

# ESTADO ACTUAL DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

## *CURRENT STATUS OF THE APPLICATION OF THE LEAN CONSTRUCTION METHODOLOGY IN THE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS IN COLOMBIA.*

Brigitte Zambrano O<sup>1</sup>, Stefania Caballero O<sup>2</sup>, Eduardo Ponce B<sup>3</sup>.

**Resumen:** Colombia se ha transformado en uno de los países más dinámicos en materia económica, siendo el sector de la construcción una base fundamental para el desarrollo de la economía local; es por esta razón que el país debe evolucionar paralelamente a los avances que se presentan en este sector y la metodología Lean Construction se presenta como una herramienta fundamental a la hora de planificar dichos proyectos. En este contexto el siguiente trabajo presenta un marco de referencia del estado actual de la aplicación de esta metodología en Colombia en base a una revisión de literatura que clasifica y expone los diferentes casos encontrados.

**Palabras clave:** Lean Construction, Last Planner, Productividad, Competitividad, Cadena de Valor, Eficiencia.

**Abstract:** Colombia has become one of the most dynamic countries in the economic sector, being the construction sector a fundamental base for the development of the local economy; It is for this reason that the country must evolve in parallel with the advances that are presented in this sector and the Lean Construction methodology is presented as a fundamental tool when planning the projects. In this context, the following project presents a frame of reference of the current status of the application of this methodology in Colombia in a literature review that classifies and exposes the different cases found.

**Key words:** Lean Construction, Last Planner, Productivity, Competitiveness, Value Chain, Efficiency

---

<sup>1</sup> Ingeniera Industrial Especialista en Gestión de Proyectos, Universidad Libre Barranquilla – Colombia. [ingbzo@gmail.com](mailto:ingbzo@gmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial Especialista en Gestión de Proyectos, Universidad Libre Barranquilla – Colombia. [steca29@hotmail.com](mailto:steca29@hotmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero de Mercados Especialista en Gestión de Proyectos, Universidad Libre Barranquilla – Colombia. [eduardoponce66@hotmail.com](mailto:eduardoponce66@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

A principios de los años 90, el sistema productivo a nivel global comenzó a hablar del cambio productivo, el cual empezó sus orígenes en el sector del automovilismo con una filosofía que se conoce con el nombre de Lean Manufacturing y más tarde se fue adaptando para otras industrias y sectores, el cual se fue expandiendo y empezó a tener aplicación un nuevo modelo productivo de la construcción llamado Lean Construction que surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde se han realizado diversos estudios y análisis que revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costos, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. [1]

Lean Construction es una filosofía que permite mejorar la productividad y la competitividad de las organizaciones a la hora de gestionar los proyectos de construcción, cuenta con estrategias para potenciar la cadena de valor al eliminar las actividades que generan pérdidas en el proyecto.

Actualmente, se espera que las construcciones Lean sean implementadas en varias industrias en Colombia, puesto que, toda empresa debe pensar en la reducción de desperdicios y preservación de los recursos naturales. Para que esta metodología se implementada de manera exitosa, las empresas deben empezar por dejar de resistirse al cambio, interesarse por conocer los beneficios que aporta esta y tener en cuenta los recursos y medios que necesitan para aplicarla.

En el presente artículo se plasma el marco de referencia producto de realizar la revisión de la literatura sobre el estado actual de la aplicación de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia.

## METODOLOGÍA

El desarrollo de la revisión de la literatura acerca del estado actual de la aplicación de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia se realizó de la siguiente forma:

- ❖ Definición del problema: se desarrolló un problema suficientemente claro para poder efectuar una búsqueda de la revisión de la literatura que permita responder a los requerimientos de la investigación.
- ❖ Desarrollo del marco teórico de la investigación: este se realiza con el fin de conocer y estudiar conceptos relacionados con la temática de la investigación.

- ❖ **Búsqueda de la información:** en esta etapa es necesario consultar la información en bases de datos, libros y revistas con el objeto de conocer el estado del arte de la investigación.
- ❖ **Selección de la información:** luego de realizar la búsqueda de información se procede a filtrar los datos obtenidos para evitar que los artículos se repitan.
- ❖ **Definición de la clasificación de la información:** en esta etapa se plantea el método de clasificación que se usará en la revisión.
- ❖ **Organización y tabulación de información:** en esta etapa se organiza y se tabula la información encontrada en categorías para obtener una estructura organizada de la revisión.
- ❖ **Análisis de la información:** en esta etapa se analiza la literatura consultada, se presentan los aspectos más relevantes de los artículos, trabajos y tesis de investigación en relación con la temática abordada.
- ❖ **Conclusiones:** en esta etapa se plantean las conclusiones que se obtienen luego de revisar y analizar la literatura.

En el desarrollo de la fase investigativa se tuvo en cuenta cerca de 50 referencias nacionales e internacionales con el objeto de determinar la incidencia de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción.

La primera clasificación es, lugar geográfico donde se desarrolló la investigación o se planteó el artículo. La primera clasificación será denominada **categoría N°1**, esta categoría cuenta con unas subcategorías que informan si el artículo fue publicado en Colombia y en otro país teniendo en cuenta la ciudad.

**Tabla #1. Categoría N°2: Ubicación geográfica**

PAISES	CIUDADES
Colombia	Medellín
	Barranquilla
	Cali
	Bogotá
	Bucaramanga
Mexico	Monterrey
	Ciudad Juarez
	Cancún
chile	Santiago
Peru	Trujillo
	Lima
Estados Unidos	San Diego
Egipto	Alejandro
Ecuador	Guayaquil
Brasil	São Carlos
España	Madrid
	valencia
Argentina	Entre Ríos
Venezuela	Caracas
Costa Rica	Cartago
Bolivia	La Paz

**Fuente:** Elaboración de los autores

**Categoría N°2:** corresponde al tipo de investigación a la que corresponde la referencia analizada.

**Tabla #2.** Categoría N°2: Tipo de investigación

TIPO	CANTIDAD
ARTICULOS	25
INFORME	5
REVISTA	1
PROYECTO	7
TEISIS DE GRADO	3
TESIS DOCTORAL	2
TESIS MAGISTRAL	2
TRABAJO DE GRADO	3
VIDEO	1
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>

**Fuente:** Elaboración de los autores

**Categoría N°3** corresponde a un meta análisis de las revisiones de la literatura realizadas en Colombia con sus descripciones, se presentan un total de 27 referencias bibliográficas entre ellas artículos, videos, tesis de grado etc.

**Tabla #3.** Categoría N°3: Meta análisis General

METAANÁLISIS DE LA LITERATURA - CLASIFICACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES						
ITEM	AÑO PUBLICACIÓN	AUTOR (ES)	PAÍS	CIUDAD	TIPO	TÍTULO
1	2003	Luis Fernando Botero, Martha Eugenia Álvarez.	Colombia	Medellín	Artículo	Identificación De Pérdidas En El Proceso Productivo De La Construcción.
2	2004	Luis Fernando Botero Botero, Martha Eugenia Álvarez Villa.	Colombia	Medellín	Artículo	Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda (Lean Construction como Estrategia de Mejoramiento)
3	2005	Luis Fernando Botero, Martha Eugenia Álvarez Villa	Colombia	Medellín	Artículo	Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín
4	2007	Luis Fernando Botero, Martha Eugenia Álvarez, Carlos Augusto Ramirez.	Colombia	Bogotá	Artículo	Benchcolombia, Sistema De Referenciación Para la construcción.
5	2007	Elberth Delgado	Colombia	Bucaramanga	Trabajo de Grado	Aplicación De La Metodología De Planeación Last Planner En El Mejoramiento De La Productividad, Efectividad Y Eficiencia En El Sistema Constructivo Aporticado (Lean Construction).
6	2007	Martha Eugenia Álvarez Villa.	Colombia	Medellín	Artículo	Lean Data Aplicación De Lean Construction En La Toma De Datos
7	2007	Blanca Ruiz	Mexico	Monterrey	Tesis magistral	Desarrollo del Perfil para un Profesional Bajo la Metodología de Lean Construction-Edición Única
8	2009	Chiriví Edwin, Pulido Luz Dary.	Colombia	Bogotá	Informe Económico	Lecciones Del Congreso Colombiano De La Construcción 2009: Competitividad Para Construir El Futuro.
9	2009	Alarcón Luis y Pellicer Eugenio	chile		Artículo	Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas
10	2011	Ribón, Jhonattan Guillermo Tercero Martínez	Colombia	Bogotá	Tesis magistral	Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción
11	2011	Ponz J. ; Benlloch Marco, ; Andres Romano, Senabre Doria.	Chile	Santiago	Artículo	Un algoritmo matricial RUPSP / GRUPSP "sin interrupción" para la planificación de la producción bajo metodología Lean Construction basado en procesos productivos.
12	2011	Clemente andres luengas zuñiga	Colombia	Bucaramanga	tesis de grado	Implementación y seguimiento de la metodología lean Construction a las actividades constructivas de la obra metropolitan business park en la empresa marval s.a.

Estado Actual De La Aplicación De La Metodología Lean Construction En La Gestión De Proyectos De Construcción En Colombia

13	2012	Ariel Alejandro Ortiz Zambrano.	Colombia	Cali	Proyecto de emprendimiento	Propuesta Para La Creación De Empresa Prestadora De Servicios En: Implementación De La Filosofía Lean Construction Para La Determinación De Pérdidas Y Mejoramiento Del Proceso Constructivo Para Proyectos De Vivienda En La Ciudad De Popayán
14	2012	K. Revilla	Peru	Lima	tesis de grado	Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción.
15	2012	T. d. C. Alves, M. C. Colin y K. Walsh	Estados Unidos	San Diego	Artículo	Exploring lean construction practice, research, and education
16	2013	Holmes Páez, Hernando Vargas, Laura Ramírez.	México	Cancún	Artículo	La Institucionalización Del Lean Construction En Un País En Desarrollo.
17	2013	Sebastian Raul castillo Tovar	Colombia	Bogotá	tesis de grado	Análisis De Implementación De La Metodología Lean Para Un Edificio De Vivienda Estrato Cinco
18	2013	Usama Hamed Issa	Egipto	Alejandro	Artículo	Implementacion de tecnicas de construccion ajustada para minimizar el efecto de los riesgos en el tiempo de construccion del proyecto.
19	2014	Jeyson Leonardo Cubaque Sarmiento.	Colombia	Bogotá	Trabajo de Grado	Diseño De Una Propuesta Para La Implementación De La Metodología Lean Construcción En Una Empresa Del Sector Construcción.
20	2014	Porras Hernán, Sánchez Omar y Galvis José	Colombia	Bucaramanga	Artículo	filosofía lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual
21	2014	Sánchez Alex, Rosa Danny y Benavides Pedro	peru	lima	Artículo	Implementación del sistema lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas
22	2015	Sandra Cano, Marcela Fajardo, Luis Botero, Oscar Rubiano.	Brasil	São Carlos	Artículo	Entornos Y Sistemas De Producción En Construcción - Relación Con La Evolución De La Aplicación De Lean Construction En Colombia.
23	2015	Cooperativo ZFB	Colombia	Bogotá	Informe de Sostenibilidad	Desarrollando entornos sostenibles para los negocios Zona Franca de Bogotá.
24	2015	Xavier Max Brioso Lescano.	España	Madrid	Tesis Doctoral	El Análisis De La Construcción Sin Pérdidas (Lean Construction) Y Su Relación Con El Project & Construction Management: Propuesta De Regulación En España Y Su Inclusión En La Ley De La Ordenación De La Edificación.
25	2015	Argos	Colombia		Artículo informativo	Construye sin pérdidas, construye lean

26	2015	Cruz Milton	Colombia	Bogotá	Proyecto de Grado	Análisis de mejoramiento de los capítulos PMI a través de las metodologías lean en el sector de construcción
27	2015	Junior de la Cruz, Sarita Neira	Peru	Trujillo	Trabajo de Grado	Aplicación de la metodología Last planner system en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo
28	2015	S. CANO, J. DELGADO, L. BOTERO y O. RUBIANO	Colombia	Bogota	Artículo	Barreras y factores de éxito que impactan la implementación de Lean Construction.
29	2015	J. Ramos, C. Davalos, A. Lopez y A. Rodriguez	Mexico	Ciudad Juarez	Artículo	Análisis para la implementación del modelo Lean en el sector de la construcción.
30	2015	Asier Latorre Uriz	españa	valencia	Tesis Doctoral	Filosofía Lean aplicada a la construcción
31	2015	Ing. Cesar Guzmán	peru	lima	video	Lean construction "una filosofía de cambio"
32	2015	Argos	Colombia	colombia	informe	Experiencia lean construction, caso arquitectura y concreto
33	2016	Sandra Cano, Damian Erazo, Leonardo Rivera, Luis Botero.	Colombia	Bogotá	Artículo	Exploración De La Implementación De La Filosofía Lean Construction En Empresas Constructoras Colombianas.
34	2016	Rojas Miguel, Henao Mariana y Valencia María	Colombia	Medellín	Artículo	Lean Construction – LC Bajo Pensamiento Lean
35	2016	Ortiz, Diego Villamizar. Leidy	Colombia	Bucaramanga	Proyecto de Grado	Implementación de los principios de Lean construction en la constructora colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio del rosario.
36	2016	Karina Guerrero	Ecuador	Guayaquil	Informe	Análisis y propuesta para minimizar errores y reducir tiempos sin valor agregado en los procesos de diseño y ejecución de proyectos habitacionales de constructora de viviendas en vía a la costa de la ciudad de Guayaquil.
37	2017	Jhonattan Martinez, Rodrigo F. Herrera Valencia, Luis Salazar Fica.	Argentina	Entre Ríos	Artículo	Propuesta Metodológica para la Implementación de la Metodología Lean en Proyectos de Construcción.

## Estado Actual De La Aplicación De La Metodología Lean Construction En La Gestión De Proyectos De Construcción En Colombia

38	2017	Henry Cano, Nilton Nieto, Katherine Arango.	Colombia	Bogotá	Proyecto de Grado	Implementación de la Metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A.
39	2017	Gustavo A. Araque, David A. García, Elkin D. Aguirre.	Colombia	Medellín	Artículo	La Metodología Lean Construction Y El Análisis De Perdidas En El Sector Civil Colombiano: Un Estudio De Caso.
40	2017	Sandra Cano, Luis Botero, rivera Leonardo.	Venezuela	Caracas	Artículo	Evaluación Del Desempeño De Lean Construction.
41	2017	Pablo Elías Suarez Rojas	Colombia	Barranquilla	Proyecto de Grado	Diseño De Lineamientos Basados En La Filosofía Lean Construction En Las Etapas Gerenciales De Un Proyecto Civil.
42	2017	Greivin de los Ángeles Alpizar Ávalos.	Costa Rica	Cartago	Proyecto de Grado	Aplicación De Lean Construction A Través De La Metodología Last Planner A Proyectos De Vivienda Social De FUPROVI.
43	2017	Lucía Díaz Birgos.	España	Valencia	Proyecto de Grado	Barreras, Factores De Éxito Y Estrategias En La Implementación De Lean En La Construcción. Una Primera Aproximación A La Situación En España.
44	2017	Luis Fernando Botero	Colombia	Medellín	Artículo	Diez años de implementación Lean en Colombia: Logros y dificultades.
45	2017	Lozano Bermúdez, Deyby Alexander	Colombia	Medellín	Artículo	Implementación de la metodología lean construction y la guía PMBOK para el mejoramiento de los proyectos de vivienda multifamiliar
46	2017	Karol Florez	peru	lima	informe	Cómo implementar Lean Construction en una empresa constructora pequeña o mediana
47	2017	Juan C. Ordoñez	Bolivia	La Paz	Articulo	Metodología lean construction: hacia una edificación eficiente.
48	2017	el mundo	España	Madrid	revista	ACR grupo implementa la metodología 'lean construction' en todas sus obras residenciales
49	2018	Ramírez Cindy	Colombia	Bogotá	Artículo	Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green lean. análisis de un estudio de caso

**Fuente:** Elaboración de los autores



## **ANÁLISIS DE LA LITERATURA**

En este apartado se presenta la revisión sistemática de la literatura para la elaboración del trabajo de grado, la cual aborda 2 marcos importantes sobre la aplicación de la metodología Lean Construction en Colombia y a nivel internacional.

- **Lean Construction en Colombia**

### **La Metodología Lean Construction y el análisis de pérdidas en el sector civil colombiano: un estudio de caso.**

Araque Gustavo y otros, enfatizan sobre la metodología Lean Construction y presentan el análisis a un caso de estudio de un proyecto de construcción en la ciudad de Bucaramanga, del departamento de Santander. Los autores manifiestan optimizar el tiempo de las actividades que se generan en cada fase del proyecto es uno de los factores fundamentales puesto que genera mayor impacto en la creación de valor para las actividades constructivas de las organizaciones. [2]

Según los autores, es necesario aplicar técnicas estadísticas con el objeto de obtener un análisis detallado y conocer la problemática del proyecto, se propone que para implementar la metodología Lean Construction es necesario un que los dirigentes de las organizaciones que hacen parte del proyecto manifiesten una iniciativa por innovar la forma en cómo gestionan un proyecto. Para ello será necesario capacitar y hacer seguimiento al proceso de instrucción sobre la metodología Lean formación del nuevo sistema, con el objeto de explicar a todo el personal en que consiste la metodología, de forma que sea ágil y eficaz su desarrollo e implementación en la compañía. De otra parte, se plantea como mecanismo de control para los proyectos de construcción el análisis de pérdidas en los procesos constructivos, de esta forma se monitorea y se gestiona las tareas que se ejecutan dentro del proyecto sin realizar aportes significativos a la cadena de valor.

### **Diez años de implementación Lean en Colombia: Logros y dificultades.**

Según su autor las estrategias Lean Construction buscan mejorar la eficiencia de la utilización de los recursos, en el mejoramiento de la calidad y mucha planificación, para alcanzar el éxito productivo en las empresas que lo utilicen. [3]

### **Last Planner, Un Avance En La Planificación Y Control De Proyectos De Construcción Estudio Del Caso De La Ciudad De Medellín.**

[...] El objetivo de este artículo es divulgar los resultados de la aplicación del sistema Last Planner en proyectos de construcción en Medellín durante 2003, como parte de la investigación "Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción". Los resultados obtenidos muestran una tendencia al mejoramiento cada vez que se aplica el sistema, de acuerdo con el indicador PAC (porcentaje de asignaciones completadas). [4]

### **Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda.**

Luis Fernando Botero y Martha Álvarez, en el año 2002 deciden efectuar una prueba piloto contando con la participación de varias constructoras de la ciudad de Medellín, posterior a la prueba piloto, los investigadores plantean que es posible mejorar la productividad en la construcción, por lo cual proponen unos lineamientos para mejorar la productividad en la construcción de vivienda con el claro objetivo de aportar conceptos mediante una guía de mejoramiento continuo cuyo propósito es optimizar la competitividad y la productividad de las empresas del sector. [5]

A continuación, se presenta una serie de pasos propuesta por los autores para aplicar la metodología durante el ciclo de vida de los proyectos de vivienda.

- 1) Sensibilización sobre nuevos enfoques aplicados a la construcción
- 2) Capacitación del personal de producción de obra.
- 3) Identificación y reducción de pérdidas (implementación de Last Planner).
- 4) Puesta en marcha del plan de acción sobre las recomendaciones.
- 5) Evaluación de la efectividad del plan de acción con recomendaciones de mejoramiento.
- 6) Construcción de indicadores integrales de productividad.

De lo anterior, es posible concluir que al hacer uso de la filosofía Lean Construction e implementar la serie de pasos propuesta por Botero y Álvarez, es posible que las empresas constructoras aumenten el nivel de confiabilidad del sistema de planificación.

### **Entornos y sistemas de producción en construcción - relación con la evolución de la aplicación de Lean Construction en Colombia.**

Cano Sandra y otros, mediante una prueba piloto realizada en el contexto colombiano de construcción exploraron las particularidades de los entornos en los que se llevan a cabo los proyectos de construcción de edificaciones e identificaron los sistemas de producción para asociarlos con las ventajas que conlleva aplicar Lean Construction como medio para cambiar la forma tradicional de gestionar los proyectos de construcción. [6]

Al aplicar la metodología de Lean Construction las organizaciones están optando por aumentar la gestión de la producción en su proyecto constructivo, siendo posible identificar objetivos claros para la fase de entrega del producto, de igual forma se maximiza el valor para el cliente a nivel de proyecto, aplicando el principio del control durante todo el ciclo de vida del proyecto, al gestionar los proyectos de construcción bajo esta metodología es de gran importancia tener en cuenta los detalles del ambiente en el que el proyecto se desarrolla, con el fin de alcanzar los resultados previamente establecidos.

No obstante, la organización debe apuntar hacia el incremento del flujo de valor del proyecto, por lo cual es necesario que se implanten planes de acción en los que se propenda mejorar los subprocesos del proyecto realizando un constante monitoreo para garantizar la sostenibilidad de aplicación de la metodología Lean Construction.

### **Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio del rosario.**

Actualmente en Colombia los proyectos de construcción se rigen bajo el método tradicional con procesos constructivos ineficientes el cual impide el crecimiento de la

empresa teniendo esto como consecuencias altos desperdicios y costos, por ello es por lo que toda empresa debe ver en la necesidad de aplicar la metodología Lean Construction en sus proyectos. [7]

### **La institucionalización del Lean Construction en un país en desarrollo.**

Páez Holmes y otros, plantean que debido a la considerable diseminación de la filosofía del Lean Construction en la industria de la construcción, es necesario mejorar la comprensión de cómo ocurre su difusión. Por lo anterior, realizaron un estudio para analizar el caso de la difusión del Lean Construction sobre el sector de construcción de vivienda en Colombia. [8]

Los autores establecen una serie de proposiciones para que la filosofía Lean Construction sea adoptada en la industria de la construcción. Por consiguiente, la escasez de modelos para el control de proyectos en Colombia ha facilitado el camino de divulgación e implementación de la filosofía Lean Construction, es importante mencionar que entidades como CAMACOL Y EAFIT realizan capacitaciones con invitados nacionales e internacionales para propagar la metodología del Lean Construction.

### **Implementación de la metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A.**

En esta tesis de grado los autores Cano Henry, Nieto Nilton y Arango Katherine, realizaron el proyecto con el fin de establecer lineamientos básicos que guiaran a optimizar los recursos y mejorar el desempeño en la participación durante el desarrollo de las obras de Gramar S.A. puesto que las metodologías y procedimientos que utilizaba la compañía carecían de controles, lo que reflejaba falta de organización y control interno de la compañía. [9]

Para optimizar los recursos y mejorar el desempeño, los autores proponen que se aplique la estructura metodológica diseñada con el objeto generar estrategias de control y seguimiento, las cuales permiten hallar las fallas en las que se está incurriendo y hacer los respectivos correctivos a tiempo.

### **Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción.**

En este artículo Botero Luis, Álvarez Martha y Ramírez Carlos, plasman una síntesis de la investigación realizada con ocho empresas pertenecientes al sector de la construcción de la ciudad de Medellín, el grupo investigador consideró necesario crear un sistema para referenciar el sector de la construcción, con el objeto de comparar el desempeño del proyecto con referentes locales, nacionales e internacionales, llevando como referente los sistemas de referenciación establecidos con anterioridad en Estados Unidos, Reino Unido, Chile y Brasil. [10]

El sistema de referenciación permite conocer los indicadores que afectan principalmente a los proyectos de construcción, permite establecer metas de mejoramiento para gestionarlos oportunamente y no incurrir en el incumplimiento con el cliente. De lo anterior, es posible concluir que el uso de herramientas y metodologías como es el caso del sistema de referenciación apuntan al mejoramiento continuo y al aumento de la

competitividad y genera buenas prácticas de gestión en las empresas pertenecientes al sector de la construcción.

### **Lecciones del congreso colombiano de la construcción 2009: competitividad para construir el futuro.**

En 2009, se realizó en la ciudad de Cartagena el congreso colombiano de la construcción, en el que se trataron los aspectos más relevantes entorno a la competitividad del sector. De este informe económico publicado por la cámara colombiana de infraestructura se toma como referente el tema de Lean Construction, en este apartado se plantea la filosofía Lean Construction como respuesta a la necesidad de maximizar las utilidades de las empresas y la gestión efectiva de la cadena de producción. [11]

Con el fin de realizar una buena implementación de la filosofía Lean Construction, la cámara colombiana de infraestructura junto con sus afiliados está en la tarea de ofrecer capacitaciones, ofreciendo el programa en varias regionales para capacitar a directivos, contratistas, obreros y operarios para impulsar una visión más integral del proyecto constructivo. De esta forma, se concluye que la metodología debe socializarse en el sector con el objeto de que las empresas adopten las buenas prácticas que realizan diferentes empresas en otros países, por consiguiente, esta podrá ser implementada, empoderada y potenciar la competitividad y la productividad de las empresas en el sector de construcción.

### **Desarrollando entornos sostenibles para los negocios zona franca de Bogotá.**

En el año 2015 mediante un informe de sostenibilidad, el grupo Zona Franca Bogotá (ZFB) da conocer la gestión desarrollada en el inmediatamente anterior, su desempeño económico y ambiental, la relación con clientes, proveedores, colaboradores y comunidad aledaña en la ciudad de Bogotá. Para manifestar el compromiso con la mejora ZFB, habla sobre la implementación de la filosofía Lean Construction realizada con el fin de mejorar la productividad en las obras, reducir las pérdidas en el desarrollo del proceso de construcción de los proyectos que se están realizando. [12]

El grupo ZFB plantea que a través de la implementación de esta filosofía se incurre en las buenas prácticas en la gestión de proyectos de construcción, en su modelo de buenas prácticas se ha implementado el incentivo a los contratistas que cumplen con los aspectos Lean en el transcurso de la obra, siendo este un factor diferenciador que llena de resultados positivos el cierre de los proyectos. Al observar este resultado favorable entre otros, se llega a concluir que implementar la filosofía Lean Construction tiene beneficios tanto para clientes internos como externos, puesto que permite a la empresa tener conocimiento de las actividades que se realizan en la obra, control de pérdidas por planificación, control del desperdicio por residuos generados en la obra, aumento de la productividad y brinda la oportunidad de hacer una integración de todos los departamentos de la empresa, los contratistas, operarios y obreros que participan en un proyecto constructivo.

### **Evaluación del desempeño de Lean Construction.**

Cano Sandra, Botero Luis y Rivera Leonardo proponen un estudio de mapeo para identificar iniciativas evaluación de Lean Construction, definir el estado del desempeño

productivo y de acuerdo con las observaciones encontradas realizar una optimización del sistema constructivo del proyecto. [13]

Es de gran importancia conocer sobre la temática puesto que es posible visualizar las fases claves en las que se debe realizar evaluación del desempeño tales como, la planeación, contratación y ejecución de obra; de igual forma, permite a las personas interesadas en realizar una clasificación de referencias sobre Lean Construction, conocer aspectos relacionados con la búsqueda, alcance, clasificación y demás etapas que están presentes en la realización de una revisión de la literatura o estudio de mapeo. Se concluye que, al revisar la bibliografía, clasificarla y analizarla, se puede resumir sistemáticamente el estado de las iniciativas de medición del desempeño y eficiencia en la implementación de Lean Construction.

### **Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción.**

Los autores Botero Luis y Álvarez Martha, luego de desarrollar una investigación para el mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda de interés social, reúnen los conceptos y aspectos más relevantes de la investigación en el artículo "Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción" con el fin de que las empresas constructoras conozcan los conceptos y aplicaciones de la filosofía Lean Construction permitiéndoles identificar las pérdidas que ocurren en el proceso productivo con el fin de mejorar el desempeño en las actividades constructivas de la obra. [14]

El uso de técnicas de medición del desempeño les permite a las empresas constructoras medir la variabilidad de las actividades constructivas comprendidas en el ciclo de vida del proyecto, permite identificar oportunidades de mejoramiento en los proyectos de construcción.

De acuerdo a lo planteado, para realizar una correcta implementación de la filosofía Lean Construction, es necesario que todas las empresas del sector de la construcción tengan un cambio cultural, el cual facilite la medición del desempeño mediante el uso de herramientas estadísticas básicas y la aplicación de nuevas técnicas para planificar y controlar el ciclo productivo del proyecto de construcción; Puesto que, para el mejoramiento de la productividad en la construcción no solo debe controlarse el tiempo y el costo, también debe analizarse y medir el desempeño que resulta ser un factor clave de la cadena de valor del proyecto.

### **Construye sin pérdidas, construye Lean**

según el artículo emitido por la cementera Argos nos detalla las claves para la ejecución de lean construction.

- Dedicar más tiempo a la planeación
- Todos deben participar de la planeación del proyecto
- A más complejo el proyector más tecnología se debe usar
- Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores
- Medir constantemente la eficiencia de los procesos
- Utilizar matrices y gráficos que permitan hacer un mapeo de los procesos de la empresa
- Pensar siempre a largo plazo. [15]

### **Diseño de lineamientos basados en la filosofía Lean Construction en las etapas gerenciales de un proyecto civil.**

Suarez Pablo, realiza una investigación con el fin de abordar la filosofía Lean Construction, identificar las principales herramientas, conceptos y técnicas utilizadas al momento de gestionar un proyecto civil. Inicialmente realizó una revisión de la literatura en la que plasma las teorías propuestas por diferentes autores a cerca de Lean Construction, posteriormente realiza un diagnóstico para identificar las empresas que tienen conocimiento sobre Lean Construction en la ciudad de Barranquilla, para lo cual fue necesario realizar entrevistas, encuestas y análisis estadísticos para determinar los porcentajes reales de respuesta para cada pregunta propuesta. [16]

La filosofía Lean Construction es actualmente conocida en Barranquilla por personas que realizan un posgrado, de acuerdo con el resultado obtenido de las encuestas, se observa que es una metodología que está en etapa de desarrollo y que el porcentaje de aceptación es alto. De lo anterior es posible concluir que, aplicar la filosofía Lean Construction en las etapas de un proyecto no solo mejora la productividad de la empresa, también permite la reducción de costos y el cumplimiento de los tiempos debido a la buena planificación y control del proyecto.

### **Exploración de la implementación de la filosofía Lean Construction en empresas constructoras colombianas.**

Cano Sandra y otros autores, presentan los resultados de una investigación de campo que realizaron con el fin de caracterizar la aplicación de la Filosofía Lean Construction en Colombia. El estudio fue realizado en conjunto con un grupo de empresas constructoras que implementaban la filosofía Lean Construction para el año 2015. La actividad exploratoria permite detallar las personas responsables de la implementación de la filosofía dentro de la empresa, los aspectos relacionados con los profesionales responsables, las barreras que se presenta durante cada una de las fases del proyecto, proponer buenas prácticas para la aplicación y la relación con otros sistemas de gestión utilizados en la Gestión Proyectos de Construcción en Colombia. [17]

Al analizar el estudio realizado por los investigadores, se puede concluir que, las compañías pertenecientes al sector de la construcción en Colombia perciben la aplicación de Lean Construction como un conjunto de herramientas que se usan según vaya requiriendo la empresa, no obstante, no establecen que la filosofía Lean deba ser integrada con todas las áreas de la organización, lo que ocasiona retraso en el tiempo de entrega previamente pactado, por lo cual es necesario integrar todas las fases del proyecto de acuerdo a su relación y de esta forma poder disminuir los desperdicios con el objeto de alinear los recursos y los objetivos hacia la búsqueda de la generación de valor para el cliente.

### **Lean Construction – LC bajo pensamiento lean**

Los autores Rojas Miguel, Henao Mariana y Valencia María señalan que “especialmente en el sector de la construcción se evidencian 7 tipos de desperdicios en la operación, que deben ser eliminados o minimizados por medio de la filosofía Lean:

- Retrabajos
- Sobreproducción
- Inventarios
- Movimiento excesivo
- Procesamiento
- Transporte
- Espera”. [18]

### **Implementación De La Metodología Lean Construction Y La Guía PMBOK Para El Mejoramiento De Los Proyectos De Vivienda Multifamiliar.**

En este artículo publicado por la universidad católica de Colombia nos muestra el vínculo que existe entre la gestión de Proyecto y la construcción, el cual en esta relación se ve incluida la relación entre la calidad, el tiempo y el costo, debido a que de estas depende que un proyecto cumpla con los objetivos previstos inicialmente y se llegue a una ejecución favorable aportando para el proyecto resultados positivos. Por ello la metodología Lean Construction y la guía PMBOK, son dos conocimientos de gestión de proyectos que abarcan las problemáticas relacionadas con la construcción de viviendas multifamiliar; independientemente ambas mejoran la gestión interna de los objetivos de un proyecto. [19]

### **Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología Lean Construcción en una empresa del sector construcción.**

Cubaque Jeyson, presenta en su trabajo de grado una propuesta para implementar la metodología Lean Construction en una empresa del sector de la construcción con el fin de realizar un aporte que permita reducir los aspectos que generan problemática en los proyectos de construcción en Colombia, De igual forma, con el objeto de mejorar los procesos de la fase productiva y reducir los cambios de las actividades constructivas en la duración del proyecto, teniendo como base los principios de la filosofía Lean Construction y la herramienta Last Planner. [20]

Se propone que las empresas constructoras deben fomentar la cultura de medición y evaluación de sus proyectos, realizar capacitaciones al personal involucrado con el fin de mejorar su nivel productivo y competitivo para obtener mayores beneficios al finalizar cada proyecto. Implementar metodologías enfocadas al mejoramiento traen beneficios a corto y largo plazo, las empresas que implementas la filosofía Lean Construction y las herramientas asociadas tienen la posibilidad de medir la productividad de sus actividades, de planificar de forma controlada, conocer las pérdidas asociadas por trabajo no contributivo y eliminarlas, medir la variación del desempeño del proyecto y finalmente cumplir con los plazos de entrega pactados.

### **Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (Lean Construction).**

Delgado Elberth, realiza una investigación para mejorar la productividad, efectividad y la eficiencia del sistema constructivo siguiendo los lineamientos de la filosofía Lean

Construction y haciendo uso de la herramienta Last Planner. Inicialmente realiza una revisión de antecedentes de la temática, luego presenta la revisión de la literatura para abordar los conceptos relevantes y apropiarse de los conocimientos necesarios para realizar una futura propuesta para aplicar la metodología en un proyecto de construcción, del mismo modo, destaca la partición de países que han implementado la filosofía a nivel internacional hace el reconocimiento de Chile y en Colombia aborda los proyectos que de momento empezaban a implementar la metodología. [21]

Hacer uso de la filosofía propuesta le permitió a la empresa conocer las causas del no cumplimiento de las actividades, socializarlas con el personal de la obra y gestionarlas con el fin de cumplir con las fechas de entrega pactadas, analizar la productividad de los materiales y equipos y analizar la productividad de la mano de obra.

De lo anterior se concluye que al implementar metodologías de mejoramiento es necesario que exista un alto nivel de compromiso por parte de la alta dirección de la empresa, los administrativos de la obra y el personal operativo, para que el porcentaje de provecho sea mayor en el proyecto, de igual forma, es necesario que se involucre todo el personal que participa en el proyecto mediante la realización jornadas para capacitar a este personal de tal forma que comprendan los principios y el funcionamiento de la metodología propuesta de esta forma se garantiza el éxito en la implementación de Lean Construction en proyectos de construcción.

### **Análisis de implementación de la metodología lean para un edificio de vivienda estrato cinco.**

En esta tesis Castillo Sebastián tiene como objetivo analizar en qué medida esta implementada la metodología LC en un edificio de apartamentos en Bogotá. Después de comparar el “cómo debería hacerse con “lo que se está haciendo” con cada uno de los principios Lean el autor concluye que:

... lo que se observa en este proyecto es que debido a que se posee una experiencia relativamente alta en la construcción de edificios de este estilo, todos los procesos de planeación y organización están relativamente bien implementados y en general casi todos los problemas que se han presentado hasta el momento en obra tienen que ver con factores externos o con errores típicos y de difícil control en la construcción. [22]

### **Barreras y factores de éxito que impactan la implementación de Lean Construction**

Cano Sandra et al, “identifican que, en el proceso de implementación, y aplicación continua, de Lean Construction (LC) aparece un conjunto de barreras que lo pueden impactar negativamente, llegando a comprometer su sostenibilidad, y factores críticos de éxito (FCE) que lo pueden impactar positivamente”. [23]

Las principales barreras para la implementación de Lean Construction en Colombia según la investigación de los autores son:

- “Dificultad en disponer de personas con conocimientos y experiencia en LC.
- Falta de identificación y control de desperdicios.



- Los resultados no se ven rápido, y muchas veces solo se ven parcialmente.

Como factores de éxito se dan a conocer los siguientes:

- Tomar decisiones en equipo.
- Disponer de contratistas competentes y capacitados LC según su campo de trabajo.
- Reducir la rotación de mano de obra en todos los niveles jerárquicos y continuidad de la mano de obra en los proyectos.
- Mejorar la calidad de vida de los trabajadores.”

### **Propuesta para la creación de empresa prestadora de servicios en: implementación de la filosofía Lean Construction para la determinación de pérdidas y mejoramiento del proceso constructivo para proyectos de vivienda en la ciudad de Popayán.**

En esta investigación Ortiz Ariel, plantea la necesidad de crear una empresa prestadora de servicios para implementar la filosofía Lean Construction en los proyectos de construcción de vivienda de la ciudad de Popayán. Inicialmente, realiza un análisis de la teoría sobre conceptos y principios de Lean Construction según diversos autores, luego presenta una síntesis de los antecedentes de aplicación de la filosofía Lean Construction en Chile tomando como modelo la implementación realizada en estudios similares donde se evidencia el aumento de la productividad al hacer uso de herramientas en pro de la construcción sin pérdidas. A nivel nacional presenta las buenas prácticas que realiza la empresa constructora Marval quien capacita a su personal para implementar la filosofía Lean Construction con el fin de lograr un mejor desempeño en sus proyectos y aumentar su productividad. [24]

Para una adecuada gestión a la hora de realizar proyectos de vivienda es necesario el uso de herramientas que mejoren el desempeño y la productividad en los proyectos, para lo cual Ortiz propone a las empresas constructoras hacer uso del servicio de asesoría e implementación de la filosofía Lean Construction con el fin de cubrir los requerimientos y brindar solución a las empresas que se encuentran ejecutando proyectos de construcción.

### **Propuesta De Metodología Para La Implementación De La Filosofía Lean (Construcción Esbelta) En Proyectos De Construcción**

La Filosofía Lean Construction plantea que las causas de que la industria de la construcción tenga problemas en su productividad son ocasionadas por tres factores como lo son los problemas en el diseño, la deficiente administración y la mala planeación de los proyectos. [25]

### **Filosofía lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual.**

Los autores Porras Hernán, Sánchez Omar y Galvis José en un estudio realizado en el año 2014 realizan una revisión de literatura con el fin de comparar la filosofía Lean Construction con los métodos convencionales de construcción en Colombia.

Como conclusión los autores afirman:

“El *Lean Construction* como modelo de gestión de proyectos de construcción plantea una mejor metodología para administrar los proyectos, cambiando el paradigma actual de ver la construcción como un modelo solo de transformación por un modelo de TFV (transformación-flujo-valor)”. [26]

### **Lean Data aplicación de Lean Construction en la toma de datos.**

Álvarez Martha, presenta una síntesis de la investigación realizada por el grupo Gescón de la Universidad EAFIT en la que desarrollan un sistema que consiste en la recolección de datos para obtener información la cual facilite la integración de múltiples procesos y que hacen parte de un proyecto de construcción, a fin de obtener observaciones precisas gestionarlas y convertirlas en un incremento significativo del valor para las empresas que decidan implantarlas en sus obras; por consiguiente, proponen como línea base seguir los principios de la filosofía *Lean Construction* durante el ciclo de vida del proyecto, por tanto, en el artículo se proponen los lineamientos que se deben seguir a la hora de efectuar la toma de datos para crear el sistema de información de la organización. [27]

Las empresas constructoras en la actualidad deben hacer uso de tecnologías móviles que les permitan lograr las metas que se han propuesto al implementar la filosofía *Lean Construction*, con el fin de potenciar la cultura corporativa y hacer uso de buenas prácticas en gestión de la información para reducir los costos administrativos, mejorar la disponibilidad y confidencialidad de la información y aumentar su nivel de competitividad frente a otras empresas del sector de la construcción.

Esta metodología hace énfasis en el uso de las herramientas *Lean* durante la planificación y ejecución, en su propuesta realzan la necesidad de que las partes interesadas del proyecto participen durante las actividades preliminares tales como el diseño y en la etapa de ejecución, plantean la importancia de definir los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, la forma en la que se seleccionan los proveedores y el respectivo seguimiento, así mismo, el uso de herramientas de planificación a corto y mediano plazo.

### **Análisis de mejoramiento de los capítulos PMi a través de las metodologías lean en el sector de construcción**

En este artículo Cruz Milton realiza una explicación de la filosofía *Lean* aplicada al PMI, hace una comparación entre *Lean Construction* y la metodología del PMI y finalmente enumera las ventajas y desventajas que a su parecer presenta esta filosofía en la aplicación en la construcción.

El autor concluye:

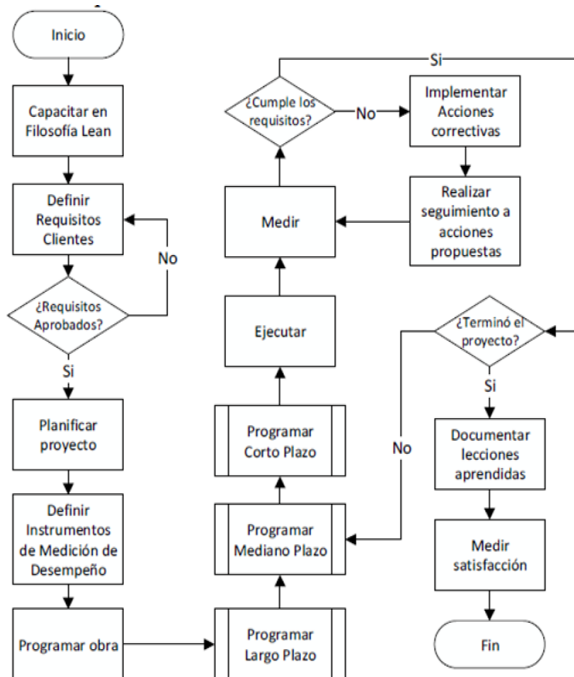
- “Es posible lograr la integración de PMI – PM BOK con la filosofía *lean* y obtener resultados favorables dado que en ambos casos se busca la efectividad del proyecto.
- La filosofía *Lean* aporta un elemento esencial para el desarrollo de las 9 áreas de conocimiento de PMi- PMBOK dado que cada una de ellas puede llevarse a cabo teniendo como enfoque la identificación temprana de panoramas de pérdida y la correspondiente eliminación de estas.” [29]

## Propuesta metodológica para la implementación de la metodología Lean en proyectos de construcción.

Martínez J. y otros autores proponen una base metodológica para implementar la filosofía Lean en el sector de la construcción, con el objeto de permitir a las empresas establecer cuáles son las actividades que deben realizar para mejorar su productividad. [28]

A continuación, presenta la metodología propuesta por Martínez J. y otros para implementar la metodología Lean en proyectos de construcción.

Figura 1. Propuesta metodología [28]



**Fuente:** Elaboración de los autores

## Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green Lean. análisis de un estudio de caso

En el presente artículo su autora, Ramírez Cindy, realiza una radiografía de la realidad latinoamericana en el tema de sostenibilidad y productividad en el sector de la construcción, a continuación, se presenta lo más importante de dicho artículo:

“Una gran proporción de todos los materiales utilizados para la construcción de las obras se está convirtiendo en un enorme vertedero y, a su vez, en un problema gigantesco extremadamente difícil de solucionar para las generaciones futuras, causando un alto impacto sobre el medio ambiente.

La metodología Green Lean es una integración entre Lean Construction, que se enfoca en la mejora de la productividad en proyectos de construcción, y Green Building, que busca algo similar, desde la sostenibilidad, durante todo el ciclo de vida de los mismos.” [30]

## **Implementación y seguimiento de la metodología Lean Construction a las actividades constructivas de la obra metropolitana business park en la empresa Marval s.a.**

Por medio de este trabajo el autor Luengas Clemente busca continuar con la implementación lean Construction en las obras de la constructora MARVAL SA.

Mediante observación directa y empleando conceptos y cálculos para cada uno de los procesos de la construcción como tiempos contributivos, tiempos no contributivos, evolución semana etc., el autor llega a una serie de conclusiones tal como se enuncian a continuación:

1. La implementación de programas enfocados al mejoramiento debe iniciarse con la creación de una cultura de medición y evaluación.
2. La implementación del sistema de planificación y control Último planificador aumenta la confiabilidad del sistema de planificación de las empresas que lo utilizan.
3. La utilización de la metodología Lean Construction favorece el mejoramiento de la productividad, como lo demuestran los resultados en los últimos meses.
4. Con el sistema de Last Planner, se pudieron determinar las principales causas que afectan el cumplimiento de las actividades programadas para los contratistas semanalmente.” [31]

## **Experiencia Lean Construction, caso arquitectura y concreto**

La revista virtual *Grandes Realidades* comparte la experiencia de la firma colombiana Arquitectura & Concreto que decidió romper paradigmas e implementar el sistema Lean Construction en todos sus proyectos.

Pablo Álvarez coordinador de Lean Construction en *Arquitectura y concreto* afirma:

“La empresa veía grandes oportunidades de mejora en la optimización de los recursos utilizados en el proceso constructivo y se inició una prueba piloto Este piloto fue bastante exitoso pues se obtuvieron los siguientes beneficios:

- Se entregaron las casas a tiempo a la interventoría, con una diferencia de 15 días, que se mantuvo desde el principio, con respecto a la programación inicial.
- Al cliente le entregamos de acuerdo a los plazos de tramitación y escrituración de la gerencia.
- Se mejoraron especificaciones por unos 250 millones.
- Se redujeron los costos de producción comparado con proyectos similares.
- Se redujeron al mínimo los costos de personal por administración en actividades de aseo y detalles de oficial.” [32]

### **❖ Lean Construction una revisión internacional.**

## **El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación.**

Brioso Xavier, presenta en su tesis una revisión de la literatura de la filosofía Lean Construction, dentro de su investigación los temas más relevantes que plantea son: surgimiento de Lean Construction, actividades relacionadas, estado de regulación de Lean Construction en otros países, entre otros temas. [33]

Dado lo anterior, Brioso Xavier propone un sistema mejorado en el que a través de leyes y normatividad legal vigente se pueda ordenar la asignación de funciones y responsabilidades, con el fin de dejar de hacerlo de manera contractual por no estar definido en el código civil de construcción y demás normativas. Se plantea que cada empresa debe definir claramente la matriz de funciones y responsabilidades, en los proyectos de construcción este factor es de mayor cuidado puesto que en ocasiones suele estarse realizando procesos repetidos, pero con distintos agentes, por lo cual debe gestionarse a tiempo para no perder productividad y mejorar el desempeño para cada proyecto.

Por consiguiente, se concluye que al hacer asignaciones balanceadas y que se encuentren contempladas en los documentos contractuales, se minimizará los problemas por responsabilidades no asignadas y omitidas en los contratos, dado lo anterior, se pretende mejorar la percepción del promotor con el fin de lograr una mayor satisfacción y mejorar la calidad del proyecto constructivo.

### **ACR grupo implementa la metodología 'Lean Construction' en todas sus obras residenciales**

ACR busca la optimización de los recursos mediante una buena planificación y de manera total para la ejecución de los proyectos y trabajando en conjunto con todos sus colaboradores, para el cual reducir costos y tiempos, con ello logrando también tener una estandarización en los procesos debido a que tendría todas las direcciones trabajando en un mismo sentido [34]

### **Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas**

En la presente tesis Sánchez Alex, Rosa Danny y Benavides Pedro, tienen como objetivo principal “mejorar la productividad en la ejecución de los trabajos en la parte de estructuras en la edificación de viviendas implementando el sistema de Lean Construction”, tomando como referencia a una obra típica en la ciudad de Cusco (Perú) de la empresa “Ingenius Construcciones S.R.L.” [35]

Entre los principales resultados obtenidos los autores mencionan:

- “Optimización de tiempo para la elaboración del Cronograma maestro en comparación con la elaboración del cronograma el cual estaba a detalle pero que ya se encontraba retrasado.
- Mejoramiento de la confiabilidad de la planificación con el uso de la planificación intermedia o Look Ahead, la cual ayudó a planificar los trabajos con 4 semanas de anticipación.

- En cuanto a la planificación semanal, al principio se inició con una baja confiabilidad que solo alcanzaba un 75% a 79%, el cual se ha ido mejorando en las semanas siguientes, alcanzando hasta un 100.”

### **Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas**

... [36] lean Construction o construcción sin pérdidas. Esta nueva perspectiva, basada en conceptos de gestión del sistema de producción Toyota, aborda las causas de muchos de los problemas que limitan la eficiencia en la construcción, centrándose en la reducción de las pérdidas a lo largo del flujo productivo.

### **Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción.**

En esa tesis encontramos herramientas para una buena ejecución para el proyecto como lo es: programación maestra, Look AHEAD, programación semanal, programación diaria, análisis de las restricciones. [37]

### **Barreras, factores de éxito y estrategias en la implementación de Lean en la construcción. una primera aproximación a la situación en España.**

En esta investigación, Díaz Lucía plantea las barreras asociadas al personal involucrado en proyectos de construcción las cuales limitan la buena implementación de la filosofía Lean Construction, de igual forma, plantea distintos factores de éxito que pueden afectar su aplicación y las estrategias para mitigar su aparición. Inicialmente, se realiza una revisión de la literatura para conocer los conceptos relacionados con la filosofía Lean Construction, las herramientas que se usan para su aplicación y la experiencia de otros países en su implementación. [38]

Los resultados obtenidos por empresas que han implementado la filosofía Lean Construction reflejan la mejora del desempeño y la disminución de la variabilidad en los proyectos de construcción, que a su vez son implementados bajo el uso de herramientas como Last Planner. De lo anterior se puede concluir que, para cada una de las cuatro categorías anteriormente expuestas presentan características similares pero que pueden ser distintas a la hora de la implementación por factores como el clima cultural y las condiciones particulares de cada lugar en donde se ejecuta el proyecto de construcción.

### **Metodología Lean Construction: hacia una edificación eficiente.**

No busca cambiar radicalmente los procesos de planificación y ejecución de las obras de construcción tal y como son llevados en la actualidad, tampoco busca ser una fórmula para crear empresas de construcción eficientes y eficaces de un momento a otro. [39]

### **Un Algoritmo Matricial RUPSP / GRUPSP "Sin Interrupción" Para La Planificación De La Producción Bajo Metodología Lean Construction Basado En Procesos Productivos.**

En este artículo tiene como objetivo esclarecer las limitaciones de los algoritmos de cálculos que se utilizan, y con ello ofrecer un algoritmo nuevo para la programación de

proyectos en el entorno Lean Construction mediante grafos PDM, sin interrupciones y precedencias generalizadas basadas en procesos constructivos, el cual sirvan para una correcta aplicación de modelos de optimización y control de la producción. [40]

### **Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.**

Alpízar Greivin, propone que es necesario difundir y transferir el conocimiento, exponiendo los beneficios que tiene la utilización de la filosofía Lean Construction y la herramienta Last Planner en proyectos de construcción. La investigación se desarrolló con el estudio de un proyecto de construcción específicamente del área de administrativa, el cual abarca el tema de planificación, seguimiento y control de obras que realiza la Fundación Promotora de Vivienda FUPROVI empresa localizada en Costa Rica. [41]

Hacer seguimiento y control requiere de compromiso por parte de las personas involucradas tanto directivas como administrativas, puesto que es un proceso cíclico en el que se pueden detectar las desviaciones y las causas de no cumplimiento haciendo uso de herramientas como Last Planner que permite ejecutar y gestionar las actividades según lo programado. De lo anterior, se puede concluir que para mejorar la ejecución de proyectos es necesario el uso de filosofías que permitan mejorar la eficiencia y la competitividad que actualmente demanda el sector de la construcción.

Se plantea que para que las empresas garanticen que el seguimiento del cronograma es el indicado, se debe pagar a los contratistas los avances conforme a los avances de las actividades estipuladas en el cronograma en su respectiva fecha de corte.

### **Cómo Implementar Lean Construction En Una Empresa Constructora Pequeña O Mediana.**

En este artículo encontramos sugerencias para implementar un proceso Lean Construction en una empresa pequeña o mediana, estos son los pasos a seguir con sus recomendaciones:

Para empezar, no dice que debemos escoger un proyecto piloto de donde se puede aprender de las experiencias y con ello hacer los ajustes necesarios y con ello diseñar el sistema definitivo para ser aplicado de forma sostenible.

Segundo debe existir el involucramiento de los jefes de la empresa, debido a que el camino eficiente para una buena implementación es de arriba hacia abajo. Esta son las razones por el cual es necesario el involucramiento de los jefes.

- Se necesita el involucramiento de las áreas de la empresa que soportan la obra, como logística, administración, finanzas, ingeniería, entre otras.
- Los resultados, reportes, entregables que los jefes le exijan al residente debe estar alineado al sistema Lean, (no hacer doble trabajo).
- Los colaboradores tienen que cumplir con lo que sus jefes les piden, esto es una cadena que debe estar alineada a la forma de hacer las cosas en esa empresa. [42]

## Lean Construction “una filosofía de cambio”

¿qué es ser productivo? Es hacer más con menos es la frase que el autor del video nos dice y que debemos pensar en la innovación que es un proceso de mejora continua. Además, no dice que se debe pasar de un conocimiento tácito a un conocimiento explícito para que toda empresa lo pueda implantar. [43]

## Filosofía Lean aplicada a la Construcción

en la filosofía Lean encontramos 5 principios básicos que se han descrito en varios artículos anteriores, pero en esta tesis su autor expone que hay una similitud entre los 5 principios de lean y el ciclo PHVA de Deming, ya que ambos es un ciclo continuo de mejora constante, así como se muestra en la siguiente imagen. [44]

**Figura 2.** Comparativo principios Lean y ciclo PHVA



**Fuente:** Elaboración de los autores

## Desarrollo del perfil para un profesionalista bajo la metodología de Lean Construction-edición única

La autora Ruiz Blanca tratará de “desarrollar el perfil necesario bajo la filosofía de construcción sin pérdidas, para cualquier profesionalista que se desenvuelva y trabaje en el sector de la construcción, con especial énfasis en arquitectos e ingenieros civiles.

Para poder asegurar que un profesionalista está desarrollándose completamente dentro de una visión que le permita crecer y aplicar todas sus habilidades y conocimientos, es necesario abarcar las siguientes áreas” [45]:

- Visión de empresa
- Visión lean
- Capacidad técnica
- Capacidad de gestión
- Competencia social.

## Análisis y propuesta para minimizar errores y reducir tiempos sin valor agregado en los procesos de diseño y ejecución de proyectos habitacionales de constructora de viviendas en vía a la costa de la ciudad de Guayaquil.

En el presente trabajo Guerrero Karina plantea un “conjunto de acciones que permiten prevenir errores y eliminar tiempos sin valor a procesos de diseño y ejecución de obra.



Se utilizaron metodologías como son: Ishikawa, los cinco ¿por qué? y ciclo PHVA este último denominado también el círculo de la calidad en la norma ISO 9000.” [46]

Como conclusiones la autora expone:

- “Se determinó que el 95% -de errores- del proceso constructivo, son provocados por planos que han sido modificados, es decir, planos personalizados con el cliente, cuando este ha elegido modelo, pero desea adecuarlo a gustos y necesidades.
- Se caracterizó el proceso constructivo determinando que 75% de retrasos en tiempos de construcción ocurren por debilidades de planificación y control de esta”.

### **Aplicación de la metodología Last Planner System en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo**

El presente trabajo los autores De la cruz Junior y Neira Sarita proponen como principal objetivo disminuir los costos operativos en por lo menos 5% de las obras de mediana altura del distrito de Trujillo.

Con la implementación de la propuesta y una adecuada gestión, se garantiza un mejor control de los materiales, y la disminución de los costos operativos, y con una correcta aplicación la empresa Negocios e XV Inversiones A.J.C E.I.R.L. tendrán mayores beneficios, generando así una ventaja competitiva.” [47]

Para concluir con el respectivo análisis de los resultados del presente estudio de investigación los autores dicen lo siguiente:

- “De acuerdo con la metodología Last Planner System (Sistema del Ultimo Planificador) se logró una disminución de costos operativos en la cadena de suministros de un 23.70 % Comparado con el costo operativo tradicional de la empresa Negocios e Inversiones A.J.C E.I.R.L.”

### **Implementación de técnicas de construcción ajustada para minimizar el efecto de los riesgos en el tiempo de construcción del proyecto**

El autor Usama Hamed Issa en este estudio tiene como objetivo” investigar y evaluar los efectos de la implementación de las técnicas de construcción ajustada usando LPS como una nueva herramienta para minimizar los efectos de riesgo en el tiempo de los proyectos de construcción.” [48]

Con base en las observaciones, los resultados del modelo y el análisis de resultados, el autor concluye que:

- “Las técnicas y principios de construcción magros tienen el potencial de ser utilizados para reducir los efectos de los factores de riesgo sobre el objetivo de tiempo para los proyectos de construcción en los países en desarrollo.

- El uso de técnicas de construcción pobre en proyectos de construcción tiene efectos significativos en la disminución de los valores de PET y el aumento en los valores de PPC.”

### **Exploring Lean Construction practice, research, and education**

Los autores Thaís da CL Alves y otros tienen como propósito “investigar la historia de la diseminación y el uso de conceptos lean en la construcción y los posibles desafíos para el uso continuo, como la aplicación de transiciones de conceptos lean de un pequeño grupo de primeros adoptantes a una comunidad industrial”. [49]

Los autores “identifican tres desafíos que enfrentan los profesionales de Lean Construction (LC), investigadores y educadores. Un desafío es que Lean tiene muchos significados (ya sea denotado o connotado) cuando se aplica a la construcción. Otro desafío es hacer que los académicos trabajen constantemente con los profesionales de la industria para seguir trabajando en la adaptación de conceptos / sistemas y no solo de herramientas. El tercer desafío es que, sin un esfuerzo sostenido para involucrar a las personas con experiencia significativa, LC puede verse como una moda pasajera en la industria de la construcción”.

### **Análisis para la implementación del modelo Lean en el sector de la construcción**

Ramos J.A et al en su análisis afirman que “en la fase de definición del proyecto, los colaboradores clave deben tener una comunicación directa. El equipo de diseño trabaja con los propietarios o promotores para concretar el propósito y traducir ese propósito en requisitos específicos. La ejecución de obra Lean se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes que se utilizaran para la ejecución en la obra y termina con el cumplimiento de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura.” [50]

Con base a lo planteado en este artículo los autores concluyen:

“el método Lean Construction (LC) tiene un potencial nato aplicable al área industrial de la construcción, siendo evidente cada vez más su auge. Es una situación global que las empresas de este sector busquen la factibilidad de su implementación por los beneficios que LC brinda”.

### **CONCLUSIONES**

Como conclusiones de la revisión de la literatura del estado actual de la metodología Lean Construction en Colombia se plantea lo siguiente:

- ❖ A pesar de que la metodología LC incursionó relativamente hace poco en el país (2002) la acogida entre las empresas grandes y reconocidas de la construcción ha sido satisfactoria y con resultados positivos en general.
- ❖ La incidencia de esta metodología en Colombia en general es baja debido que la parte gerencial desea ver resultados inmediatos, sumado a esto hay que realizar

una inversión en tiempo y dinero que la mayoría de las constructoras no están dispuestas a comprometer.

- ❖ Es difícil romper el paradigma de la construcción convencional en las empresas constructoras ya que estas siempre han funcionado y dado resultados “satisfactorios” con la metodología convencional para construir.
- ❖ Como ventajas sobresalientes de implementar la metodología LC están la optimización de recursos, minimización de desperdicios, incremento del porcentaje de la productividad, reducción del tiempo en actividades que no le generan valor al producto final, aumento del nivel de confiabilidad en la planificación, variables que al final aumentan la utilidad en los proyectos de construcción.
- ❖ Los artículos estudiados en Colombia provienen de universidades de ciudades como Medellín y Bogotá las cuales son las más industrializadas del país, del resto del país las investigaciones son prácticamente escasas.
- ❖ Colombia con más participación de las entidades gubernamentales y aprovechando el auge de la construcción que impera en este momento, podría masificar esta metodología y verla como una gran oportunidad de mejora para la competitividad y productividad empresarial.

## Referencias

- [1] J. F. P. Achell, «Introducción a Lean Construction,» 2014. [En línea]. Available: [www.fundacionlaboral.org/documento/introduccion-al-lean-construction](http://www.fundacionlaboral.org/documento/introduccion-al-lean-construction). [Último acceso: 01 agosto 2018].
- [2] G. Araque, D. García y E. Aguirre, «Instituto Antioqueño de Investigación,» 2017. [En línea]. Available: <http://fundacioniai.org/actas/Actas3/Actas3.24.pdf>. [Último acceso: 07 julio 2018].
- [3] F. Botero, «Diez años de implementación Lean en Colombia,» [En línea]. Available: [http://www.colmayor.edu.co/archivos/luis\\_fernando\\_botero\\_botero\\_cdwuy.pdf](http://www.colmayor.edu.co/archivos/luis_fernando_botero_botero_cdwuy.pdf). [Último acceso: 02 09 2018].
- [4] M. E. Á. V. Luis Fernando Botero, «INGENIERÍA Y DESARROLLO,» 2005. [En línea]. Available: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37066108/LAST\\_PLANNER.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1538324793&Signature=jSZqfq5JXMVxnEobG0Q6e8uG1LI%3D&response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37066108/LAST_PLANNER.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1538324793&Signature=jSZqfq5JXMVxnEobG0Q6e8uG1LI%3D&response-content-)

disposition=inline%3B%20filename%3DEdificios\_SISTEMA\_CONSTRUCTIVO.pdf.

- [5] L. F. Botero y M. Álvarez, «Sistema de Información Científica Redalyc,» 23 junio 2004. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/215/21513605.pdf>. [Último acceso: 21 julio 2018].
- [6] S. Cano , M. Fajardo , L. Botero y O. Rubiano , «INFOHAB,» 07-09 octubre 2015. [En línea]. Available: [http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC\\_2015\\_submission\\_41.pdf](http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC_2015_submission_41.pdf). [Último acceso: 22 julio 2018].
- [7] D. V. L. Ortiz, «5.1.25. implementación de los principios de Lean construction en la constructora colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio del rosario.,» 2016. [En línea]. Available: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164908.pdf>.
- [8] H. Páez, H. Vargas y L. Ramírez , «ResearchGate,» 23 junio 2016. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Holmes\\_Paez/publication/304347268\\_La\\_institucionalizacion\\_del\\_Lean\\_Construction\\_en\\_un\\_pais\\_en\\_desarrollo/links/576c410608ae193ef3a9a29d/La-institucionalizacion-del-Lean-Construction-en-un-pais-en-desarrollo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Holmes_Paez/publication/304347268_La_institucionalizacion_del_Lean_Construction_en_un_pais_en_desarrollo/links/576c410608ae193ef3a9a29d/La-institucionalizacion-del-Lean-Construction-en-un-pais-en-desarrollo.pdf). [Último acceso: 22 julio 2018].
- [9] H. Cano, N. Nieto y K. Arango, «Universidad Catolica,» 2017. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14785/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%2017%20JUNIO%20-%20GRAMAR.pdf>. [Último acceso: 19 julio 2018].
- [10] L. F. Botero, M. E. Álvarez y C. A. Ramírez, «SCIELO,» mayo 2007. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n25/n25a4.pdf>. [Último acceso: 02 agosto 2018].
- [11] E. Chirivi y L. D. Pulido, «CAMACOL,» septiembre 2009. [En línea]. Available: [https://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/EE20091007055357\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE20091007055357_0.pdf). [Último acceso: 03 agosto 2018].
- [12] ZONA FRANCA BOGOTÁ, «ZONA FRANCA BOGOTÁ,» septiembre 2015. [En línea]. Available: [http://zonafrancabogota.com/wp-content/uploads/2016/12/informe\\_sostenibilidad2014.pdf](http://zonafrancabogota.com/wp-content/uploads/2016/12/informe_sostenibilidad2014.pdf). [Último acceso: 04 agosto 2018].

- [13] S. Cano, L. Botero y L. Rivera, «REVISTA ESPACIOS,» abril 2017. [En línea]. Available: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n39/a17v38n39p30.pdf>. [Último acceso: 06 agosto 2018].
- [14] L. F. Botero Botero y M. E. Álvarez Villa, «UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA,» junio 2003. [En línea]. Available: [https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS\\_20/Ingenieria%20Sistemas/5.pdf](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20Sistemas/5.pdf). [Último acceso: 08 agosto 2018].
- [15] ARGOS, «Grades realidades,» abril 2015. [En línea]. Available: <http://grandesrealidades.argos.co/construye-sin-perdidas-construye-lean/>. [Último acceso: 2018].
- [16] P. E. Suarez Roa, «UNIVERSIDAD DE LA COSTA REPOSITORIO DIGITAL,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/1395/1143446115.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 12 agosto 2018].
- [17] S. Cano, D. Erazo, L. Rivera y L. Botero, «ResearchGate,» noviembre 2016. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Ponz-Tienda/publication/310607361\\_NUEVAS\\_TENDENCIAS\\_DE\\_LA\\_CONSTRUCCION\\_SOSTENIBLE/links/59441efa0f7e9b6910ee2af7/NUEVAS-TENDENCIAS-DE-LA-CONSTRUCCION-SOSTENIBLE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Ponz-Tienda/publication/310607361_NUEVAS_TENDENCIAS_DE_LA_CONSTRUCCION_SOSTENIBLE/links/59441efa0f7e9b6910ee2af7/NUEVAS-TENDENCIAS-DE-LA-CONSTRUCCION-SOSTENIBLE.pdf). [Último acceso: 12 agosto 2018].
- [18] M. Rojas, M. Henao y M. Valencia, «SCIELO,» 2017. [En línea]. Available: [www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n30/1692-3324-rium-16-30-00115.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n30/1692-3324-rium-16-30-00115.pdf). [Último acceso: 30 julio 2018].
- [19] L. P. Deantonio Monroy, «Implementación de la metodología lean construction y la guía PMBOK para el mejoramiento de los proyectos de vivienda multifamiliar,» 2017. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14786>.
- [20] J. Cubaque, «UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA REPOSITORIO INSTITUCIONAL UMNG,» marzo 2014. [En línea]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11554/1/DISE%20DE%20UNA%20PROPUESTA%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACION%20DE%20LA%20METODOLOGIA%20LEAN%20CONSTRUCCION%20EN%20UNA%20EMPRESA%20DEL%20SECTOR%20CONSTRUCCION..pdf>. [Último acceso: 18 agosto 2018].

- [21] E. Delgado, «UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER BIBLIOTECA UIS,» agosto 2007. [En línea]. Available: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124188.pdf>. [Último acceso: 22 agosto 2018].
- [22] S. castillo, «repositorio.uniandes.edu.co/xmlui/handle/1992/3971,» 15 mayo 2013. [En línea]. Available: <http://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/TESISCASTILLOSEBASTIANFINAL.pdf> . [Último acceso: 30 julio 2018].
- [23] S. CANO, J. DELGADO, L. BOTERO y O. RUBIANO, «Sibragec Elagec,» Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://www.infohab.org.br>. [Último acceso: Septiembre 2018].
- [24] A. A. Ortiz Zambrano, «UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Repositorio Educativo Digital,» noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/4977/1/TID01358.pdf>. [Último acceso: 25 agosto 2018].
- [25] J. G. T. Martinez Ribon, «Propuesta de metodología para la implementacion de la filosofia Lean en proyectos de contruccion,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10578/1/940698.2011.pdf>.
- [26] S. O. y. G. J. Porras Hernán, «Revista avances,» 3 junio 2014. [En línea]. Available: [www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf](http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art4.pdf). [Último acceso: 06 09 2018].
- [27] M. E. Álvarez Villa, «UNIVERSIDAD EAFIT Revistas Académicas,» octubre 2007. [En línea]. Available: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/702/624>. [Último acceso: 31 agosto 2018].
- [28] J. Martinez, R. Herrera y L. Salazar, «ResearchGate,» 13-15 septiembre 2017. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/320068152\\_PROPUESTA\\_METODOLOGICA\\_PARA\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_LA\\_FILOSOFIA\\_LEAN\\_EN\\_PROYECTOS\\_DE\\_CONSTRUCCION](https://www.researchgate.net/publication/320068152_PROPUESTA_METODOLOGICA_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_LA_FILOSOFIA_LEAN_EN_PROYECTOS_DE_CONSTRUCCION). [Último acceso: 07 julio 2018].
- [29] M. C. Cubillos, «Análisis de mejoramiento de los capítulos PMI a través de las metodologías lean en el sector de construcción,» 2015. [En línea]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7817/1/LEAN%20CONSTRUCCION.pdf>.

- [30] C. Ramirez, «Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green lean. análisis de un estudio de caso,» 15 Enero 2018. [En línea]. Available: [bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co). [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [31] C. Luengas, 20 Junio 2011. [En línea]. Available: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/.../digital\\_20434.pdf](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/.../digital_20434.pdf). [Último acceso: 10 octubre 2018].
- [32] «Experiencia Lean Construction, caso arquitectura y concreto.,» *Grandes Realidades*, p. 4, 2015.
- [33] X. M. Brioso Lescano, «REVISTA VIRTUALPRO,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/el-analisis-de-la-construccion-sin-perdidas-lean-construction-y-su-relacion-con-el-project-construction-management-propuesta-de-regulacion-en-espana-y-su-inclusion-en-la-ley-de-la-ordenacion-de-la-edificacion>. [Último acceso: 05 septiembre 2018].
- [34] «EL MUNDO,» 11 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.elmundo.es/economia/vivienda/2017/07/11/5964aa1b468aebcc6f8b456e.html>. [Último acceso: 2018].
- [35] S. Alex, R. Danny y B. Pedro, «Repositorio Academico UPC,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/566982?show=full>. [Último acceso: Septiembre 2018].
- [36] e. p. Luis alarcon, «Revista de obras publicas,» febrero 2009. [En línea]. Available: [www.leanconstruction.es](http://www.leanconstruction.es). [Último acceso: julio 2018].
- [37] K. E. B. Revilla, «Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción.,» Pontificia universidad catolica de peru, 2012. [En línea]. Available: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1691/BULEJE\\_KENNY\\_CONDOMINIO\\_LEAN\\_CONSTRUCTION.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1691/BULEJE_KENNY_CONDOMINIO_LEAN_CONSTRUCTION.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [38] L. Díaz Burgos, «RiuNet REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPV,» noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/97426>. [Último acceso: 09 septiembre 2018].
- [39] J. C. O. nuñez, «Metodología lean construction: hacia una edificación eficiente,» 2017. [En línea]. Available:

[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1729-75322017000100008&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1729-75322017000100008&script=sci_arttext).

- [40] Revista de la Construcción, «Un algoritmo matricial RUPSP / GRUPSP "sin interrupción" para la planificación de la producción bajo metodología Lean Construction basado en procesos productivos,» scielo, 2011. [En línea]. Available: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2011000200009&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2011000200009&script=sci_arttext&lng=pt).
- [41] G. d. I. Á. Alpízar Álvalos, «TENOLÓGICO DE COSTARICA RepositorioTEC,» marzo 2017. [En línea]. Available: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion\\_%20lean\\_construction\\_metodologia\\_last\\_planner.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion_%20lean_construction_metodologia_last_planner.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 07 septiembre 2018].
- [42] K. Florez, «Cómo implementar Lean Construction en una empresa constructora pequeña o mediana,» 23 03 2017. [En línea]. Available: <http://kykconsulting.pe/implementacion-de-lean-construction/>.
- [43] I. C. Guzman, «Lean Contruction, filosofia de cambio,» revistavirtualpro, 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=jyipBQnmlUc&feature=youtu.be>.
- [44] A. L. Uriz, «Filosofia Lean en la Contruccion,» 2015. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/50732/LATORRE%20-%20Filosof%3%ADa%20Lean%20en%20la%20construccion%3%B3n.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [45] B. Ruiz, «Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey,» 1 Mayo 2007. [En línea]. Available: <https://repositorio.itesm.mx>. [Último acceso: 21 Septiembre 2018].
- [46] K. Guerrero, «Repositorio Institucional de la ciudad de Guayaquil,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec>. [Último acceso: 21 Septiembre 2018].
- [47] J. De la cruz y N. Sarita, «Repositorio Universidad privada Antenor Orrego,» 2015 Diciembre. [En línea]. Available: <http://repositorio.upao.edu.pe>. [Último acceso: 19 Septiembre 2018].
- [48] I. Usama Hamed, «Science Direct,» Julio 2013. [En línea]. Available: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). [Último acceso: 25 Septiembre 2018].



- [49] T. d. C. Alves, M. C. Colin y K. Walsh, «Emerald Insight,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.emeraldinsight.com>. [Último acceso: 20 Septiembre 2018].
- [50] J. Ramos, C. Davalos, A. Lopez y A. Rodriguez, «Culcyt,» Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://148.210.132.19/ojs/index.php/culcyt/article/view/689>. [Último acceso: 15 Septiembre 2018].

Preview