



# Metodología de construcción esbelta en la optimización de los resultados de un proyecto de edificación

## Lean construction methodology in the optimization of the results of a building project

Pedro Estrada Herrera<sup>1</sup>  , Jorge Pueblita Mares<sup>1</sup>  

### RESUMEN

Dentro de las aplicaciones del *lean manufacturing* se encuentra su contextualización en los procesos constructivos como *lean construction*, la cual se enfoca a reducir las actividades que no generan valor en función de la optimización de los procesos, con el fin de maximizar la eficiencia. Es así que, el objetivo de la investigación fue proponer un procedimiento para la adopción de la metodología *lean construction* para contribuir a la optimización de proyectos de edificación. Se ejecutó un estudio con un enfoque mixto, transversal de tipo descriptivo, a partir del estudio del caso: construcción de un parque temático recreativo para niños en fase terminal. Se diseñó un procedimiento estructurado en seis pasos que permitió la adopción de la filosofía *lean* en la gestión de proyectos, así como el diseño de un instrumento para evaluar las competencias del equipo de proyecto en los sistemas de gestión integrados. Los resultados permitieron definir, diseñar y suministrar los activos del proyecto con la mayor generación de valores posibles, donde se impusieron preceptos de la metodología *lean*. Igualmente, los sistemas integrados de proyectos, a partir de la imbricación de preceptos de la metodología *lean*, optimizaron la productividad de proyectos en la construcción de edificaciones.

**Palabras clave:** dirección de proyecto, ingeniería de la construcción, manufactura esbelta, proyecto de desarrollo.

**Clasificación JEL:** D24; O14.

**Recibido:** 22-03-2025

**Revisado:** 17-05-2025

**Aceptado:** 15-06-2025

**Publicado:** 04-07-2025

**Editor:** Carlos Alberto Gómez Cano 

<sup>1</sup>Universidad La Salle de Cuernavaca. Cuernavaca, México.

**Citar como:** Estrada, P. y Pueblita, J. (2025). Metodología de construcción esbelta en la optimización de los resultados de un proyecto de edificación. *Región Científica*, 2(2), 2025112. <https://doi.org/10.58765/rc2025115>

### ABSTRACT

Within lean manufacturing applications, its contextualization in construction processes is found as lean construction. This approach aims to reduce non-value-adding activities by optimizing processes to maximize efficiency. Thus, the objective of this research was to propose a procedure for adopting the lean construction methodology to contribute to the optimization of building projects. A mixed-method study was conducted with a cross-sectional, descriptive focus based on the case study: construction of a recreational theme park for terminally ill children. A procedure structured in six steps was designed, allowing the adoption of the lean philosophy in project management and the design of a tool to assess the project team's competencies in integrated management systems. The results enabled the definition, design, and delivery of project assets with the highest possible value generation, where lean methodology principles were applied. Likewise, the integrated project systems, stemming from incorporating lean methodology principles, optimized project productivity in building construction.

**Keywords:** project management, construction engineering, lean manufacturing, development project.

**JEL Classification:** D24; O14.

## INTRODUCCIÓN

La filosofía *lean* tuvo su origen en la manufactura aplicada en la línea productiva de Toyota, es así que, su desarrollo se enmarcó en los acontecimientos sucedidos durante la Segunda Guerra Mundial, lo que potenció su rápida adopción por Estados Unidos y su generalización en la industria (Carrilo *et al.*, 2019; Singh y Kumar, 2020; Dallasega *et al.*, 2020;



de Souza *et al.*, 2023). De esta forma, fue reconocida como una metodología enfocada a reducir los desperdicios clasificados en: espera, defectos, movimientos no necesarios, inventario en exceso, sobreproducción, transporte saturado y procesamiento a gran escala (Martínez *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2022).

En este contexto, su implementación ha permitido optimizar procesos y eliminar las malas prácticas (Amado *et al.*, 2020; Francis y Thomas, 2020; Shaqour, 2022). Por lo que, variadas investigaciones han traducido la filosofía *lean manufacturing* (FLM) al español como fabricación esbelta, fabricación ajustada, fabricación ágil (Sánchez, 2023). Este proceso ha sido llevado a cabo mediante los siguientes sistemas de producción: *Total Quality Management* (TQM), *Just in Time* (JIT), *Kaizen* (Mejora continua), *Theory of Constraints* (TOC) y Reingeniería de procesos (Sirvent *et al.*, 2016). A su vez, ha sido una metodología efectiva que se ha enfocado en aumentar la eficiencia de los procesos a partir de la implementación de la filosofía de gestión *Kaizen* de mejora continua en tiempo, espacio y que ha sido direccionada a desechar los desperdicios (Guerrero *et al.*, 2019).

De esta manera, se han evidenciado aplicaciones en el sector de la producción: *lean production*, *lean manufacturing*, *lean supply chain*, *lean construction*; también en los servicios: *lean government*, *lean hotel*, *lean accounting* y en el área de la salud con el nombre de *lean Healthcare* con una amplia representación en la literatura (Zambrano *et al.*, 2022). En los proyectos de construcción (PC), se han enfocado en reducir las actividades que no generan valor en función de la calidad de los procesos, con el fin de maximizar eficiencia y minimizar los desperdicios (Gao *et al.*, 2023; Michalski *et al.*, 2022; Yücenur y Şenol, 2021).

De esta forma, a diferencia de otras industrias que han evolucionado gracias a la tecnología, la construcción ha sido relativamente estática en sus procesos, por lo que ha sido necesario adoptar nuevos métodos y herramientas para aumentar los niveles de productividad y eficiencia del sector (Barbhuiya y Bhusan, 2023). En la actualidad, la manera en que se llevan a cabo diversas obras obedece a un modo artesanal y poco productivo, lo cual ha persistido desde tiempos antiguos sin cambios significativos.

Es así que, la metodología *lean construction* ofrece oportunidades para optimar las fases, así como los procesos en los proyectos (Caballero *et al.*, 2018), lo que facilita su gestión y permite reducir el desperdicio mientras se maximiza el valor del proyecto a través del uso de herramientas y técnicas efectivas (Aureliano *et al.*, 2019; Goh y Goh, 2019; Aslam *et al.*, 2020; Abu *et al.*, 2022). En este sentido, existen diferencias significativas entre la gestión tradicional de proyectos (GTP) y el enfoque que propone la filosofía *lean*, los cuales se exponen en la *Tabla 1*.

**Tabla 1.**  
*Principales diferencias entre la gestión de proyectos tradicionales y el enfoque lean*

<b>GTP</b>	<b>Lean Construction</b>
Cumplimiento en su totalidad de actividades del proyecto (no se demuestran las que pueden o no añadir valor).	Maximizan el valor y minimizan el sobrante en el proyecto.
La planeación maestra es llevada a cabo al inicio del proyecto. Solamente se ejecuta lo que se planeó desde el inicio.	Replanificación en correspondencia a los resultados ejecutados, lo que mantiene el flujo de trabajo continuo.
Lecciones aprendidas al cierre del proyecto.	Se identifica la raíz de inconvenientes en el momento exacto que suceden.
Se definen ciertos elementos al comienzo del proyecto de manera formal sin generar transformaciones (alcance congelado).	Se define el valor del proyecto y se pone en marcha su ciclo de vida.
Se programa una obra tradicional a través del progreso de un plan maestro.	Las tareas se coordinan antes de ser ejecutadas con el fin de generar un flujo continuo de trabajo y se utilizan técnicas “pull”.
Se destinan recursos para el cumplimiento de tareas.	Es colaborativo con el aprovechamiento eficiente de los recursos que son empleados.
Toma de decisiones centralizadas (generalmente en la alta dirección).	Toma de decisiones a través del equipo de proyecto.
Cultura de logro y cumplimiento individual.	Cultura maleable y adaptativa, el éxito es fruto del trabajo en equipo.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las potencialidades de la aplicación de este nuevo enfoque de gestión, se planteó como objetivo del presente estudio proponer un procedimiento para la adopción de la metodología *lean construction* para contribuir a la optimización de los proyectos de edificación.

## METODOLOGÍA

El estudio se implementó a partir de un enfoque multi-métodos, asentado en un diseño mixto de tipo incrustado (Hernández y Mendoza, 2018). Para este diseño se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Harrison *et al.* (2020), sobre la rigurosidad de los estudios mixtos. Se utilizó una investigación transversal de tipo descriptivo, a partir del estudio del caso: diseño y construcción de un parque temático recreativo para niños en fase terminal, proyecto innovador y sin precedentes en México.

Se efectuó un sistema “fast track” de gestión de la construcción (Ballesteros *et al.*, 2019), con el objetivo de cumplir con todos los requisitos del cliente. De esta manera, permitió la planificación de actividades en paralelo, con el fin de disminuir los tiempos totales de proyectos y las estrategias utilizadas en la compresión clásica de proyectos. De esta forma, se identificaron las actividades, sus precedencias y los tiempos de realización, elementos que sirvieron de apoyo para la construcción de la ruta crítica (Méndez *et al.*, 2023). En este sentido, en la planificación es importante contar con el proyecto completo, todo ello con el propósito de obtener la licencia correspondiente y los recursos financieros adecuados.

Para el diseño y ejecución del proyecto se optó por el modelo tradicional, conocido como licitación – construcción, el cual por lo general posee como metodología de implementación la ruta diseño – licitación – construcción (Wang y Chen, 2023). Cabe resaltar que esta metodología aún presenta deficiencias, entre las que destacan: incidentes laborales, realización de obras en un plazo no estipulado, sobrecostos, exigencias producto a la escasa calidad y, en general, incertidumbre con respecto a las condiciones propuestas inicialmente en el contrato. Por lo que se propuso un procedimiento híbrido que tuvo en cuenta el método “Fast Track” y la FLM contextualizada como *lean construction* (Aureliano *et al.*, 2019), con lo que se minimizó el impacto de los problemas crónicos de la construcción para garantizar el costo y la calidad.

### El procedimiento quedó estructurado en seis pasos:

- Paso 1. Identificación de deficiencias de alcance inicial: a partir del seguimiento de las actividades del proyecto se identificaron un conjunto de deficiencias de alcance original.
- Paso 2. Análisis de deficiencias de alcance inicial: a partir del análisis de las deficiencias de alcance inicial se pudieron proponer posibles soluciones de mejoras que permitieron mantener las políticas de calidad en la construcción de la obra y, a su vez, poder mantener el nivel de servicio fijado.
- Paso 3. Identificación de problemas crónicos de construcción: se identificaron problemas relacionados con la gestión del proyecto, estos se describieron de forma clara y precisa para su discusión con el equipo de proyecto y los que financiaban la obra.
- Paso 4. Evaluación del conocimiento de expertos: para la evaluación de las competencias de los expertos se diseñó un instrumento que reveló los conocimientos relacionados con la gestión de proyectos de edificación, mediante la utilización de sistemas integrados de gestión y la metodología derivada de la filosofía *lean*.
- Paso 5. Análisis con enfoque *lean* de la información del proyecto: se realizó un análisis teórico del impacto de la metodología *lean* de la información del proyecto con el objetivo de evidenciar posibles mejoras.
- Paso 6. Diseño de estrategias: se definieron las nuevas estrategias a adoptar por el equipo de proyecto para la gestión de obras de edificaciones, donde se integraron nuevas formas de gestión que permitieron elevar el nivel de servicio y disminuir los desperdicios.

En la investigación se aplicó como instrumento un cuestionario a 25 profesionales (arquitectos, ingenieros y técnicos), quienes eran parte del equipo de proyecto. Asimismo, se evaluaron competencias relacionadas con el diseño, nivel de servicio, sistemas de gestión y disposición al cambio en el enfoque de la gestión de los proyectos.

## RESULTADOS

### Aplicación del procedimiento para la gestión de proyectos con enfoque *lean*

Se identificaron y describieron las principales deficiencias relacionadas con el alcance del proyecto luego de su implementación, a continuación, se evidencia en la *Tabla 2* todo lo referido con las áreas de la obra constructiva,

mientras que en la *Tabla 3* se muestran los problemas generales de infraestructura.

**Tabla 2.**  
*Deficiencias relacionadas con el alcance del proyecto (áreas de obra constructiva)*

Problema	Descripción
<b>Parque acuático:</b> indefinición de alcances alberca.	Al ser un presupuesto parametrizado no se definieron los alcances de una alberca de olas ni de <i>water toys</i> .
<b>Castillo:</b> estructura metálica sobre diseñada.	El proyecto estructural del castillo no estaba optimizado, por lo que se requirió un diseño más ligero y se estimó un sobre diseño de un 40 %.
<b>Villas/Hospedaje:</b> aumento al doble de las unidades iniciales.	Por necesidad de tener más patrocinadores, se aumentó al doble la demanda de villas.
<b>Acceso principal:</b> estructura metálica tematizada.	Se requirió cambiar el sistema constructivo prefabricado por uno hecho en obra.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.**  
*Deficiencias relacionadas con el alcance del proyecto (infraestructura)*

Problema	Descripción
Camino de acceso al parque no pavimentado, y la zona de servidumbre de paso.	3 km de camino de terracería que pasan por servidumbre de paso en época de lluvia tienen erosión por arrastre.
La infraestructura hidráulica carece de un pozo profundo.	Al aumentarse las villas al doble de la capacidad del alcance original, se requiere aumentar la dotación para el suministro de agua potable.
Movimientos de tierra, falta de muros de contención y protección de taludes,	Proyecto de movimientos de tierras no considera muros de contención, se superpondrán áreas por el pateo de los mismos.
Tematización general del parque.	No existe un proyecto de tematización de todas las áreas del parque, se requiere un aspecto medieval, que no se consideró en el costo paramétrico.

Fuente: Elaboración propia.

Es notorio que las partidas específicas en el “alcance inicial” modifican el equilibrio de la triple restricción al inicio del proyecto y afectan la disponibilidad de recursos. De forma global, se refleja un sobrecosto del proyecto en un 40 % de lo originalmente considerado y la duración del proyecto estimada en 1.7 veces más del programa original. En este sentido, Kim *et al.* (2022), han realizado un análisis de riesgos de desmantelamiento de un proyecto de planificación en una central nuclear, donde evidenciaron los principales riesgos en estados iniciales: estado físico, estado y caracterización de las condiciones con problemas, estado de los materiales y recursos, y características de las infraestructuras.

Además, se ha evidenciado la necesidad de gestionar desperdicios a partir de contemplar políticas, tales como: caracterización e infraestructura de desperdicios y reutilización de materiales, donde se destaca la economía circular (Rondón *et al.*, 2022). Una vez detectados los faltantes e indefiniciones del proyecto, se realizó una evaluación de la información disponible en el proyecto ejecutivo para determinar la conveniencia de seguir o no con la ejecución del proyecto, así como decidir si seguir con el plan de método “Fast Track” o implementar una metodología de gestión diferente.

Así, Bastante *et al.* (2019) han identificado un conjunto de ventajas en la aplicación de la metodología Fast Track, la cual ha permitido solapar actividades (planificar actividades en paralelo que aumenten el porcentaje de utilización de recursos); construir a la par que se diseña; tiempos incrementados para la elaboración de diseños; mejoras en la ejecución; y reducción del tiempo total de la obra. Del análisis de las principales deficiencias detectadas en los inicios del proyecto, se realizaron reuniones de trabajo y tormentas de ideas entre el equipo del proyecto, con el objetivo de proponer posibles soluciones de mejora:

*Soluciones de mejoras para deficiencias en áreas de obra constructiva*

1. Realizar el proyecto ejecutivo de la alberca de olas y de juegos acuáticos.
2. Incremento del costo y tiempo de ejecución.
3. Realizar reingeniería del valor del proyecto arquitectónico, mediante la redefinición de espacios para

- minimizar el peso de la infraestructura.
4. Recalcular la cimentación y muros de carga para poder construir un nivel más.
  5. Realizar un cambio de sistema constructivo por un sistema permanente con menor mantenimiento.

#### Soluciones de mejoras para deficiencias de infraestructura

1. Realizar trabajos de mejoramiento en terracerías y posterior pavimentación.
2. Solicitar autorización para la perforación de pozo profundo.
3. Realizar estudios geofísicos.
4. Realizar asignación de recursos para la ejecución de un pozo profundo.
5. Desarrollar y costear un proyecto de muros de contención.
6. Modificar el trazo de plataformas de desplante.
7. Aumentar el costo de las partidas de movimiento de tierra.
8. Desarrollar un proyecto de tematización en accesos, villas, bodegas, castillo y áreas exteriores.
9. Aumentar el costo del proyecto.

Consecuente con el análisis, tal y como se detalla en la *Tabla 4*, se identificaron un grupo de problemas crónicos relacionados con elementos claves para mantener el nivel de servicio al cliente.

**Tabla 4.**  
*Problemas crónicos que comprometen el nivel de servicio*

Problema	Descripción
Equipo de Trabajo	Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas.
Costo	Sobrecosto derivado del sistema diseño-licitación-construcción.
Defectos de	Producción que requiere retrabajo.
Seguridad	Poco rigor en el cumplimiento de la seguridad.
Desperdicios	Excesivos recursos mal orientados por la sobreproducción.

Fuente: Elaboración propia.

De la aplicación de la encuesta en el equipo de proyecto se obtuvieron los resultados que se condensan en la *Tabla 5*, donde se muestra un análisis de las preguntas con respuestas dicotómicas (preguntas 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16), quedando de la siguiente manera: el 100 % de los encuestados habían participado en los PC, de ellos 10 (40%) se habían desempeñado como ingenieros residentes, 5 (20%) como supervisores de obras, 5 (20%) como gerentes de edificación, 4 (16%) como arquitectos, ingenieros, técnicos o diseñadores y 1 (4%) como administrador de empresa de los PC, elementos que se describen en la *Figura 1*.

La experiencia profesional en este tipo de proyecto fue del 40% de uno a cinco años, 24% de 10 a 15 años, 20% de cinco a 10 años y 16% con más de 15 años (ver *Figura 2*). Por otro lado, el 84% de los encuestados evidenciaron que la información suministrada por los clientes era insuficiente para el desarrollo adecuado del proyecto, así como para el cumplimiento del nivel de servicio expresado en términos de cumplimiento del presupuesto y el plazo de entrega fijado. El 88% evidenciaron que tenían conocimientos relacionados con los sistemas de gestión integrados, BIM, *lean manufacturing*, PMBOK y sus ventajas en la gestión de proyecto. A su vez, el 76% plantearon que sus instituciones contaban con herramientas que aseguraban el cumplimiento de los plazos de entrega.

Por otra parte, el 76% expuso que sus instituciones contaban con sistemas de macro indicadores para gestionar la calidad de los proyectos. Sin embargo, el 80% plantearon que en los proyectos en los que habían participado no contaban con tecnologías para el seguimiento continuo de los riesgos relacionados con la calidad. Ese mismo porcentaje expresó que no poseían documentos que garantizaban la retroalimentación y la consolidación de buenas prácticas. Asimismo, consideraron importante:

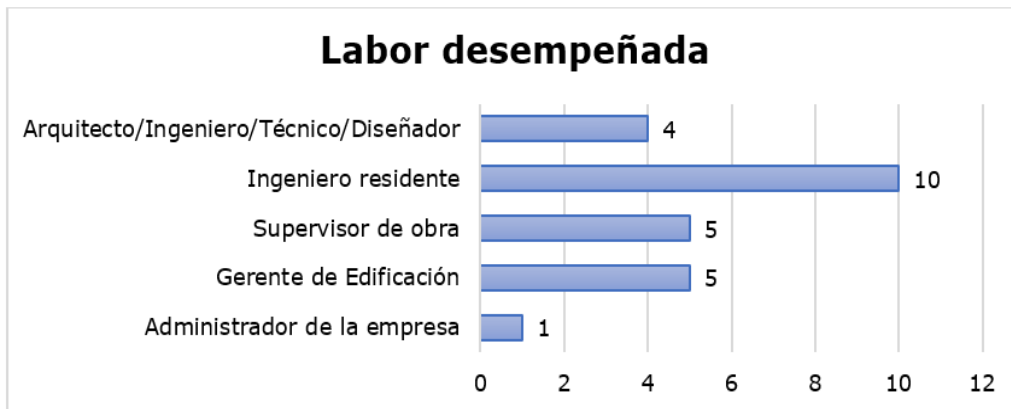
- El 80 % contar con tecnologías para el control de la calidad de los PC, en función de asegurar la planificación de las actividades del proyecto.
- El 96 % la alineación estratégica entre los estándares internacionales de gestión de proyecto y la implementación de políticas para el control de la calidad de los PC.
- El 100 % se sentiría a gusto trabajando en empresas que contaran con políticas para el control de la calidad de proyectos y que poseyeran políticas para el control de la calidad de los PC, permitiendo la definición, validación y control de la productividad de los procesos constructivos.

**Tabla 5.**  
*Análisis de las preguntas con respuesta dicotómica de la encuesta*

Pregunta	Alternativa		Pregunta	Alternativa	
	SÍ	NO		SÍ	NO
1	25 (100 %)	-	11	5 (20 %)	20 (80 %)
5	22 (88 %)	3 (12 %)	12	20 (80 %)	5 (20 %)
7	4 (16 %)	21 (84 %)	13	24 (96 %)	1 (4 %)
8	19 (76 %)	6 (24 %)	14	25 (100 %)	-
9	19 (76 %)	6 (24 %)	15	24 (96 %)	1 (4 %)
10	5 (20 %)	20 (80 %)	16	25 (100 %)	-

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1.**  
*Estadística descriptiva de la labor desempeñada por los encuestados*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.**  
*Años de experiencias de los encuestados en la gestión de proyectos*

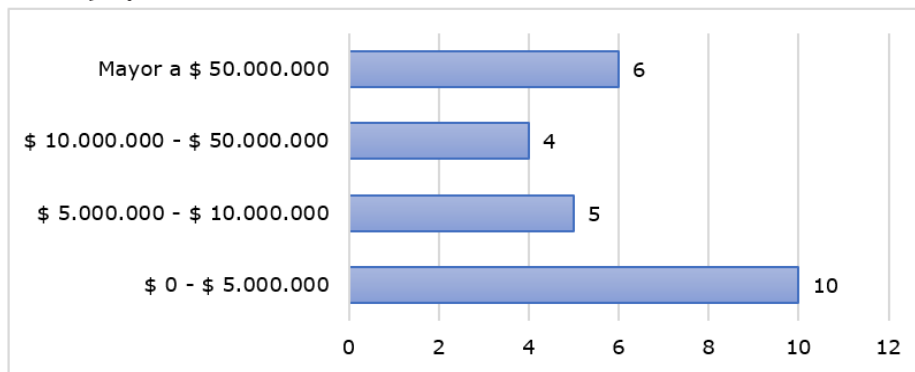


Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de los costos en los proyectos en los que habían participado los encuestados, se evidenció que el 40% había participado en proyectos con costos de \$ 0 - \$ 5.000.000, el 24% en costos mayores a \$ 50.000.000, el 20% entre \$ 5.000.000 - \$ 10.000.000 y el 16% entre \$ 10.000.000 - \$ 50.000.000, tal y como se describe en la *Figura 3*. En correspondencia se observó que la mayor participación fue en proyectos públicos (20 lo que representó el 80%) y el 20% restante en proyectos del sector privado.

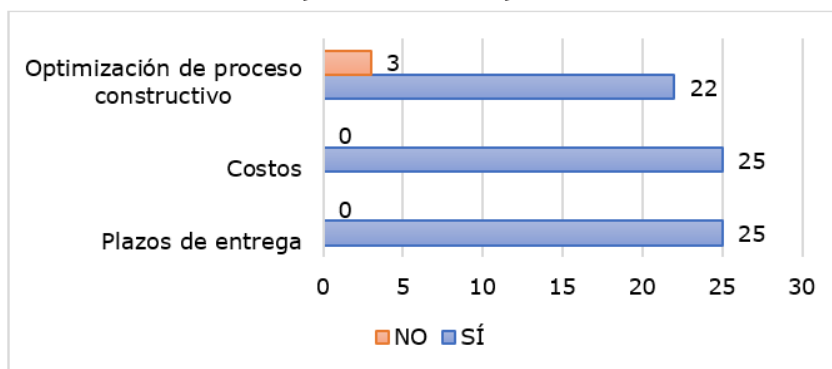
Los encuestados valoraron en su totalidad (100%) los componentes de costos y plazos de entrega como importantes entre las políticas de calidad, en función de mantener el nivel de servicio fijado y la productividad en los PC. Por otro lado, 22 (88 %) consideraron de importancia la optimización o compresión de proyectos. Ver *Figura 4*.

**Figura 3.**  
Rasgos de costos de los proyectos en los encuestados



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.**  
Consideraciones de los encuestados sobre la importancia de componentes



Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, adoptar la filosofía de *Lean Construction* requiere una transformación del paradigma en la forma de llevar a cabo los proyectos, así como diseñar nuevos métodos para poner en marcha todos los procesos. Se trata de tener la capacidad de provocar un movimiento transformacional en las operaciones actuales y redireccionar la misión y visión de la organización hacia la satisfacción total del cliente interno y externo. Esto implica identificar de manera continua el flujo de valor para entregar, con parámetros eficaces y eficientes, los entregables con el contenido, calidad, tiempo y costos requeridos en el proyecto.

Para apoyar este nuevo enfoque, se optó por el uso del *Integrated Project Delivery System* (IPDS) (Mesa *et al.*, 2016; Mesa *et al.*, 2019), el cual permitió definir, diseñar, suministrar, construir y utilizar los activos del proyecto, generando mayores valores. De esta forma, el IPDS posee en su interior todas las entidades que forman parte de un proyecto, comparte tanto los riesgos como las utilidades, e incorpora procedimientos afines entre todos los colaboradores en un contexto determinado que permite un amplio trabajo colaborativo, reduciendo así desperdicios y promoviendo la generación de valor (Kahvandi *et al.*, 2020).

Determinado el redireccionamiento de la metodología de gestión para el proyecto del parque temático se escogieron las siguientes herramientas: *Lean Construction* (Michalski *et al.*, 2022); el *Set Based Design* (Fitzgerald y Ross, 2019), las cuales se utilizarán para analizar la mejor solución para el proyecto; el *Target Value Design* (Johansen *et al.*, 2021), que es utilizada para diseñar adecuadamente el proyecto con base en la Ingeniería de Valor o la constructibilidad; y la planeación de las actividades tipo “jalar” (Pull), que es empleada para confirmar las actividades generadoras de valor en el proyecto y como antesala para el diseño del flujo de producción en la obra.

Además, el IPDS emplea el Sistema del Último Planificador (*Last Planner System*) para el detalle de las actividades de obra y el manejo de restricciones (Montalbán *et al.*, 2023); y el *Takt Planning* para el balance de cargas de trabajo en obra (Jabbari *et al.*, 2020). Todas estas herramientas *Lean* ayudan a optimizar el flujo de trabajo, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia en la ejecución de los PC.

En el caso estudiado se observó que, a pesar de ser equipo de personas con experiencias y con manejo de

grandes proyectos, estos no tenían conocimiento pleno de las nuevas metodologías de gestión, por lo que con dicha implementación fueron capacitados los profesionales para el buen manejo de las variables de alcance, tiempo y costo, teniendo como resultado la construcción del proyecto con mínimas desviaciones. A su vez, se logró satisfacer el conjunto de necesidades y solicitudes del cliente para poder abrir las instalaciones con el mejor aprovechamiento de los recursos invertidos.

En este sentido, realizar análisis que aborden la importancia en la percepción de los clientes con los productos que van observando durante la ejecución del proyecto, se considera un elemento clave (Sánchez *et al.*, 2022), pues esto permitirá rediseñar las políticas y alinearlas cada vez más con lo que exige el cliente.

## CONCLUSIONES

Actualmente, los sistemas integrados de proyectos, a partir de la superposición de preceptos de la metodología *lean*, optimizan la productividad de los PC de edificaciones. De esta forma, la implantación de la metodología logra balancear el aumento del alcance original del proyecto en costos congruentes a esas actualizaciones, plazo y programa, el cual es llevado a cabo en su máxima compresión. Es por ello que, el parque se puede poner en operación con una desviación en la inversión inicial aproximada de un aumento del 5 %, donde mediante el uso de la metodología *lean* se logran riesgos mínimos en el proyecto.

En este contexto, el equipo de proyecto es integrado por especialistas con experiencia en proyectos entre uno a cinco años, con mayor representación en proyectos del sector público, valorados en el rango de costos de \$ 0 - \$ 5.000.000., los cuales en su mayoría reconocen la necesidad de la gestión integrada en la programación de proyectos de obras en edificaciones. Sin embargo, evidencian que en las empresas en las que han trabajado adolecen de herramientas, metodologías y procedimientos que permiten integrar sistemas de gestión en función de optimizar la productividad de proyectos, los costos de entrega y los plazos de entrega en función de elevar el nivel del servicio.

Por último, los estudios futuros deben ir encaminados al estudio de metodologías como la economía circular, la cual permite optimizar la utilización de recursos a partir de la planificación de reaprovechar desperdicios, así como definir indicadores que permitan medir y controlar, mediante parámetros de seguimientos el proyecto, todo ello en función de actuar de manera proactiva ante un comportamiento negativo de las variables clave.

## REFERENCIAS

- Abu, Y., Tayeh, B., Alaloul, W. y Almalki, A. (2022). Health and safety improvement in construction projects: a lean construction approach. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(4), 1981-1993. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1942648>
- Amado, K., Osorio, M., Molina, E. y Duarte, E. (2020). Desarrollo de la metodología lean healthcare en el servicio de medicina interna de la institución hospitalaria de carácter público. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 7(13), 45-56. <https://doi.org/10.21017/rimci.2020.v7.n13.a74>
- Aslam, M., Gao, Z. y Smith, G. (2020). Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>
- Aureliano, F., Costa, A., Júnior, I. y Rodrigues, R. (2019). Application of lean manufacturing in construction management. *Procedia Manufacturing*, 38, 241-247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.032>
- Ballesteros, P., Elamrousy, K. y González, M. (2019). Non-linear time-cost trade-off models of activity crashing: Application to construction scheduling and project compression with fast-tracking. *Automation in Construction*, 97, 229-240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.001>
- Barbhuiya, S. y Bhusan, B. (2023). Life Cycle Assessment of Construction Materials: Methodologies, Applications and Future Directions for Sustainable Decision-making. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02326>
- Bastante, M., Nina, F., González, M. y Miranda, J. (2019). Optimización de tiempos en obras civiles, aplicando el método Fast-Tracking. Estudio de caso. 23rd International Congress on Project Management and Engineering, Málaga, España. <http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2271/AT02->



014\_2019.pdf?sequence=1

- Caballero, S., Zambrano, B. y Ponce, E. (2018). Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniare* (25), 39-65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7528666>
- Carrilo, M., Alvis, C., Mendoza, Y. y Cohen, H. (2019). Lean 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmeccánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(1), 71-86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>
- Dallasega, P., Revolti, A., Sauer, P., Schulze, F. y Rauch, E. (2020). BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game. *Procedia Manufacturing*, 45, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.059>
- de Souza, E., Rébula, U., de Carvalho, M., Aprigliano, V. y Teodoro, P. (2023). Sustainability in Public Universities through lean evaluation and future improvement for administrative processes. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135318>
- Fitzgerald, M. y Ross, A. (2019). Artificial intelligence analytics with Multi-Attribute Tradespace Exploration and Set-Based Design. *Procedia Computer Science*, 153, 27-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.05.052>
- Francis, A. y Thomas, A. (2020). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119913. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119913>
- Gao, M., Wu, X., Wang, Y. y Yin, Y. (2023). Study on the mechanism of a lean construction safety planning and control system: An empirical analysis in China. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(2), 101856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101856>
- Goh, M. y Goh, Y. (2019). Lean production theory-based simulation of modular construction processes. *Automation in Construction*, 101, 227-244. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>
- Guerrero, D., Silva, J. y Bocanegra, C. (2019). Revisión de la implementación de lean six sigma en instituciones de educación superior. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 652-667. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000400652>
- Harrison, R., Reilly, T. y Creswell, J. (2020). Methodological Rigor in Mixed Methods: An Application in Management Studies. *Journal of Mixed Methods Research*, 14(4), 1-23. <https://doi.org/10.1177/1558689819900585>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-hill. <https://acortar.link/s6GbCk>
- Jabbari, A., Tommelein, I. y Kaminsky, P. (2020). Workload leveling based on work space zoning for takt planning. *Automation in Construction*, 118, 103223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103223>
- Johansen, A., Engbo, A., Torp, O. y Kalsaas, B. (2021). Development of target cost – By the owner or together with Contractors - Target Value Design. *Procedia Computer Science*, 181, 1171-1178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.314>
- Kahvandi, Z., Saghatforoush, E., ZareRavasan, A. y Viana, M. (2020). A review and classification of integrated project delivery implementation enablers. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2), 219-236. <https://doi.org/10.21315/jcdc2020.25.2.9>
- Kim, G., Kim, H., Seo, H., Yu, J. y Son, J. (2022). Classification and consideration for the risk management in the planning phase of NPP decommissioning project. *Nuclear Engineering and Technology*, 54(12), 4809-4818. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.net.2022.07.022>
- Kumar, N., Shahzeb, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar, R. y Choubey, V. (2022). Lean manufacturing techniques

and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1188-1192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>

- Martínez, P., Martínez, J., Nuño, P. y Cavazos, J. (2016). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(2), 46-56. <https://doi.org/10.22507/rli.v13n2a5>
- Méndez, N., Oteiza, T., Suárez, A. y Sánchez, Y. (2023). Optimización temporal del proyecto de construcción de un parque infantil. *Ciencias Holguín*, 29(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886007/181574886007.pdf>
- Mesa, H., Molenaar, K. y Alarcón, L. (2016). Exploring performance of the integrated project delivery process on complex building projects. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1089-1101. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.05.007>
- Mesa, H., Molenaar, K. y Alarcón, L. (2019). Comparative analysis between integrated project delivery and lean project delivery. *International Journal of Project Management*, 37(3), 395-409. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.012>
- Michalski, A., Głodziński, E. y Böde, K. (2022). Lean construction management techniques and BIM technology – systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 196, 1036-1043. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.107>
- Montalbán, L., Casas, J., Alarcón, L. y Pellicer, E. (2023). Influence of the experience of the project manager and the foreman on project management's success in the context of LPS implementation. *Ain Shams Engineering Journal*, 102324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102324>
- Rondón, E., Lobo, A. y Gallardo, A. (2022). Circularity indicator for municipal solid waste treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134807. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134807>
- Sánchez, Y. (2023). Instrumento metodológico para la gestión de flujos de pacientes en instituciones hospitalarias [Tesis de doctorado, Universidad de Matanzas]. Repositorio UMCC. <https://goo.su/aXJiucl>
- Sánchez, Y., Suárez, R., Quesada, A., Marqués, M., Leyva, S. y Santos, O. (2022). Estudio de la Infraestructura peatonal del centro histórico de la ciudad de Matanzas. *Ingeniería Industrial*, 43(1), 105-118. <http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v43n1/1815-5936-rii-43-01-105.pdf>
- Shaqour, E. (2022). The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101551. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.005>
- Singh, S. y Kumar, K. (2020). Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 465-471. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
- Sirvent, J., Gil, M., Álvarez, T., Martín, S., Vila, N., Colomer, M., March, E., Loma-Osorio, P. y Metje, T. (2016). Técnicas «Lean» para la mejora del flujo de los pacientes críticos de una región sanitaria con epicentro en el servicio de medicina intensiva de un hospital de referencia. *Medicina Intensiva*, 40(5), 266-272. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2015.08.005>
- Wang, T. y Chen, H. (2023). Integration of building information modeling and project management in construction project life cycle. *Automation in Construction*, 150, 104832. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104832>
- Yücenur, G. y Şenol, K. (2021). Sequential SWARA and fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes. *Journal of Building Engineering*, 44, 103196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103196>
- Zambrano, C., Lao, Y. y Moreno, M. (2022). Modelo de gestión del cambio organizacional con pensamiento lean en servicios turísticos. *Contaduría y Administración*, 67(1), 16-39. <http://dx.doi.org/10.22201/>

fca.24488410e.2022.2912

**FINANCIACIÓN**

Ninguna.

**DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Ninguno.

**AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la Universidad La Salle de Cuernavaca por el apoyo recibido para el desarrollo de la investigación.

**CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:**

Conceptualización: Pedro Estrada Herrera y Jorge Pueblita Mares.

Investigación: Pedro Estrada Herrera y Jorge Pueblita Mares.

Metodología: Pedro Estrada Herrera y Jorge Pueblita Mares.

Redacción – borrador original: Pedro Estrada Herrera y Jorge Pueblita Mares.

Redacción – revisión y edición: Pedro Estrada Herrera y Jorge Pueblita Mares.