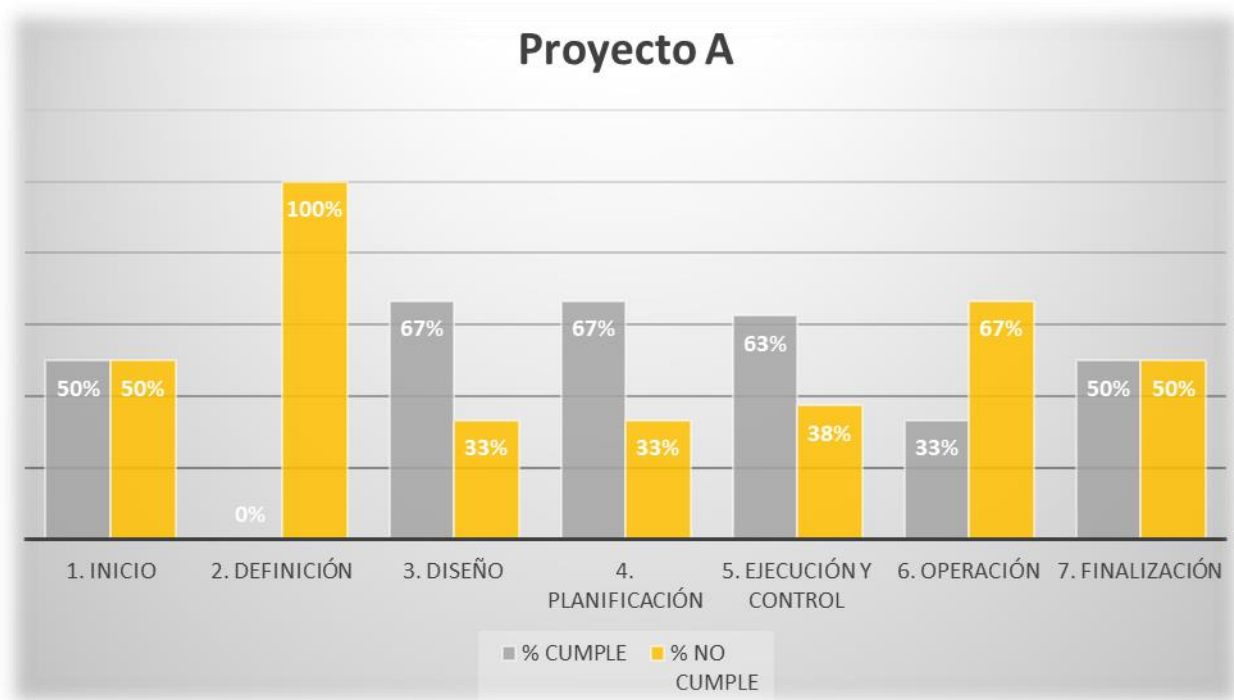


Figura 10. Consolidado diagnóstico inicial del ciclo de vida del proyecto A. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Análisis de Grafica del Diagnóstico Inicial del Ciclo de Vida del Proyecto A

A continuación, se realiza un análisis de cada una de las fases del proyecto. En la fase de Inicio y finalización del proyecto se observa que se tiene un cumplimiento de los ítems de estudios iniciales de viabilidad técnica, económica y comercial; aproximaciones estimadas de recursos necesarios costos y plazos; planificación del proyecto; normatividad y legislación aplicables; actualización de datos técnicos como de gestión para incorporar modificaciones y reasignación de recursos y cierre contable del proyecto. Estos elementos equivalen al 50% del total de las etapas del inicio y finalización de ciclo de vida.

La etapa con menor cumplimiento en ciclo de vida de proyecto A es “Definición”, ya que en este mismo no se considerado los ítems que conforman dicha etapa por tanto se percibe un 100% de no implantación de los elementos. Frente a las fases de Diseño, planificación, ejecución y control se tiene un cumplimiento estadístico mayor al 60% de

interpretando una buena gestión de los elementos que la componen. Mientras que en la etapa de operación se identifica el cumplimiento de la puesta en marcha, despliegue, distribución del resultado, cursos de formación a los usuarios, al centro de atención al cliente, al departamento de operación y mantenimiento, al cliente, etc., con un total de cumplimiento 33%. Ver figura 11.



Figura 11. Cumplimiento del ciclo de vida del proyecto A. Fuente: Elaboración propia.

Tras realizar el diagnóstico se observa que el proyecto A cumple con un 51% de la totalidad de todas las fases del ciclo de vida, dado que el entrevistado no conocía algunos de los elementos de guía PMBOK, sin embargo, se resalta la importancia de la planificación técnica y recurso frente al proyecto. Ver tabla 6 y figura 12.

Tabla 6. Análisis del diagnóstico proyecto B.

PROYECTO A				
CICLO DE VIDA	CUMPLE	NO CUMPLE	% CUMPLE	% NO CUMPLE
1. INICIO	8	0	100%	0%
2. DEFINICIÓN	0	3	0%	100%
3. DISEÑO	6	0	100%	0%
4. PLANIFICACIÓN	5	1	83%	17%
5. EJECUCIÓN Y CONTROL	6	2	75%	25%
6. OPERACIÓN	4	2	67%	33%
7. FINALIZACIÓN	3	1	75%	25%
TOTAL	32	9	78%	22%

Fuente: Elaboración propia.

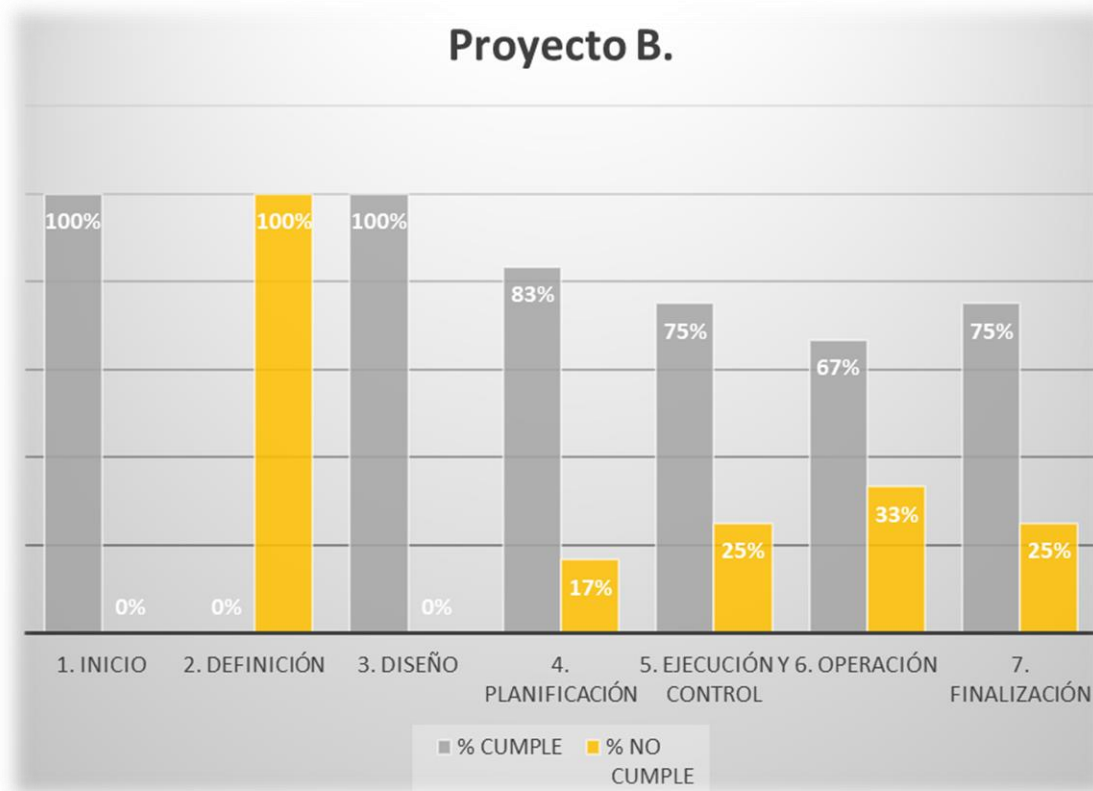


Figura 12. Consolidado diagnóstico inicial del ciclo de vida del proyecto B. Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4. Análisis de Grafica del Diagnóstico Inicial del Ciclo de Vida del Proyecto B

A continuación, se realiza un análisis de cada una de las fases del proyecto. Como se observa para las fases de Inicio, Diseño y Planificación se da un cumplimiento del  $\geq 83\%$ , dado que se ha concebido los criterios correspondientes a la guía PMBOK. A su vez Ejecución - Control, Operación y Finalización da un cumplimiento de  $\geq 67\%$  y  $\leq 75\%$  siendo un porcentaje representativo positivo en la gestión de proyecto. Caso contrario en la fase de Definición se aprecia un 100% para no cumplimiento de elementos de esta etapa. Ver figura 13.

Tras realizar el diagnóstico se observa que el proyecto B cumple con un 78% de la totalidad de todas las fases del ciclo de vida.

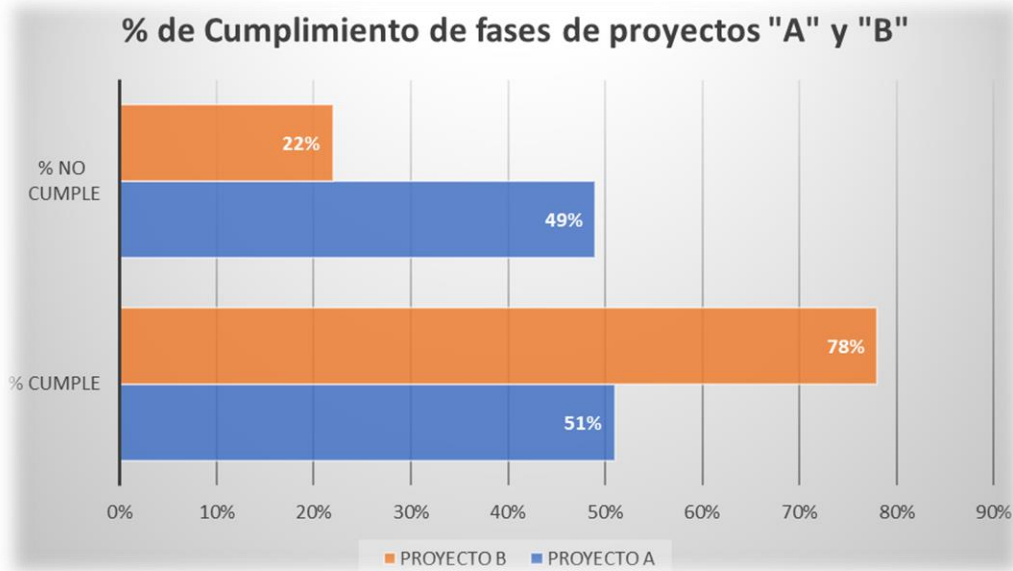


Figura 13. Cumplimiento de las fases proyecto A y B. Fuente: Elaboración propia.

Se puede definir que la empresa como mayor cumplimiento en los criterios de la guía PMBOK es el proyecto B dado por la madurez de la organización podría garantizar el cumplimiento de tales requisitos, es de exaltar que la compañía dentro de su planeación estrategia concibe la gestión por proyectos. Frente al proyecto A el cumplimiento de los criterios no se tuvo un buen alcance, considerando que la estructura de la organización no cuenta con gestión de proyecto sino de procesos; sin embargo, cumple un 51%.

### 3.5. Árbol de Problema

En el árbol de problema, se identifica las siguientes causas con relación a la gestión de proyectos de construcción.

- En la planificación de los proyectos de construcciones las organizaciones no tienen bien definidos el alcance de sus objetivos, esto conlleva a no tener claridad en algunos aspectos y métodos de comunicación interna y externa con las partes interesadas afectando cada proceso.
- Los proyectos de construcción no cuentan con una identificación de riesgos oportunamente afectando criterios importantes: alcance, tiempo, costo y calidad en la gestión del proyecto
- En la definición del proyecto en situación, transición y situación de estabilidad, los proyectos de construcción no cuentan con métricas para medir la mejora, esto conllevando a fallas en las fases conceptuales e inestabilidad en los proyectos.
- En la planificación del proyecto no hay claridad en el asignado de recursos, no se cuenta con procedimientos y protocolos en los controles y verificación, generando falta de claridad en las responsabilidades individuales ni su interrelación con el conjunto.
- En el diseño del proyecto se debe establecer definiciones claras frente a las especificaciones técnicas, dado que en algunos sectores de la construcción no cuenta con una planificación estratégica.

- En la ejecución y control del proyecto se presentan escasez de seguimientos, esto conlleva que la gestión de cambio no se gestiona adecuadamente afectando la optimización de procesos, costo, tiempo y calidad.
- En los sectores de construcciones se debe establecer controles internos y externos que permita el cumplimiento de especificaciones técnicas en la etapa operativa del proyecto y así mismo tomar decisiones basadas en la evidencia.
- En la finalización del proyecto no se tiene claridad sobre los informes finales, dado que no se tiene procedimientos específicos en relación con la gestión del cambio; por lo cual, los entregables finales del proyecto no se tienen completos ni con la calidad esperada.



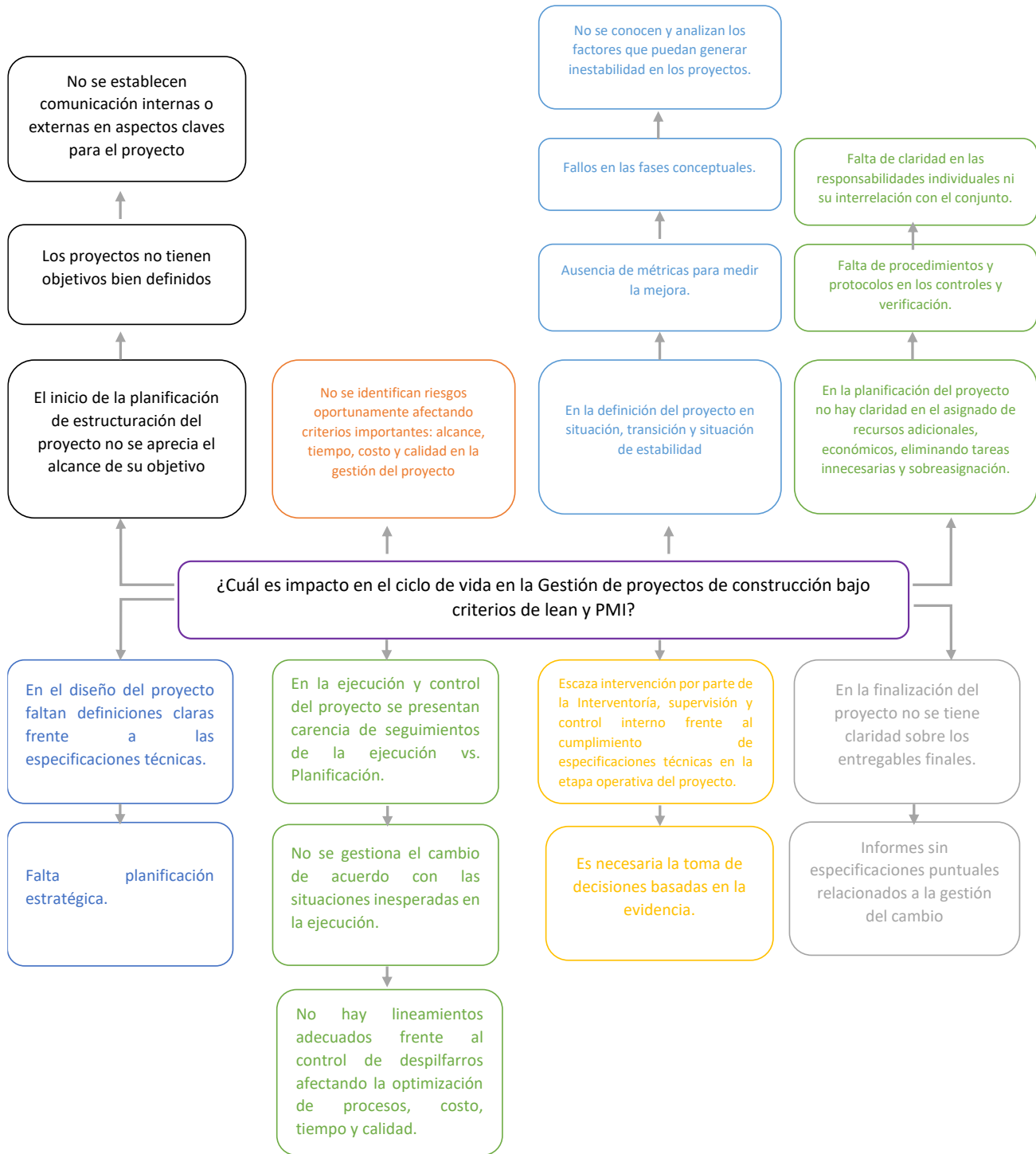


Figura 14. Árbol de problema de los proyectos de construcción. Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

- Estas dos metodologías se pueden integrar dado que la filosofía Lean y PMI, permiten obtener resultados eficientes y eficaces en todo el ciclo de vida de los proyectos, para que esta modelo se exitosa se requiere un cambio en la cultura de las empresas permitiéndolo establecer nuevas técnicas en su planificación, diseño, control y ejecución, con el fin de identificar las pérdidas, oportunidades y mejoras en los proyectos.
- Los lineamientos de Lean y PMI son completamente compatibles, los cuales permiten fortalecer la planificación del proyecto, con un enfoque de mejora continua, el cual permite disminuir pérdidas, gestionar el cambio, generar valor para las partes interesadas, además de brindar buenas prácticas para que los proyectos sean exitosos.
- Las organizaciones deben implementar nuevas estrategias de gestión, que permitan incrementar la productividad, la competitividad y el mejoramiento del desempeño del sector, mediante la utilización de metodologías de Lean Construction y PMI que permite identificar y cuantificar las pérdidas de los proyectos de construcción.
- Al tener una óptica de modelo de gestión integral de los lineamientos de Lean y PMI e implementar tal método, se podría garantizar el cumplimiento de los objetivos de los proyectos relacionados al alcance, tiempo, costo y calidad, a su vez mejorar continuamente optimizando los recursos planificados.
- Los modelos de gestión deben ser vistos por las organizaciones como aquellas metodologías que agregan valor, mas no que generan reprocesos o sobrecostos; toda vez, que en la integración de Lean y PMI en proyectos de construcción, no se requiere sobreesfuerzos adicionales para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos, no obstante, agregarían valor a la organización.

## Referencias

- 1] IDIGER, «Caracterización General del Escenario de Riesgo por la Actividad de la Construcción,» 12 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/rconstrucciones>.
- 2] CAMACOL y SENA, «[www.camacol.co](http://www.camacol.co),» 9 SEPTIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <https://camacol.co/sites/default/files/documentos/Proyecto%20Investigativo%20del%20Sector%20de%20la%20Construccion.pdf>.
- 3] G. E. Toyota, «Toyota Production System,» 4 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://toyota-forklifts.es/sobre-toyota/toyota-production-system/>.
- 4] Portafolio, «Estrategia para la gestión en el sector de la construcción,» 4 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/estrategias-gestion-sector-constructor-270216>.
- 5] G. Arboleda Velez, *Proyectos, formulación, evaluación y control*, Cali: AC editores , 1998.
- 6] C. A. Diaz Rendon y C. P. Carmona González, 16 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/52/Dise%c3%b1o%20de%20una%20metodolog%c3%ada%20para%20la%20gesti%c3%b3n%20de%20proyectos%20de%20inversi%c3%b3n%20en%20el%20ITM%2c%20basada%20en%20el%20Project%20Management%20Institute%e2%80%93PMI.pdf?s>.
- 7] P. M. I. PMI, *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*, EUU: Project Management Institute, Inc., editor., 2017.
- 8] N. Y. Sanabria Vargas, «Modelo de madurez de Lean Construction,» 12 diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15116/u754474.pdf?sequence=1>.
- 9] M. E. Álvarez Villa, «<http://www.eafit.edu.co/>,» 16 mayo 2020. [En línea]. Available: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/702/624>.
- 10] L. F. Botero Botero y M. E. Álvarez Villa, 18 mayo 2020. [En línea]. Available: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911/817>.
- 11] M. A. Cruz Cubillos, 18 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7817/LEAN%20CONSTRUCTIO%20N.pdf>.
- 12] L. . F. Botero Botero y M. E. Álvarez Villa, «<http://www.eafit.edu.co/>,» 22 Mayo 2020. [En línea]. Available: [https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Ingenieria%20Sistemas/9.pdf](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20Sistemas/9.pdf).

- D. A. Hernández Atehortúa, «<https://unal.edu.co/>,» 22 Mayo 2020. [En línea]. Available:  
13] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60327/DiegoA.HernandezAtehortua.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- D. Tapias, 22 mayo 2020. [En línea]. Available:  
14] [http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4\\_Ciclo%20de%20vida.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C4_Ciclo%20de%20vida.pdf).
- L. Padilla, «LEAN MANUFACTURING,» 19 septiembre 2019. [En línea]. Available:  
15] <http://files.udesprocesos.webnode.es/200000028-6743f683e7/manufactura%20esbelta%20toyota.pdf>.
- M. Fuentes , «LEAN PRODUCTION: ESTADO ACTUAL Y DESAFÍOS FUTUROS DE LA INVESTIGACIÓN,» 18 setiembre 2019. [En línea]. Available:  
16] <https://www.redalyc.org/pdf/2741/274120280010.pdf>.
- C. U. Asturias , «Definición y Principios del Lean Management,» 8 julio 2020. [En línea].  
17] Available: [https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento\\_calidad/unidad3\\_pdf3.pdf](https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/aseguramiento_calidad/unidad3_pdf3.pdf).
- U. P. d. M. UPM, «Las Técnicas de justo a tiempo y su recuperación en los sistemas de producción,» 18 setiembre 2019. [En línea]. Available:  
18] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lcp/sanchez\\_c\\_l/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/sanchez_c_l/capitulo4.pdf).
- H. GLENN BALLARD, «THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL,» 8 Julio 2020. [En línea]. Available:  
19] <https://core.ac.uk/download/pdf/19522739.pdf>.
- L. C. E. LCE, 22 07 2020. [En línea]. Available:  
20] <https://sites.google.com/a/leanconstructionenterprise.com/lean-construction-enterprise/documentacion/lean-construction>.
- Boukara, «<http://apc.aast.edu/wordpress/>,» 26 julio 2020. [En línea]. Available:  
21] [file:///C:/Users/DELL/Downloads/A\\_Brief\\_Introduction\\_to\\_Building\\_Information\\_Model.pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/A_Brief_Introduction_to_Building_Information_Model.pdf).
- POND, «<https://www.pondco.com/>,» 26 julio 2020. [En línea]. Available:  
22] <https://www.pondco.com/wp-content/uploads/2017/12/Virtual-Design-Construction.pdf>.
- . Y. G. Pila Huancachoque, «Integrated Project Delivery (IPD),» 26 julio 2020. [En línea].  
23] Available: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/18628-Texto%20del%20artículo-73828-1-10-20170529.pdf>.







