

# Implementación de conceptos y herramientas de la filosofía Lean Construction en las empresas constructoras de la ciudad de Cochabamba – Bolivia

## Implementation of concepts and tools of the Lean Construction philosophy in the construction companies of the City of Cochabamba - Bolivia

Rodrigo Vergara Hinojosa<sup>1</sup>, Nahúm Gamalier Cayo Chileno<sup>2</sup>, Marialaura Herrera Rosas<sup>3</sup>,  
Alejandra Araoz Campos<sup>4</sup>, Joaquin Humberto Aquino Rocha<sup>5</sup>

<sup>1</sup>10000-0002-7927-6493. Universidad Privada del Valle, Tiquipaya, Bolivia, vhr2017829@est.univalle.edu

<sup>2</sup>20000-0003-4350-1174. Universidad Privada del Valle, Tiquipaya, Bolivia, nahum.cayo.chileno@gmail.com

<sup>3</sup>30000-0002-8910-6041. Universidad Privada del Valle, Tiquipaya, Bolivia, hrm2014954@est.univalle.edu

<sup>4</sup>40000-0001-5456-8054. Universidad Privada del Valle, Tiquipaya, Bolivia, aca1008864@est.univalle.edu

<sup>5</sup>50000-0002-3383-6379. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Bolivia, joaquin.rocha@coc.ufrj.br

Fecha de recepción: 20/03/2022

Fecha de aceptación del artículo: 15/07/2022



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.8631>

Cómo citar: Vergara Hinojosa, R., Cayo Chileno, N. G., Herrera Rosas, M., Araoz Campos, A., & Aquino Rocha, J. H. Implementación de conceptos y herramientas de la filosofía Lean Construction en las empresas constructoras de la Ciudad de Cochabamba – Bolivia. *Avances Investigación En Ingeniería*, 19(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.8631>

## Resumen

El objetivo del presente estudio es identificar las estrategias utilizadas por las empresas constructoras de la ciudad de Cochabamba-Bolivia en la ejecución de proyectos, considerando las herramientas y conceptos de Lean Construction. La metodología consistió en una encuesta a 63 empresas de la ciudad de Cochabamba-Bolivia mediante un cuestionario conformado por 44 preguntas. Se consultaron cuatro aspectos: a) perfil de los encargados de proyectos, b) información general de la empresa, c) planificación y ejecución de proyectos y d) conocimiento de la filosofía Lean Construction. Los resultados muestran que las empresas reconocen los problemas en la productividad y generación de desperdicios, pero no realizan soluciones específicas. Por otro lado, las empresas tienen conocimiento limitado y solo algunas han implementado herramientas de Lean Construction; sin embargo, la mayoría (70%) no conoce la filosofía. Si bien se identifican barreras para implementar la filosofía, también se resaltan acciones que pueden colaborar en su aplicación, tales como demostrar resultados con utilidades y capacitar al personal.

**Palabras clave:** Herramientas, Planificación, Productividad, Desperdicios.

## Abstract

The objective of this study is to identify the strategies used by the construction companies of the city of Cochabamba-Bolivia in the execution of projects, considering the tools and concepts of Lean Construction. The methodology consisted of a survey of 63 companies in the city of Cochabamba-Bolivia through a questionnaire made up of 44 questions. Four aspects were consulted: a) profile of project managers, b) general company

information, c) planning and execution of projects and d) knowledge of the Lean Construction philosophy. The results show that companies recognize the problems in productivity and generation of waste, but do not carry out specific solutions. On the other hand, companies have limited knowledge and only a few have implemented Lean Construction tools; however, the majority (70%) do not know the philosophy. Although barriers to implementing the philosophy are identified, actions that can collaborate in its application are also highlighted, such as demonstrating results with benefits and training staff.

**Keywords:** Tools, Planning, Productivity, Waste.

---

## Introducción

La industria de la construcción contribuye significativamente al crecimiento económico de una nación [1]. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [2], el sector de la construcción aportó un 5.5% al Producto Interno Bruto (PIB) en la región. Este impacto se debe en gran medida a la relación que tiene con otras industrias, principalmente en la adquisición de materiales y servicios, promoviendo la demanda de materias primas, maquinarias, cemento, acero, productos químicos, entre otros [3]. Adicionalmente, el sector de la construcción genera una cantidad considerable de empleo, en América Latina y el Caribe constituye el 6.9% de la población ocupada [4] y, en Bolivia, aproximadamente el 7%, estando entre los seis primeros sectores económicos que generan mayor cantidad de empleo [5].

A pesar de la importancia de la construcción civil en la economía, la evolución y modernización no ocurre en el mismo grado como en otros sectores económicos. El proceso constructivo sigue siendo el mismo desde hace décadas, provocando un estancamiento en esta industria [6]. Por otro lado, el aumento de la competencia obliga a las empresas constructoras a ser más eficientes, eficaces y con un mayor enfoque hacia el cliente [7].

En este escenario, surge la mentalidad Lean que fue evolucionando y adecuándose al sector de la construcción, denominada como filosofía Lean Construction (LC), la cual tiene la intención de maximizar el valor para el cliente y reducir los desperdicios [8-10]. LC es una alternativa de innovación que viene generando excelentes resultados en muchos países del mundo, cada vez con mayores estudios en cuanto a implementación, herramientas, barreras y factores de éxito [11-15]. En la literatura se destacan varios beneficios, tales como: reducción de residuos, aumento de la productividad, reducción de costos, entre otros [16]. Aspectos que también contribuyen en la disminución de los impactos de la industria de la construcción en el medio ambiente; una vez que este sector consume una gran cantidad de recursos naturales y energía, además de una elevada emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) [17,18].

A pesar de las investigaciones en el área y las implementaciones exitosas, todavía no hay una amplia difusión de esta filosofía y los conceptos de LC no son bien recibidos por la industria de la construcción, incluso en países como Estados Unidos y Reino Unido [19,20]. En América Latina se reportan varios estudios, principalmente de Chile, Brasil, Colombia, Perú, entre otros [21-27]; pero, cuando se comparan a otras regiones como Europa o América del Norte, son limitados, indicando la necesidad de mayor investigación en el área. En Bolivia, a diferencia de la región, no hay publicaciones científicas sobre la implementación de LC y/o el grado de conocimiento que tienen las empresas constructoras sobre los conceptos de esta filosofía. Siendo que, recién el año 2021 se creó el Lean Construction Institute Bolivia [28].

En la ciudad de Cochabamba-Bolivia las empresas constructoras presentan problemas de eficiencia en la ejecución y entrega de proyectos, además de generar una importante cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) [29-31]. En este sentido, el objetivo del siguiente trabajo es identificar las estrategias que utilizan las empresas constructoras de la ciudad de Cochabamba-Bolivia en la ejecución de proyectos, con un énfasis en las herramientas y conceptos de LC.

## 2. Lean Construction

Lean Construction (LC) surge como una aplicación de la filosofía Lean enfocada en la construcción civil, basándose en los principios del Lean Manufacturing [32]. El término LC fue inicialmente introducido por Koskela [33], cuyo objetivo se basa en la mejora continua, reducción de costos, eliminación de residuos y con un enfoque hacia el usuario, gestión de calidad y comunicaciones mejoradas dentro del entorno de la construcción [34,35]. LC busca maximizar el valor del proyecto para el usuario y minimizar el desperdicio durante todo el proceso de construcción, mediante el uso de técnicas específicas [36].

Para Koskela [33] existen 11 principios básicos de LC: reducir las actividades que no agreguen valor; aumentar el valor de la producción, tomando en cuenta los requisitos de los clientes; reducir la variabilidad; disminuir el tiempo de ciclo; minimizar el número de pasos, partes y enlaces; aumentar la flexibilidad de las salidas; acrecentar la transparencia del proceso; enfocar en el proceso completo; incorporar mejoras continuas en el proceso; mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y en las conversiones, y benchmarking.

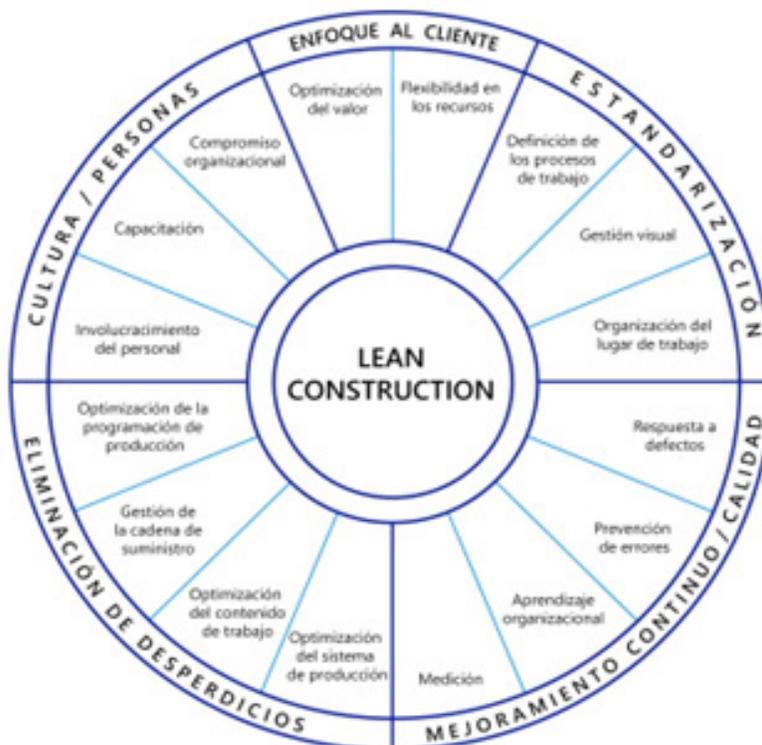


Figura 1. Principios y subprincipios de LC. Adaptado de Diekmann et al. [8].

Womack y Jones [12] simplifican los principios a cinco: especificar el valor del producto, identificar la cadena de valor, crear un flujo de trabajo continuo, los clientes extraen hacia sí (pull) el producto o servicio y perseguir la perfección para la mejora continua. Diekmann et al. [8] definen también cinco principios: enfoque al cliente, estandarización, mejoramiento continuo, eliminación de desperdicios y cultura/personas (Figura 1).

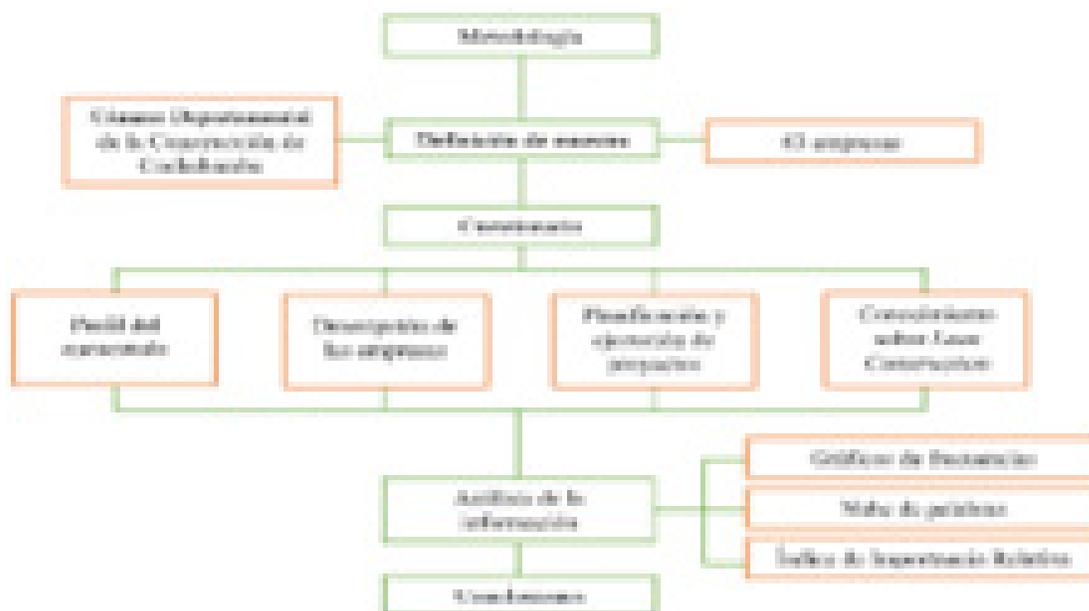
La implementación de la filosofía LC se concibe a través de los medios utilizados para el cumplimiento de sus objetivos en todas las etapas del proceso constructivo. En la literatura este aspecto se ha descrito como la aplicación de diferentes herramientas, técnicas, conceptos, enfoques y estrategias [34,37,38]. Tauriainen et al. [39] sostiene que la práctica de LC incluye varias herramientas para mejorar el proceso de gestión de proyectos, cada una con su impacto y aplicabilidad; sin embargo, otros autores [36,40-42] indican que LC puede ser implementada como un sistema o un canal integrado, como es el caso de Lean Project Delivery System (LPDS) y Last Planner System (LPS). La Tabla 1 resume algunas de las herramientas de LC identificadas en la literatura.

| N° | Herramientas   | Beneficios   |
|----|--|--|
| 1  | 5S, LPS, Poke Yoke, Gestión Visual   | Reducción de residuos, corrección de errores, gestión de inventario.   |
| 2  | Codificación de colores, letreros estándar, tableros de visualización, BIM | Gestión en el sitio, finalización oportuna del proyecto y reducción de variaciones   |
| 3  | Mapeo colaborativo de procesos, Heijunka, Andon                            | Reelaboración mínima, horario estándar y limpieza del lugar de trabajo   |
| 4  | Big rooms, Sistema de valores, Mejora continua                             | La motivación de los empleados y la mano de obra, la finalización oportuna del proyecto y la repetición mínima del trabajo |

**Tabla 1.** Herramientas de LC y sus beneficios.  
Fuente: Singh y Kumar [34].

### 3. Metodología

El presente estudio siguió el procedimiento descrito en la Figura 2.



### 3.1. Definición de la muestra

Se consideraron las 107 empresas asociadas a la Cámara Departamental de la Construcción de Cochabamba (CADECO) [43] como la población de estudio, siendo micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. Para determinar la muestra se utilizó la ecuación de muestreo aleatorio simple para una población finita, ec 1, propuesta por [44].

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad [1]$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra;  $N$  es el tamaño de la población;  $\sigma$  es la desviación estándar de la población, adoptado como 0.5 en casos donde se desconoce su valor;  $Z$  es el nivel de confianza, y  $e$  es el margen de error de muestreo aceptable.

Considerando un nivel de confianza de 95% ( $Z=1.96$ ) y un margen de error del 8%, se definió una muestra de estudio de 63 empresas.

### 3.2. Cuestionario

La recolección de información se realizó mediante un cuestionario que estuvo dirigido a los representantes de las empresas constructoras asociadas a CADECO. Las preguntas se formularon para identificar los siguientes puntos:

- Perfil de los encuestados;
- Datos de la empresa;
- Herramientas que utilizan en la planificación y ejecución;
- Principales problemas en la construcción;
- Sugerencias de mejora;
- Conocimiento de la filosofía LC y sus beneficios;
- Aplicación de herramientas LC, y
- Predisposición y barreras para la implementación de LC.

El cuestionario estuvo conformado por 44 preguntas (selección simple y múltiple, de desarrollo y escala de Likert), divididas en cuatro secciones: Sección I, compuesta de cinco preguntas y dirigida a identificar el perfil de los encargados. Sección II, comprende seis preguntas y describe de forma general las empresas, tal como la clasificación por tamaño, años de servicio y área de especialidad. Sección III, comprende la mayor parte del cuestionario con 27 preguntas dirigidas a los proyectos de construcción: ejecución, principales problemas, generación de desperdicios, herramientas y metodologías utilizadas. Finalmente, la Sección IV está compuesta por seis preguntas sobre LC, con el objetivo de identificar el grado de conocimiento de la filosofía: estrategias de implementación, herramientas, resultados obtenidos y principales barreras encontradas.

Para realizar el cuestionario se consideró la información de contacto (dirección, número telefónico y correo electrónico) del directorio de empresas asociadas a CADECO [43]. Se visitaron las oficinas de las empresas para garantizar que el encuestado sea el gerente, representante legal o algún funcionario con una amplia experiencia en la construcción (ingeniero, arquitecto, jefe de proyectos, etc.).

### 3.3. Análisis de la información

Las preguntas de selección simple y múltiple se analizaron mediante gráficos de frecuencia; las preguntas de desarrollo mediante nube de palabras, es decir, una imagen con palabras clave en diferentes colores y tamaños, donde las palabras o frases de mayor tamaño representan las respuestas más frecuentes.

Para el análisis de la escala de Likert se utilizó el Índice de Importancia Relativa (IIR). La escala de Likert es la suma de todas las respuestas de cada clasificación, comprende cinco niveles de respuesta: cinco – muy relevante (MR), cuatro – relevante (R), tres – regular relevante (RR), dos – poco relevante (PR) y uno – no relevante (NR). El IIR se calcula mediante la ec 2. El numerador es la sumatoria del producto entre el valor de cada clasificación y su número de respuesta ( $\sum x_i y_i$ ). El denominador es el número total de respuestas de todas las clasificaciones ( $\sum x_i$ ). Es importante considerar que, si el IIR está cercano a cinco, adquiere mayor importancia.

$$IIR = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i} \quad [2]$$

## 4. Análisis y discusión de los resultados

### 4.1. Perfil de los encuestados

De la profesión de los encuestados (Figura 3a), se observa que el 49% son Arquitectos, seguido de un 40% Ingenieros civiles, representando las principales profesiones de los encuestados. Mientras que, un 6% son Constructores civiles y el 5% tienen otra profesión. Respecto al cargo que ocupan los encuestados dentro de las empresas (Figura 3b), las respuestas se agruparon en tres categorías para simplificar el análisis: el 59% de los encuestados es el gerente general, el 9% es representante legal y el restante 32% es funcionario (director de obras, equipo de diseño, jefe de proyecto, supervisor, entre otros).

En cuanto a la capacitación y especialización (Figura 4a), el 67% tiene estudios a nivel de Licenciatura, seguido de grado de Magister con 26% y un 6% es Técnico Superior en Construcción. Esto demuestra que los encuestados tienen conocimiento teórico del proceso de construcción. Adicionalmente se observa que el grado de Doctorado no parece ser relevante en el sector, puesto que ninguno de los encuestados tiene este grado académico. Con respecto a cursos relacionados con la gestión de proyectos (Figura 4b), el 43% si menciona poseer: diplomado en Gerencia de la Construcción (27%); Formulación, Evaluación y Gestión de Proyectos (8%), y otros estudios relacionados (Arquitectura Sustentable, Sistemas Integrados de Gestión, Calidad, Medio Ambiente, Seguridad, entre otros) (8%). Por otro lado, el 57% no lo considera necesario, denotando una falta de preparación académica para posiciones gerenciales.

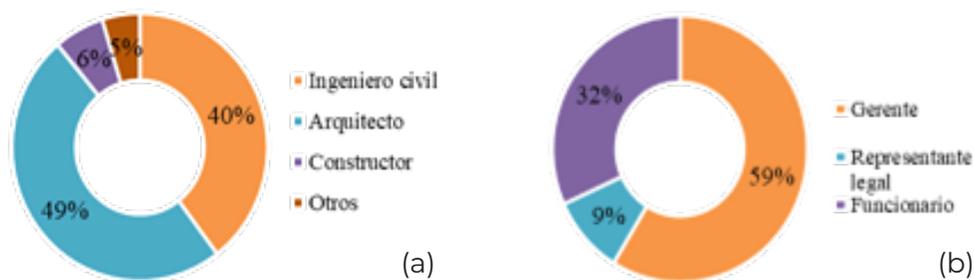


Figura 3. a) Profesión y b) cargo de los encuestados.

Por último, en esta sección, la Figura 5 muestra los años de experiencia de los encuestados en la construcción. Un 45% de los encuestados tiene experiencia entre 11-20 años, seguido de un 25% entre 6-10 años, un 16% mayor a 20 años y, finalmente, un 14% tiene experiencia menor a cinco años. Estos datos indican que el 61% tiene una experiencia mayor a diez años en la construcción; por tanto, los resultados de la encuesta muestran un panorama completo de cómo se planifica, diseña y construye en la ciudad de Cochabamba-Bolivia.

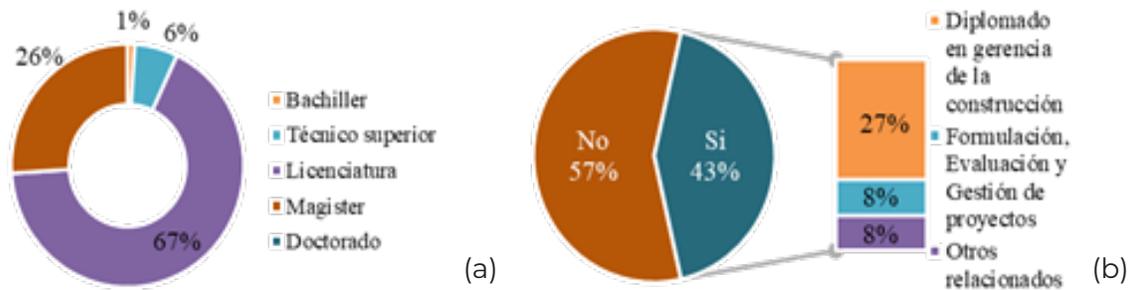


Figura 4. a) Grado académico y b) cursos de especialización de los encuestados.

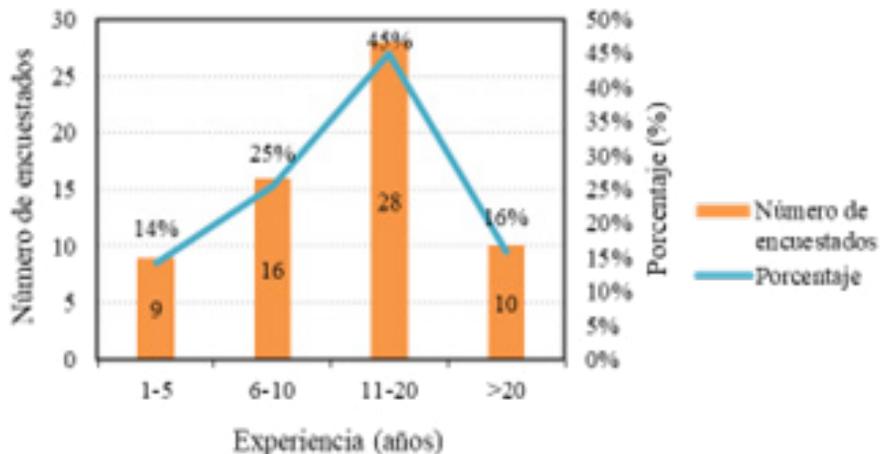


Figura 5. Años de experiencia en la construcción.

#### 4.2. Datos de las empresas

Los resultados de clasificación de las empresas por tamaño según el Decreto Supremo N°3564 [45] muestran que, el 40% son empresas pequeñas, seguido de un 37% de empresas medianas y, con los porcentajes más bajos, un 15% son microempresas y un 8% son empresas grandes (Figura 6a). Según la Cámara de la Construcción de Santa Cruz [46] esta diferencia ocurre porque las empresas nacionales no participan en las licitaciones públicas de proyectos de gran magnitud, dando paso a empresas extranjeras. Los encuestados también mencionan que existe una relación con el tema político.

La Figura 6b presenta los años de servicio de las empresas encuestadas. Se observa que un 43% de las empresas tiene más de 10 años de servicio y el 83% más de cinco años, lo cual demuestra que las empresas encuestadas presentan una amplia experiencia en la ejecución de proyectos de construcción civil. Es importante recalcar que el 94% de las empresas tiene como especialidad el área de estructuras, principalmente edificaciones.

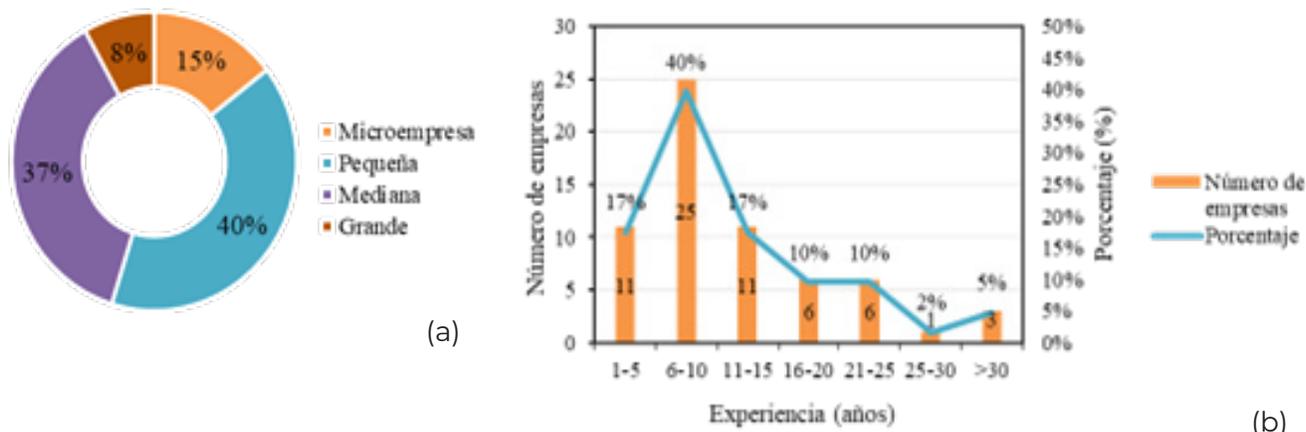


Figura 6. a) Clasificación por tamaño de empresa y b) años de experiencia.

Si bien todas las empresas consideran que es necesaria la innovación y la mejora continua, solo el 36% indica que le da la importancia debida. En este mismo sentido, el 73% de las empresas señalan que capacitan constantemente a sus trabajadores, lo cual puede ser contradictorio con informes publicados [31,47]. También se puede considerar que las capacitaciones no tengan el efecto suficiente por falta de liderazgos internos y/o por la alta rotación del personal.

En la Tabla 2 se presentan las fortalezas y competencias que consideran las empresas al momento de contratar trabajadores. Se puede apreciar que la puntualidad (4.79) es el aspecto más valorado, seguido de compromiso (4.68), trabajo en equipo (4.54) y especialidad (4). Mientras que, liderazgo, innovación y relaciones interpersonales son los menos importantes para las empresas.

| Aspectos                   | MR (5) | R (4) | RR (3) | PR (2) | NR (1) | IIR  | Posición |
|----------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|------|----------|
| Puntualidad                | 51     | 11    | 1      | 0      | 0      | 4.79 | 1        |
| Compromiso                 | 43     | 20    | 0      | 0      | 0      | 4.68 | 2        |
| Trabajo en equipo          | 39     | 19    | 5      | 0      | 0      | 4.54 | 3        |
| Especialidad               | 17     | 30    | 15     | 1      | 0      | 4.00 | 4        |
| Perseverancia              | 14     | 31    | 17     | 1      | 0      | 3.92 | 5        |
| Comunicación               | 8      | 41    | 14     | 0      | 0      | 3.90 | 6        |
| Liderazgo                  | 15     | 27    | 16     | 5      | 0      | 3.83 | 7        |
| Innovación                 | 7      | 28    | 23     | 5      | 0      | 3.59 | 8        |
| Relaciones interpersonales | 3      | 27    | 29     | 4      | 0      | 3.46 | 9        |

Tabla 2. Fortalezas y competencias consideradas por las empresas en la contratación de personal.

La puntualidad debe estar presente en cualquier trabajo. Para implementar LC, es importante el compromiso y trabajo en equipo, en caso contrario es difícil sostener a largo plazo [48]. Pero también, el liderazgo y las relaciones interpersonales son importantes, ayudan con el cambio de mentalidad y creación de una cultura de trabajo [49]. La innovación dentro la empresa es necesaria para la implementación de nuevas herramientas y metodologías que ayuden a mejorar el proceso constructivo [50].

### 4.3. Proyectos de construcción

Los principales problemas mencionados en la construcción son los métodos obsoletos de planificación, control y gestión de la producción (82%), proyectos incompletos poco detallados y escasamente analizados (75%) y la falta de control de productividad en obra (66%). Mientras que, la seguridad (25%) es considerada como el menor de los problemas (Figura 7). La forma actual de planificar, diseñar y ejecutar los proyectos de construcción es ineficiente, provocando mayor incertidumbre y variabilidad [51,52]. Por otro lado, también se debería dar mayor importancia a la seguridad en obra porque genera improductividad, siendo un problema frecuente en el país [47].

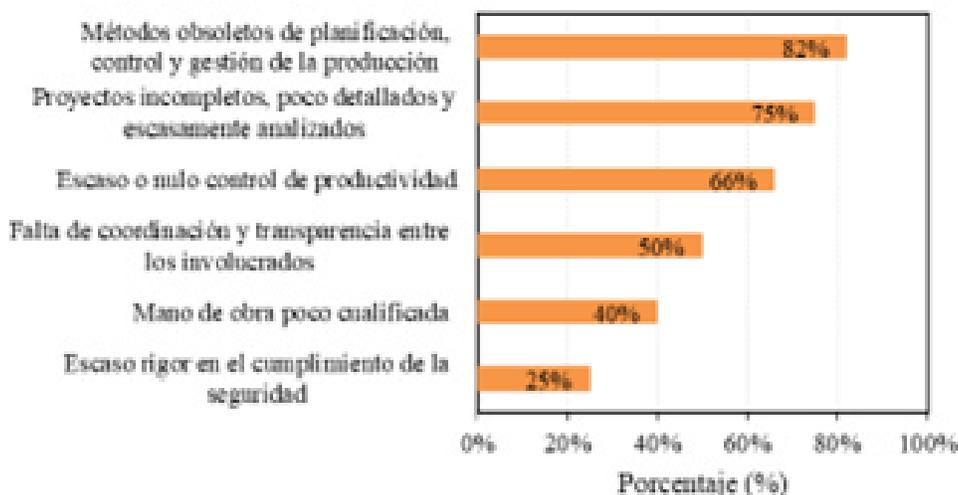


Figura 7. Principales problemas que generan variabilidad en obra.

Con relación a la productividad, un 78% indicó realizar mediciones en obra, donde las respuestas más frecuentes fueron: control del avance de obra, planillas de avance, cronograma, resultados en tiempo, actividades, entre otros (Figura 8). Si bien todo lo mencionado anteriormente ayuda a evitar la improductividad y controlar que se cumplan las actividades planificadas, no mide directamente la productividad en obra de los trabajadores.



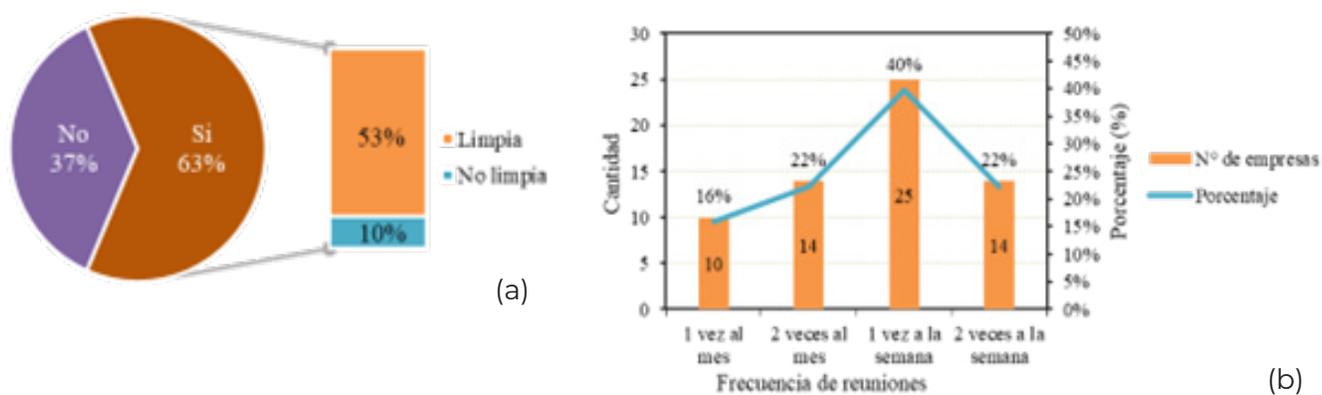
Figura 8. Medición de productividad en obra.



| Aspectos                 | MR (5) | R (4) | RR (3) | PR (2) | NR (1) | IIR  | Posición |
|--------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|------|----------|
| Espera                   | 49     | 3     | 8      | 2      | 1      | 4.02 | 1        |
| Movimientos innecesarios | 10     | 24    | 26     | 3      | 0      | 3.65 | 2        |
| Transporte innecesario   | 8      | 22    | 30     | 3      | 0      | 3.56 | 3        |
| Talento                  | 9      | 14    | 35     | 5      | 0      | 3.43 | 4        |
| Defectos                 | 9      | 21    | 20     | 13     | 0      | 3.41 | 5        |
| Exceso de procesado      | 6      | 22    | 20     | 12     | 3      | 3.25 | 6        |
| Exceso de inventario     | 10     | 17    | 17     | 12     | 7      | 3.17 | 7        |
| Sobreproducción          | 9      | 12    | 24     | 13     | 5      | 3.11 | 8        |

**Tabla 3.** Desperdicios que se generan en la construcción.

Con respecto a un espacio para la planificación y reuniones en obra, el 63% menciona que cuenta con una oficina en obra (Figura 10a). Del total (63%), un 53% mantiene la oficina organizada y limpia, esto demuestra que, gran parte de las empresas implementan 5S (ordenar, limpiar, clasificar, estandarizar y sostener) para mantener el orden y la limpieza. Aplicar 5S permite eliminar los principales obstáculos, maximizar los recursos, tiempo y productividad, desarrollando un ambiente de trabajo agradable y eficiente [56]. Las reuniones en obra son muy importantes para control y gestión de la producción. En la Figura 10b se observa que un 40% realiza una reunión semanal con el equipo de trabajo y un 22% dos veces a la semana. De acuerdo con la literatura, lo ideal es realizar una reunión en obra por semana, lo cual concuerda con el 62% de los encuestados. Por otro lado, al realizar reuniones periódicas para evaluar la planificación e identificar requerimientos, se implementa parte de Last Planner.

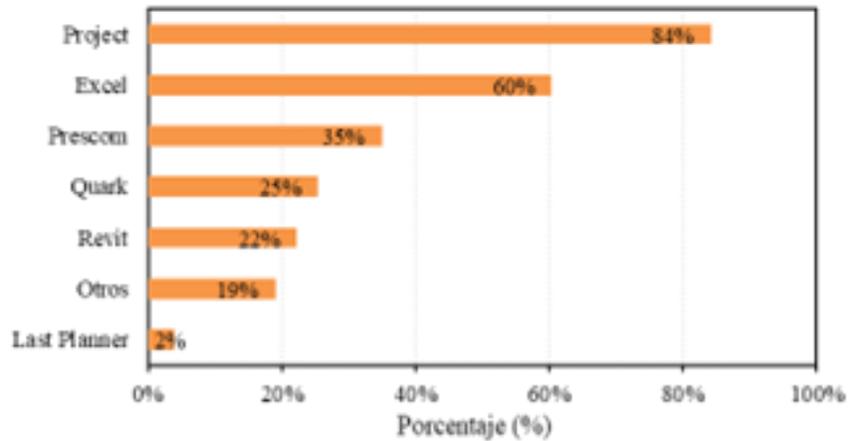


**Figura 10.** a) Espacio para reunión y b) frecuencia.

Los temas que se abordan en las reuniones en obra son la planificación (92%), identificación y solución de problemas (89%) y, con menor frecuencia, los indicadores clave del proyecto (56%). Según Bartolón [50], en México las empresas que están implementando LC priorizan la planificación, seguido de indicadores claves del proyecto (desempeño, fechas y presupuesto) y la identificación y solución de problemas. Llevar una planificación con Last Planner permite identificar los problemas, logrando que las reuniones sean más productivas.

De las empresas encuestadas, se observa que las herramientas más utilizadas para la planificación, control y gestión de la producción son: Project (84%), Excel (60%) y Prescom (35%). Como herramientas complementarias se destacan Quark (25%) y Revit (22%); sin embargo,

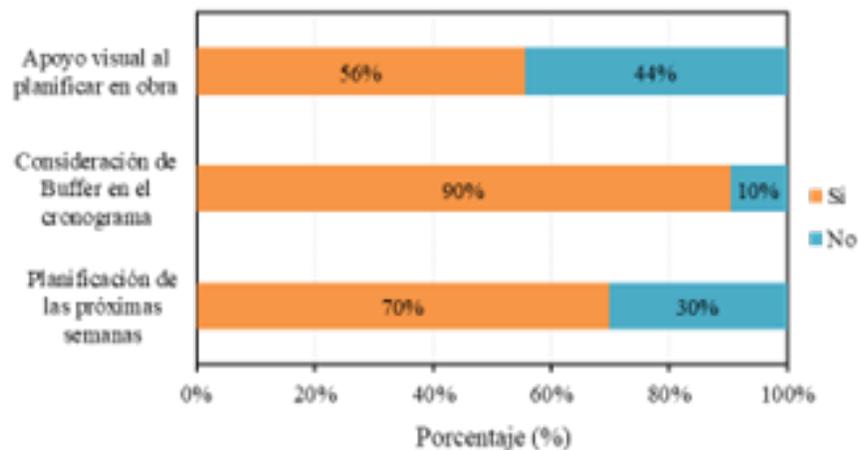
su uso depende de la complejidad del proyecto. Por otro lado, un 19% indica que utiliza otras herramientas, pero no se especifican. Adicionalmente, solo una empresa (2%) utiliza Last Planner para planificar (Figura 11).



**Figura 11.** Herramientas utilizadas para la planificación, control y gestión de la producción.

Para conocer a detalle la planificación en obra, se consultó sobre algunas estrategias que son parte de LC y, de esta forma, comprobar su implementación (Figura 12). Un 70% realiza una planificación de las próximas semanas en obra, generalmente para proveer recursos importantes de materiales; el 90% considera Buffers, que es un tiempo de holgura dentro de la planificación para contrarrestar los efectos de la variabilidad, y un 56% apoya la planificación en obra de manera visual, mencionando que es importante observar los indicadores del proyecto, así como algunos planos. Lo cual demuestra que las empresas utilizan parte de algunas herramientas Lean Construction, como Gestión Visual, Buffers y Last Planner.

La Tabla 4 muestra las barreras para implementar metodologías y herramientas novedosas. Los encuestados consideran como principales barreras la falta de conocimiento (4.25), falta de cooperación de los empleados (3.83), y la falta de apoyo por organizaciones (3.81). Estas barreras también existen al momento de implementar LC, en especial la falta de conocimiento y entendimiento de la filosofía, la falta de cooperación y compromiso de los trabajadores [49].



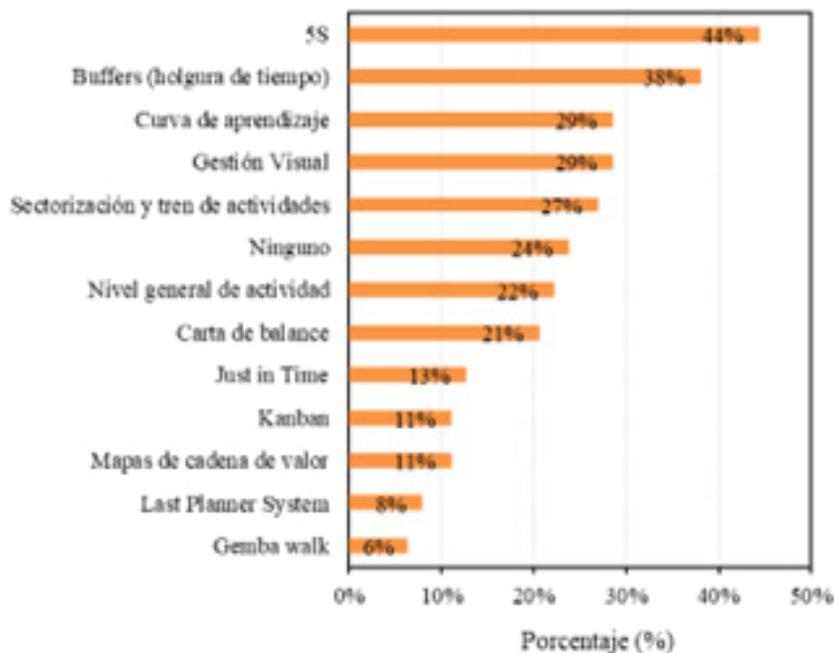
**Figura 12.** Estrategias de apoyo en la planificación.

| Aspectos                              | MR (5) | R (4) | RR (3) | PR (2) | NR (1) | IIR  | Posición |
|---------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|------|----------|
| Falta de conocimiento                 | 23     | 33    | 7      | 0      | 0      | 4.25 | 1        |
| Falta de cooperación                  | 7      | 38    | 18     | 0      | 0      | 3.83 | 2        |
| Falta de apoyo por instituciones      | 6      | 40    | 16     | 1      | 0      | 3.81 | 3        |
| Resistencia al cambio                 | 9      | 32    | 20     | 2      | 0      | 3.76 | 4        |
| Costo de implementación               | 5      | 24    | 30     | 4      | 0      | 3.48 | 5        |
| Miedo al cambio                       | 11     | 15    | 28     | 8      | 1      | 3.43 | 6        |
| Falta de líderes                      | 5      | 22    | 29     | 6      | 1      | 3.38 | 7        |
| Falta de apoyo de gerencia            | 2      | 24    | 31     | 5      | 0      | 3.37 | 8        |
| Falta de compromiso de los directivos | 3      | 18    | 37     | 5      | 0      | 3.30 | 9        |

**Tabla 3.** Desperdicios que se generan en la construcción.

Respecto a las principales herramientas de LC (Figura 13), se observa que los encuestados conocen: 5S (44%), Buffers (38%), Curva de aprendizaje (29%), Gestión Visual (29%), sectorización y tren de actividades (27%). Mientras que, las menos conocidas son Last Planner (8%) y Gemba Walk (6%). Varias empresas no conocen las herramientas (24%).

En los resultados anteriores se observó que algunas empresas implementan parte de las herramientas LC como: Gestión Visual, 5S, Last Planner, Buffers y Gemba Walk, sin conocerlas totalmente.



**Figura 13.** Conocimiento de las herramientas LC.

La Tabla 5 expone varios puntos de mejora que deberían ser considerados en las empresas constructoras. Para los encuestados lo más importante es el cumplimiento de plazos (4.67), seguido de la productividad (4.43) e incrementar el valor para el cliente (4.40). Sin embargo, se observa que todos los apartados del cuadro son relevantes (puntuación mayor a 4).

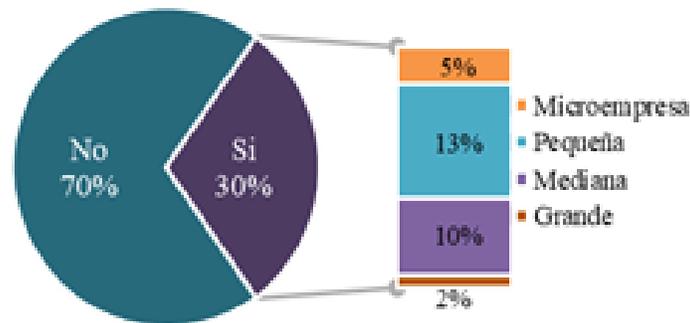
| Aspectos                               | MR (5) | R (4) | RR (3) | PR (2) | NR (1) | IIR  | Posición |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|------|----------|
| Cumplimiento de plazos                 | 59     | 1     | 4      | 0      | 0      | 4.67 | 1        |
| Productividad en obra                  | 31     | 28    | 4      | 0      | 0      | 4.43 | 2        |
| Generar mayor valor para el cliente    | 31     | 26    | 6      | 0      | 0      | 4.40 | 3        |
| Optimización de procesos constructivos | 24     | 29    | 10     | 0      | 0      | 4.22 | 4        |
| Seguridad en obra                      | 25     | 26    | 10     | 2      | 0      | 4.17 | 5        |
| Mayores ganancias                      | 14     | 37    | 12     | 0      | 0      | 4.03 | 6        |

**Tabla 5.** Sugerencias de mejoras en las empresas constructoras.

Con la implementación de LC se obtienen mejores resultados en productividad, calidad, seguridad, etc., lo cual se refleja en el cumplimiento de plazos y costos [52]. Por tanto, LC puede ayudar a mejorar todos los puntos presentados en la Tabla 5.

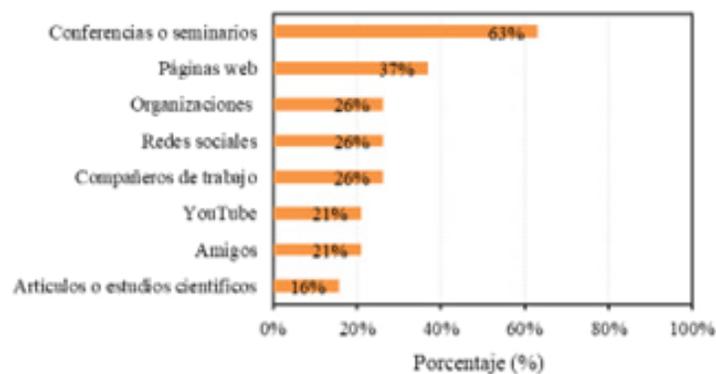
#### 4.4. Lean Construction

En la Figura 14 se observa que el 30% de las empresas encuestadas conocen LC, distribuidas en: Microempresa (5%), Pequeña (13%), Mediana (10%) y Grande empresa (2%). Ya el 70% expresa que no tiene conocimiento sobre LC.



**Figura 14.** Conocimiento de la filosofía LC.

A partir de este punto, el análisis de la información corresponde a las 19 empresas (30%). Inicialmente fueron consultadas sobre los medios de difusión que las llevaron a conocer LC (Figura 15). Las principales fuentes son las conferencias o seminarios (63%), páginas web (37%) y redes sociales (26%).



**Figura 15.** Fuentes de difusión de LC.

Los encuestados consideran que, la eliminación de desperdicios (74%), el cumplimiento de plazos (63%) y cliente satisfecho (58%), son los principales beneficios al implementar LC (Figura 16). Según Marín [10] las empresas que implementan LC en Chile consideran que los principales beneficios son: mayor coordinación entre los trabajadores, cumplimiento de los plazos de ejecución, mejora en la calidad de los proyectos, menor cantidad de desperdicios y mayor satisfacción del cliente. Lo cual también concuerda con el estudio realizado por Bartolón [50].

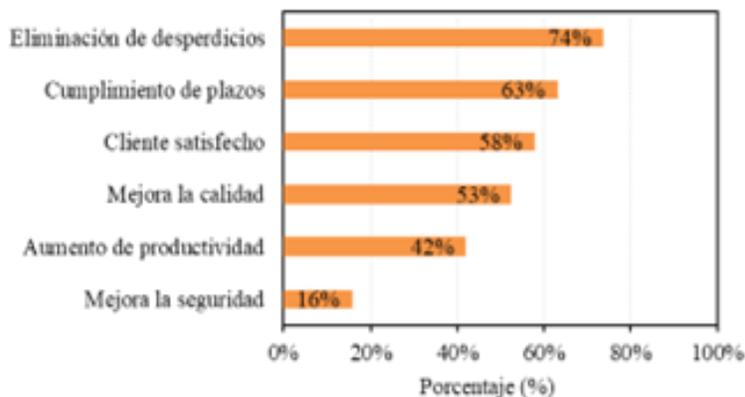


Figura 16. Beneficios de implementar LC.

Los encuestados indican que la capacitación del personal (74%) y demostrar utilidades con resultados (74%) son las estrategias correctas para implementar LC (Figura 17). La falta de conocimiento y entendimiento de la filosofía genera múltiples errores y excusas; por tanto, es importante primero la capacitación y concientización en los trabajadores [10,50,52]. Por otro lado, el apoyo de gerencia y la formación de líderes internos, fortalece la implementación y el cambio de cultura de trabajo [49].



Figura 17. Estrategias para implementar LC.

Del total de las empresas que conocen LC (30%), siete empresas (12%) lograron implementar: Cartas de Balance, 5S, Gestión Visual, Buffers y parte de Last Planner. Sin embargo, las herramientas mencionadas se implementan de manera puntual, generalmente el experto en gestión de proyectos de la empresa establece lo que se va a implementar, tomando en cuenta la magnitud del proyecto. Con respecto al tiempo de implementación de herramientas LC (Figura 18), se observa que un 8% lleva implementando entre 1-2 años y el 4% menos de un año. Los principales motivos para la implementación fueron reducir pérdidas, ser más eficientes y

tener una planificación en obra. Según Marín [10] y Becerra [49] los principales motivos para implementar LC en Chile fueron: tener una planificación en obra, ser más eficientes y reducir las pérdidas.

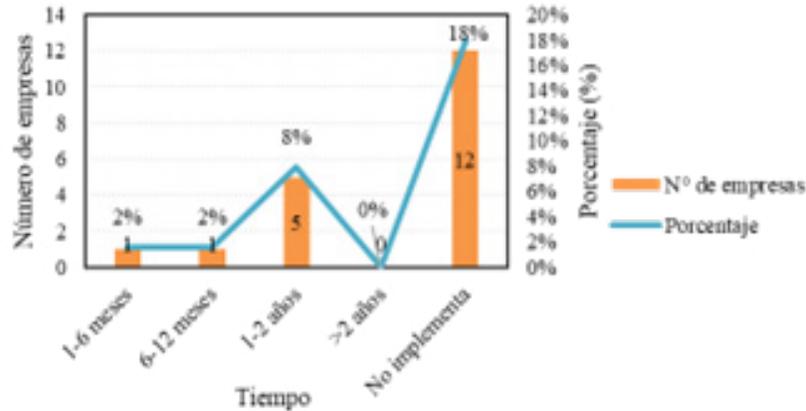


Figura 18. Tiempo de implementación de herramientas LC.

## 5. Conclusión

El perfil de los encargados de las construcciones en la ciudad de Cochabamba-Bolivia, por lo general, es un Arquitecto o Ingeniero Civil, que realizó sus estudios a nivel de Licenciatura o Magister, con una experiencia media entre 10 y 20 años en la construcción. Una mayoría de los encuestados es el Gerente General de la empresa, el resto son funcionarios. Por último, no todos tienen un estudio especializado relacionado con la gestión de proyectos de construcción.

Las empresas predominantes en la ciudad de Cochabamba son pequeñas y medianas con más de cinco años de experiencia, desempeñándose mayoritariamente en el área de las estructuras. Si bien todas las empresas consideraran importante la innovación y la mejora continua, no se le dan la importancia debida. La puntualidad, compromiso, trabajo en equipo y especialización son las competencias que más valoran las empresas en sus trabajadores.

Los principales problemas presentados en la construcción se deben a los métodos obsoletos de planificación, control y gestión de la producción, los cuales generan variabilidad en la obra y repercute en el cumplimiento de plazos y costos. Las empresas son conscientes de la baja productividad y desperdicios que se producen, identificando a las esperas, movimientos y transporte innecesario como causas. Por otro lado, los encuestados señalan que se deben realizar mejoras al proceso constructivo generando mayor valor al cliente.

Los encuestados señalan que han implementado algunas herramientas de Lean Construction: 5S, Buffers, Gestión Visual, Last Planner, Curva de aprendizaje, Sectorización y Gemba Walk; sin embargo, solo el 30% tiene conocimiento de la filosofía Lean Construction y un 12% (siete empresas) ha aplicado alguna herramienta. Esto resalta que Bolivia y específicamente Cochabamba, presenta limitaciones en la investigación e implementación de Lean Construction.

Específicamente con los aspectos relacionados a Lean Construction se pudo constatar que las empresas consideran holguras de tiempo en la planificación, apoyándose en hitos de control. Existe una oficina en obra, dirigida a reuniones. Se realiza planificación de las próximas semanas para identificar restricciones y requisitos previos de recursos, considerando la gestión visual. Se utilizan planillas para comparar lo ejecutado y planificado. El gerente del proyecto realiza visitas constantes a obra. Y, por último, existe designación de áreas para diferentes requerimientos y necesidades.

Las principales barreras para implementar Lean Construction son la falta de conocimiento, poca cooperación de los trabajadores y limitado apoyo por parte de organizaciones. También se resalta que, para implementar Lean Construction es necesario demostrar resultados con utilidades y capacitar al personal.

El presente estudio se limitó a la ciudad de Cochabamba-Bolivia, por tanto, denota una realidad particular; sin embargo, resultados similares podrían presentarse en otras ciudades bolivianas, una vez que las empresas constructoras comparten problemas comunes: ineficiencia y amplia generación de residuos.

Es necesario profundizar en las barreras de implementación de Lean Construction, proponiendo estrategias específicas para la situación de las empresas constructoras, no solo de la ciudad de Cochabamba, sino a nivel nacional (Bolivia).

Finalmente, futuras investigaciones pueden estudiar los resultados de empresas que han implementado Lean Construction en la práctica, evaluando las herramientas utilizadas y sugiriendo nuevas.

## Referencias

- [1] D. T. H. Giang and L. Sui Pheng, "Role of construction in economic development: Review of key concepts in the past 40 years," *Habitat International*, vol. 35, no. 1, pp. 118–125, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.06.003>
- [2] Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL, "América Latina y el Caribe: Perfil regional económico," 2020. Recuperado de: [https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/perfil\\_regional\\_economico.html?idioma=spanish](https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/perfil_regional_economico.html?idioma=spanish) (accedido el 18/03/2022).
- [3] Y. Ali, M. Sabir and N. Muhammad, "A comparative input-output analysis of the construction sector in three developing economies of South Asia," *Construction Management and Economics*, vol. 37, no. 11, pp. 643–658, 2019. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2019.1571214>
- [4] Organización Internacional del Trabajo – OIT, "Panorama laboral 2020," 2020. Recuperado de: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/americas/---ro-lima/documents/publication/wcms\\_764630.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_764630.pdf) (accedido el 18/03/2022).
- [5] Instituto Nacional de Estadística – INE, "Encuesta continua de empleo," 2020. Recuperado de: <https://www.ine.gob.bo/> (accedido el 18/03/2022)
- [6] R. E. Prescott, "Alerta: o baixo crescimento do PIB e os indicadores macroeconômicos vem afetando a construção civil, mas isto não significa que o setor esteja diante de uma crise," *Construção e Mercado*, São Paulo, 2014.
- [7] E. R. M. D. Oliveira, "Metodologia de implantação da construção enxuta: estudo de caso em construtora de porte médio," Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2013.
- [8] J. E. Diekmann, M. Krewedl, J. Balonick, T. Stewart and S. Won, "Application of lean manufacturing principles to construction," Boulder, CO, Construction Industry Institute, 191, 2004.
- [9] H. P. Díaz, O. G. S. Rivera and J. A. G. Guerra, "Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción," *Avances: Investigación en Ingeniería* vol. 11, no. 1, pp. 32–53, 2014. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- [10] J. A. Marín, "Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción," Universidad de Chile, Santiago, 2015.
- [11] G. Ballard and G. Howell, "Implementing lean construction: stabilizing work flow," *Lean Construction*, 1994.
- [12] J. Womack and D. Jones, "Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation," 1997.
- [13] L. Koskela, G. Howell, G. Ballard and I. Tommelein, "The foundations of lean construction," In *Design and construction: Building in value*. Routledge, 2002.
- [14] D. F. Garrett and J. Lee, "Lean construction submittal process—A case study," *Quality Engineering*, vol. 23, no. 1, pp. 84–93, 2010. <https://doi.org/10.1080/08982112.2010.495100>
- [15] M. Aslam, Z. Gao and G. Smith, "Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction," *Journal of Cleaner Production*, vol. 277, 123295, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>
- [16] R. Lamming, "Squaring lean supply with supply chain management," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, no. 2, pp. 183–196, 1996. <https://doi.org/10.1108/01443579610109910>
- [17] P. J. Martínez-Jurado and J. Moyano-Fuentes, "Lean management, supply chain management and sustainability: a literature review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 134–150, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.042>
- [18] F. R. Arooz and R. U. Halwatura, "Mud-concrete block (MCB): mix design & durability characteristics," *Case studies in construction materials*, vol. 8, pp. 39–50, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.12.004>
- [19] McGraw Hill Construction, "LC - Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency (Smart Market Report)," McGraw Hill Construction Research and Analytics, Massachusetts, 2013.
- [20] A. M. Bashir, S. Suresh, D. A. Oloke, D. G. Proverbs and R. Gameson, "Overcoming the challenges facing lean construction practice in the UK contracting organizations," *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, vol. 4, no. 1, pp. 10–18, 2015. <http://dx.doi.org/10.7492/IJAEC.2015.002>

- [21] P. Martínez, V. González and E. Fonseca, "Integración conceptual Green-Lean en el diseño, planificación y construcción de proyectos," *Revista ingeniería de construcción*, vol. 24, no. 1, pp. 5-32, 2009. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732009000100001>
- [22] C., Pasquire and J. Salvatierra-Garrido, "Introducing the concept of first and last value to aid lean design: Learning from social housing projects in Chile," *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 7, no. 2, pp. 128-138, 2011. <https://doi.org/10.1080/17452007.2011.582335>
- [23] X. Brioso, "Teaching lean construction: Pontifical Catholic University of Peru training course in lean project & construction management," *Procedia Engineering*, vol. 123, no. 85-93, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.062>
- [24] A. A. Erazo-Rondinel and C. Huaman-Orosco, "Exploratory Study of the Main Lean Tools in Construction Projects in Peru," In *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 542-551), 2021.
- [25] B. S. Carvalho and S. Scheer, "Analysis and assessment for lean construction adoption: the DOLC Tool," 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 9-12 July 2017, Heraklion, Greece, 2017.
- [26] E. Martínez, C. K. Reid and I. D. Tommelein, "Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America," *Construction Innovation*, vol. 19, no. 4, pp. 570-593, 2019. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- [27] S. Caballero, B. Zambrano and E. Ponce, "Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia," *Ingeniare*, vol. 25, pp. 39-65, 2018. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.25.5968>
- [28] Lean Construction Institute Bolivia - LCI Bolivia, "LCI Bolivia," 2021. Recuperado de: <https://lcibolivia.org> (accedido el 18/03/2022).
- [29] R. Vargas Meneses and M. Luján Pérez, "Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba," *Acta Nova*, vol. 7, no. 4, pp. 399-429, 2016.
- [30] J. H. A. Rocha, F. A. G. León, J. W. A. Illanes, F. M. Copatiti, C. M. S. Zenteno and N. G. C. Chileno, "Impacto de la cuarentena de COVID-19 en empresas constructoras de Cochabamba, Bolivia," *Avances: Investigación en Ingeniería*, vol. 18, no. 2, 2021. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.7072>
- [31] W. Callao, "Obras inconclusas, abandonadas o con líos legales en Cochabamba," *Cochabamba: Los Tiempos* (2020, Septiembre 20). Recuperado de: <https://www.lostiempos.com/actualidad/cochabamba/20200920/obras-inconclusas-abandonadas-lios-legales-cochabamba> (accedido el 18/03/2022).
- [32] A. Banawi, and M. M. Bilec, "A framework to improve construction processes: Integrating Lean, Green and Six Sigma," *International Journal of Construction Management*, vol. 14, no. 1, pp. 45-55, 2014. <https://doi.org/10.1080/15623599.2013.875266>
- [33] L. Koskela, "Application of the new production philosophy to construction," *Stanford university*, Stanford, 1992.
- [34] S. Singh and K. Kumar, "Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018)," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 465-471, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
- [35] A. G. Silvius, M. Kampinga, S. Paniagua and H. Mooi, "Considering sustainability in project management decision making; An investigation using Q-methodology," *International Journal of Project Management*, vol. 35, no. 6, pp. 1133-1150, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jproman.2017.01.011>
- [36] M. A. Marhani, A. Jaapar, N. A. A. Bari and M. Zawawi, "Sustainability through lean construction approach: A literature review," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 101, pp. 90-99, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.182>
- [37] S. Li, Y. Fang and X. Wu, "A systematic review of lean construction in Mainland China. Journal of cleaner production," vol. 257, 120581, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120581>
- [38] O. Babalola, E. O. Ibem and I. C. Ezema, "Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review," *Building and Environment*, vol. 148, pp. 34-43, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.051>

- [39] M. Tauriainen, P. Marttinen, B. Dave and L. Koskela, "The effects of BIM and lean construction on design management practices," *Procedia engineering*, vol. 164, pp. 567-574, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.659>
- [40] S., Ahmed, M. M. Hossain and I. Haq, "Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges," *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, vol. 39, no. 2, pp. 368-406, 2021. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-04-2019-0037>
- [41] Meiling, J., Backlund, F., & Johnsson, H. (2012). "Managing for continuous improvement in off-site construction: Evaluation of lean management principles," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 19, no. 2, pp. 141-158, 2012. <https://doi.org/10.1108/09699981211206089>
- [42] S. J. Tuholski and I. D. Tommelein, "Design structure matrix implementation on a seismic retrofit," *Journal of Management in Engineering*, vol. 26, no. 3, pp. 144-152, 2010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000016](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000016)
- [43] Cámara Departamental de la Construcción de Cochabamba – CADECO, "Asociados a la cámara," 2020. Recuperado de: <http://www.cadecocbba.com/controladores/asociados.php> (accedido el 18/03/2022).
- [44] R. Murray and J. Larry. Estadística. 4ta ed. México, DF: McGraw Hill, 2009.
- [45] Bolivia. Decreto Supremo N° 3564, 24 de mayo de 2018.
- [46] Cámara de la Construcción de Santa Cruz - CADECOCRUZ, "Revista de Cadecocruz: construir y mano de obra," 2019. Recuperado de: <https://cadecocruz.org.bo/construir/construir23/Construir23.pdf> (accedido el 18/03/2022).
- [47] J. Alanoca, "Un 89% de las empresas incumplen en seguridad," Santa Cruz: El Deber (2015, Junio 12). Recuperado de [https://eldeber.com.bo/economia/un-89-de-las-empresas-incumplen-en-seguridad\\_59612](https://eldeber.com.bo/economia/un-89-de-las-empresas-incumplen-en-seguridad_59612) (accedido el 18/03/2022).
- [48] S. Cano, J. Delgado, L. Botero and O. Rubiano, "Barreras y factores de éxito que impactan la implementación de Lean Construction," San Pablo: Sibragec-Elagec, 2015.
- [49] U. B. Becerra, "Evaluación de la madurez de los principios lean en proyectos de construcción," Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2016.
- [50] J. J. Bartolón, "Filosofía lean construction y su impacto en la implantación en el desarrollo de proyectos de edificación," Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, 2020.
- [51] F. I. Ibáñez, "Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del Lean Construction en Chile," Universidad de Chile, Santiago, 2018.
- [52] J. F. Achell and I. Rubio, "Lean Construction: Las 10 claves del éxito para su implantación," Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, Madrid, 2021.
- [53] R. Islam, T. H. Nazifa, A. Yuniarto, A. S. Uddin, S. Salmiati and S. Shahid, "An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling," *Waste Management*, vol. 95, pp. 10-21, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.049>
- [54] J. F. Achell, "Introducción a Lean construction," Fundación Laboral de la Construcción, Madrid, 2014.
- [55] J. G. Sarhan, B. Xia, S. Fawzia and A. Karim, "Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry," *Construction Economics and Building*, vol. 17, no. 1, pp. 46-69, 2017. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098>
- [56] S. L. Corilla, "Implementación del Pull Planning para mejorar la confiabilidad de la programación de la etapa de acabados en una edificación de oficinas," Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2016.