

Miranda-Cuellar, Y.F., Romaní-Chavez, J.A., Ccoyllar-Escobar, I.M., Galvan-Lescano, M.Y., & Erazo-Rondinel, A.A. (2024). Una revisión literaria de las herramientas para el diagnóstico de la implementación de Last Planner® System. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción (IX ELAGEC2024)*.

# UNA REVISIÓN LITERARIA DE HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER® SYSTEM

**Yaser F. Miranda-Cuellar**<sup>1</sup> – [yaser.miranda.c@uni.pe](mailto:yaser.miranda.c@uni.pe)

**Jordan A. Romaní-Chavez**<sup>2</sup> – [jordan.romani.c@uni.pe](mailto:jordan.romani.c@uni.pe)

**Isaac Moisés Ccoyllar-Escobar**<sup>3</sup> – [isaac.ccoyllar.e@uni.pe](mailto:isaac.ccoyllar.e@uni.pe)

**Milenka Yanire Galvan-Lescano**<sup>4</sup> – [milenka.galvan.l@uni.pe](mailto:milenka.galvan.l@uni.pe)

**Andrews A. Erazo-Rondinel**<sup>5</sup> – [aerazo@continental.edu.pe](mailto:aerazo@continental.edu.pe)

<sup>1</sup>*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>2</sup>*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>3</sup>*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>4</sup>*Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.*

<sup>5</sup>*Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú*

## RESUMEN

Last Planner® System (LPS) es un sistema de planificación y control de la producción y su implementación se ha incrementado geográficamente. Sin embargo, su implementación se ve reducida por barreras como la falta de entrenamiento y falta de experiencia del equipo. Frente a ello, se han desarrollado herramientas que diagnostiquen el nivel de implementación de LPS; sin embargo, la literatura es escasa sobre estas y no existen estudios previos que las sintetizan. Es por ello que el siguiente artículo tiene como objetivo realizar una revisión literaria con el fin de identificarlas y analizar sus fortalezas y debilidades. Para ello, se adoptó PRISMA para revisar diversos modelos de implementación de LPS, luego de ello se identificaron los modelos más implementados los cuales fueron: el modelo de buenas prácticas de planificación y el modelo de madurez de GEPUC. Además, los modelos identificados presentan fortalezas como: brindar información del estatus del proyecto y medidas de mejora; y debilidades como: la subjetividad y recursos para llevar a cabo las evaluaciones. Este estudio significa un aporte a los profesionales, pues brinda herramientas para el diagnóstico LPS, y sus fortalezas y debilidades, de manera que puedan evaluar cual se adapta al tipo de proyecto a diagnosticar.

## **PALABRAS CLAVE**

Last Planner® System; Madurez; Lean Construction; PRISMA.

## **INTRODUCCIÓN**

La industria de la construcción presenta problemas como la baja productividad, sobrecostos y retrasos (Gómez-Cabrera et al., 2020). Para mitigar estos problemas, se han desarrollado distintas herramientas lean, como las caminatas gemba, la gestión visual, LPS (Gómez-Cabrera et al., 2020), las cuales ofrecen beneficios como la mejora de la planificación, seguridad y coordinación, reducción del tiempo de construcción y desperdicios, aumento de la calidad del proyecto (Erazo-Rondinel & Huaman-Orosco, 2021; Shaqour, 2022).

Una de las principales herramientas de Lean Construction es LPS el cual, es un sistema de planificación y control en proyectos de construcción que se viene implementando en más de 16 países y con una creciente adopción global (E. I. Daniel et al., 2015). Su implementación trae beneficios como la reducción de la variabilidad, mejora de la planificación (Erazo-Rondinel et al., 2020), mayor entendimiento del proceso a ejecutar (Chiu, 2020), maximización de la cooperación y confianza entre los miembros del equipo, mejora en la distribución de recursos y una mejor gestión del sitio de trabajo (Tayeh et al., 2019). Sin embargo; su aplicación enfrenta barreras como la resistencia al cambio, problemas culturales, visión a corto plazo (O. AlSehaimi et al., 2014), falta de definición de roles, inadecuado entrenamiento de los participantes.

Con el fin de sostener la implementación de LPS a lo largo del proyecto, es importante contar con herramientas que nos ayuden a evaluarla (Itodo et al., 2019). Es así que, la implementación exitosa de LPS se traduce en un mejor cumplimiento de la planificación del proyecto (Lagos et al., 2017). Por ello, se han desarrollado herramientas que evalúen la aplicación de LPS a lo largo del proyecto, como el Planning Best Practice (PBP) (Bernardes & Formoso, 2002), que permiten evaluar 15 elementos clave, y el LPS Path Clearing Approach de E. I. Daniel et al. (2015), entre otros. A pesar de su importancia, la investigación sobre herramientas para el diagnóstico (HD) del nivel de implementación de LPS es limitada y no existen estudios previos que sintetizen el conocimiento desarrollado. Por ello, este artículo tiene dos objetivos: identificar y describir las herramientas de diagnóstico de la literatura y, posteriormente, evaluar las fortalezas y debilidades de cada una de ellas.

## **METODOLOGÍA**

Se realizó una revisión literaria sobre los distintos modelos para el diagnóstico de la implementación del LPS utilizando la metodología Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). El método PRISMA ha sido utilizado previamente en revisiones de la literatura sobre Lean Construction (Erazo-Rondinel et al., 2023). Para la revisión de la literatura se realizó como bases de datos: Scopus, debido a que son las bases de datos con amplio dominio en investigaciones sobre

el tema de la construcción (Galaz-Delgado et al., 2021). Así como la base de datos IGLC porque alberga la mayor cantidad de contribuciones relacionados con Lean Construction a nivel mundial (E. I. Daniel et al., 2015)

En la primera fase de identificación, la búsqueda se realizó mediante 9 palabras clave, como se muestra a continuación. Para la base de datos SCOPUS, se generaron combinaciones del I al VI y para el IGLC fueron del VII al XIII, como se muestra en la Figura 1. Asimismo, se obtuvieron 249 resultados con estas combinaciones de palabras claves dentro de las bases de datos y se agregaron 9 artículos pertenecientes a bola de nieve, obteniendo un total de 258 artículos finales para esta fase. Para la fase de elegibilidad, se eliminaron 60 publicaciones duplicadas y se filtraron los artículos relevantes para su evaluación. Un total de 135 artículos fueron excluidos mediante revisión de título y resumen, debido a que no hacían referencia a ningún modelo de diagnóstico para la implementación de LPS. Quedaron un total de 63 artículos, los cuales, en la siguiente fase de exclusión, fueron nuevamente filtrados mediante una lectura completa, quedando excluidos 40 artículos que no desarrollaban una herramienta de diagnóstico de LPS, quedando un total de 23 artículos que fueron considerados para esta investigación.

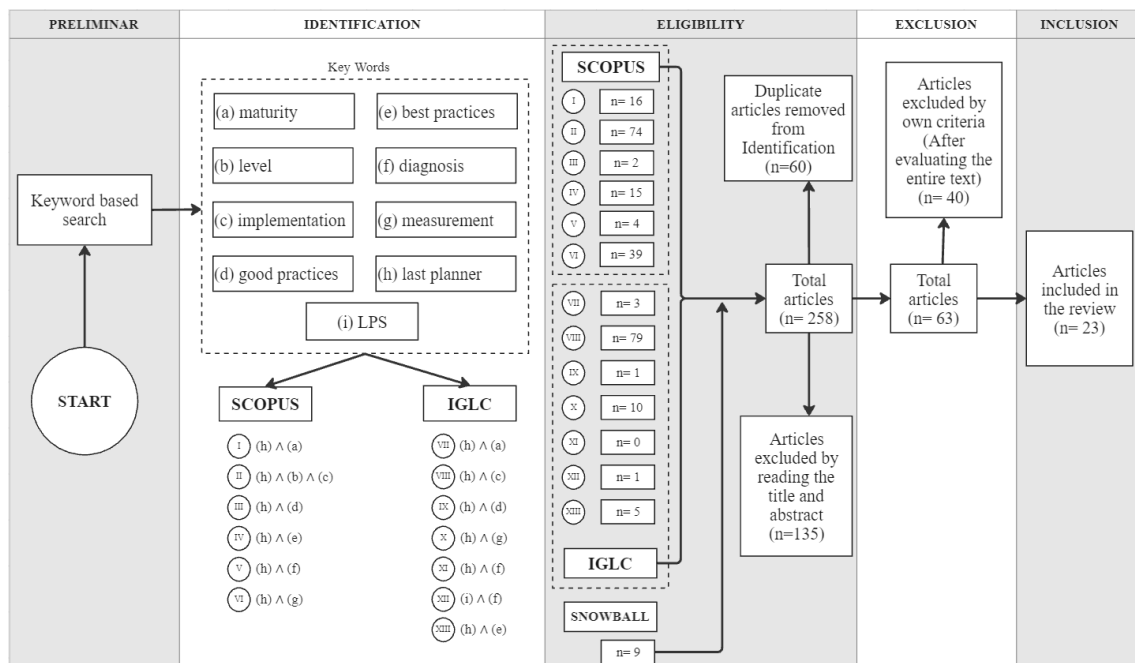


Figura 1. Flujo de trabajo de la metodología PRISMA

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PRINCIPALES MODELOS DE LA LITERATURA

La Tabla 1 presenta los principales modelos identificados en la literatura para evaluar la aplicación del LPS en proyectos de construcción, como resultado del análisis de los 23 artículos seleccionados. En la Tabla, la columna "Autor" indica el creador o los autores del modelo, proporcionando la referencia original de cada uno. Por otro lado, la columna "Replicado" señala la cantidad de veces que cada modelo ha sido replicado o utilizado en

los estudios analizados, lo que refleja la aplicación en diferentes contextos de implementación de LPS.

**Tabla 1. Modelos Obtenidos**

<b>Código</b>	<b>Nombre del modelo</b>	<b>Autor</b>	<b>Información General</b>	<b>Replicado</b>
M1	Planning Best Practice	(Bernardes & Formoso, 2002)	Es una métrica del grado de implementación de Last Planner, basada en el cumplimiento de 15 prácticas de planificación y control.	[1]; [2]; [8]; [9]; [11]; [17]; [22]; [23]; [24]
M2	Nivel de Madurez GEPUC	Center of Excellence in Production Management (GEPUC)	Hoja de trabajo que mide el nivel de madurez del LPS con 12 ítems y 63 sub-prácticas.	[19]; [7]; [16]; [5]; [6]
M3	Last Planner System Path Clearing Approach	E. I. Daniel et al. (2015)	Este modelo se compone de tres niveles principales: Nivel Organizacional, Nivel del Proyecto, Facilitadores Externos	[3]; [4]
M4	LCI Lean IPD Health and Maturity Assessment Approach	Lean Construction Institute	Propuesta de 8 componentes para gestionar el nivel de madurez de LPS basado en LCI Lean IPD y con visión de mejora constante empleando la metodología de Toyota Kata (TK)	[10]; [14]
M5	Encuesta sobre nivel de madurez	Li et al. (2019)	Las técnicas evaluadas incluyen TQM (Total Quality Management), Visualización, 6S, JIT (Just-In-Time), y LPS. La madurez se mide a través de cuestionarios y se analiza utilizando el software SPSS.	[12]
M6	Evaluación mediante listado de 11 elementos del lps	McConaughy & Shirkey (2013)	Este modelo evalúa 11 elementos diferentes para asegurar una planificación de producción integral y confiable. Los elementos incluyen sesiones de planificación, identificación de restricciones, seguimiento de PPC y análisis de causa raíz. El modelo evalúa un total de 38 puntos distribuidos en seis áreas clave del sistema Last Planner®.	[13]
M7	Implementation Health Check	Power et al. (2021)	La evaluación se basa en un enfoque de preguntas y respuestas (Sí/No) que cubren las funciones críticas del LPS. El modelo presenta cinco niveles de implementación, con una	[15]

M8	Last Planner® System (LPS) Effectiveness Model	Shah et al. (2019)	escala que va de 0 (sin existencia de la función) a 5 (existencia completa de la función). Evalúa 13 puntos que están agrupados en cuatro categorías principales: confiabilidad del flujo de trabajo, efectividad operativa, rendimiento del cronograma y mejora del conocimiento. El modelo ayuda a las organizaciones a evaluar y mejorar su aplicación del sistema LPS. Se utilizan tres colores para indicar el grado de implementación: verde (implementación práctica similar a la teoría del LPS), amarillo (prácticas sustitutivas aceptables) y rojo (no corresponde)	[21]
M9	LPS Implementation Maturity Matrix	Ravi et al. (2018)	Es un conjunto de 5 constructos y 7 métricas para la evaluación del LPS, que se enfocan en evaluar el cumplimiento entre niveles de Phase Schedule, look ahead y planificación de compromisos de LPS.	[18]
M10	Metrics for LPS focusing on Phase Schedule practices	Ribeiro & Costa (2018)		[20]

Bernardes & Formoso (2002) [1]; Castillo et al. (2016) [2]; E. Daniel (2017) [3]; E. I. Daniel et al. (2015) [4]; Erazo-Rondinel et al. (2021) [5]; Erazo-Rondinel et al. (2020) [6]; Fabián et al. (2022) [7]; Ignacio et al. (2019) [8]; Lagos et al. (2017) [9]; Lagos et al. (2022) [10]; Lagos et al. (2022) [11]; Li et al. (2019) [12]; McConaughy & Shirkey (2013) [13]; Perez-Apaza et al. (2021) [14]; Power et al. (2021) [15]; Prabaharan et al. (2024) [16]; Priven & Sacks (2013) [17]; Ravi et al. (2018) [18]; Retamal et al. (2021) [19]; Ribeiro & Costa (2018) [20]; Shah et al. (2019) [21]; Tito et al. (2018) [22]; Viana et al. (2010) [23]; Vitaliy & Rafael (2015) [24]

A continuación, se describen en detalle los diez modelos, su frecuencia de aparición en la literatura, los proyectos donde han sido aplicados, y algunos beneficios obtenidos. Este análisis permite entender a mayor profundidad la aplicabilidad de los modelos.

## PLANNING BEST PRACTICE

Este modelo, desarrollado por Bernardes & Formoso (2002), se ubica como el modelo más empleado con una frecuencia de 9 y busca mejorar el desempeño de las empresas constructoras evaluando la efectividad de la implementación (EI) del LPS a través de una lista de 15 prácticas de planificación y control, inicialmente alineadas con los once principios de Koskela (1992). La métrica EI se calcula sumando los pesos asignados a cada práctica, dividiendo entre 14 y multiplicando por 100 para obtener un porcentaje.

El modelo ha sido refinado mediante diversas investigaciones. Ignacio et al. (2019) utilizaron el método Delphi para revisar y complementar los criterios de Bernardes y Formoso, resultando en 16 criterios sólidos tras tres rondas de análisis con expertos. Lagos et al. (2022) encontraron que las prácticas de programación de mediano plazo son menos observadas que las prácticas básicas como la evaluación del PPC. Castillo et al. (2016) identifican 15 prácticas clave en proyectos estudiados, como la definición de

paquetes de trabajo y la estandarización de reuniones de corto plazo. Lagos et al. (2017) midió 16 componentes implementados de LPS en 18 proyectos, encontrando una compensación positiva entre el nivel de implementación y el PPC.

### **NIVEL DE MADUREZ GEPUC**

Este modelo es el segundo más empleado con una frecuencia de 5. Utiliza una hoja de trabajo con doce ítems y sesenta y tres sub prácticas para medir el nivel de implementación y madurez del LPS. Se han implementado diversos proyectos como: reubicación de tuberías para una estación (Erazo et al. 2021), edificaciones (Prabaharan et al., 2024; Retamal et al., 2021) e infraestructura deportiva (Erazo-Rondinel et al., 2020)

Este modelo se ha usado para acompañar diversas implementaciones de LPS; por ejemplo; Erazo et al. (2020) lo utilizó para mejorar el PPC y SPI de un proyecto de infraestructura deportiva, lo cual le permitió diagnosticar la implementación de LPS y mejorar su implementación a lo largo de 4 meses. También, Retamal et al. (2021) utilizó el "Linguistic Action Perspective" (LAP) tales como promesas, declaraciones, peticiones y ofertas, que son componentes clave de la acción lingüística como una herramienta analítica dentro del modelo de GEPUC para evaluar la implementación del LPS con el objetivo de analizar la comunicación y los compromisos dentro del equipo de proyecto durante las reuniones de planificación semanal lo cual trajo una mejora en la madurez del LPS, con un aumento del 11% en dos proyectos específicos.

### **LPS PATH CLEARING APPROACH**

Este modelo se encuentra en el tercer lugar con una frecuencia de 2. El modelo se implementó en proyectos como una edificación educativa y un proyecto piloto, ambos en el Reino Unido. En el primer proyecto, el LPS-PCA mostró un impacto positivo en la transparencia de la comunicación, prácticas de trabajo colaborativo, reducción del re trabajo, mejoras en la seguridad y procesos generales, así como mejoras significativas en el cronograma del proyecto. Este enfoque se basa en tres niveles: el Nivel Organizacional, que identifica procesos y comportamientos necesarios en la organización; el Nivel del Proyecto, que define requisitos específicos a nivel de proyecto, abarcando actividades de planificación y control de producción, y alineación estratégica; y los Facilitadores Externos, que incluyen contratos colaborativos, cultura de trabajo colaborativo, asociaciones de investigación y capacitación continua (E. I. Daniel et al. 2015).

### **LCI LEAN IPD HEALTH AND MATURITY ASSESSMENT APPROACH**

Este modelo ocupó el cuarto lugar con una frecuencia de 2. Originalmente del Lean Construction Institute(LCI), fue presentado por Perez-Apaza et al. (2021) con una estructura de ocho componentes para gestionar el nivel de madurez del LPS. Basado en los principios del LCI Lean IPD y la metodología Toyota Kata, su objetivo es evaluar el nivel de madurez del LPS, capturando tanto las prácticas como los vínculos entre principios Lean, procesos y prácticas de LPS, y entender cómo la colaboración impacta el desempeño.

La evaluación del nivel de madurez de LPS se realiza mediante conversaciones con el equipo del proyecto y los últimos planificadores, así como la verificación del uso de herramientas y métodos LPS. La evidencia recopilada se analiza en una reunión de

"Maturity Assessment LPS" para definir el nivel actual y futuro de madurez. Este proceso sigue la guía de LCI (2016). La propuesta fue aplicada en un proyecto de construcción, donde se implementaron todos los componentes del LPS, aprovechando su capacidad total (Perez-Apaza et al., 2021).

### **ENCUESTA SOBRE NIVEL DE MADUREZ**

Este modelo solo aparece una vez dentro de la literatura y evalúa múltiples puntos a través de cuestionarios y análisis estadísticos para determinar el nivel de aplicación de diversas técnicas de Lean Construction (LC). Las técnicas evaluadas incluyen TQM (Total Quality Management), Visualización, 6S, JIT (Just-In-Time), y LPS (Last Planner System). Cada técnica es evaluada en una escala de madurez y se mide su impacto en el rendimiento individual de los trabajadores. El modelo presenta varios niveles de implementación, desde la no implementación hasta la implementación completa de cada técnica (Li et al., 2019).

### **EVALUACIÓN MEDIANTE LISTADO DE 11 ELEMENTOS DE LPS**

Este modelo solo aparece una vez dentro de la literatura y se ha implementado en proyectos de construcción para evaluar y mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo y la dinámica del equipo. En tres proyectos específicos, la implementación constante de LPS ha permitido una mayor transparencia, minimizando riesgos laborales y retrabajos, y mejorando la alineación de los subcontratistas. Además, permitió una visualización y actualización colaborativa semanal del plan de trabajo, lo que resultó en una alta adopción del equipo del proyecto. Por último, el seguimiento de PPC y la comunicación efectiva entre los miembros del equipo fueron evidentes, lo que permitió resolver variaciones del cronograma de manera proactiva y mantener la responsabilidad (McConaughy & Shirkey, 2013).

### **LAST PLANNER® SYSTEM IMPLEMENTATION HEALTH CHECK:**

Este modelo solo aparece una vez dentro de la literatura y fue desarrollado por Power et al. (2021), se implementó en varios proyectos de consultoría de Ingeniería, Gestión de Adquisiciones, Construcción y Gestión (EPCM). Este modelo se basa en una serie de preguntas diseñadas para verificar la correcta aplicación de las funciones del Last Planner® System en proyectos de construcción. Los proyectos se evaluaron en cinco funciones principales: Planificación de Hitos, Planificación de Fases, Planificación de Adelanto, Planificación de Compromisos y Aprendizaje. Este modelo se ha probado en dos proyectos piloto y se ha presentado en varios talleres de grupos focales para evaluar su efectividad y determinar los próximos pasos para su implementación a gran escala.

### **LAST PLANNER® SYSTEM (LPS) EFFECTIVENESS MODEL:**

Este modelo sólo aparece una vez dentro de la literatura y se implementó en varios proyectos de construcción en India y otros países. A continuación, se detallan las características de cada uno de los 13 criterios evaluados, agrupados en las cuatro categorías mencionadas en la Tabla 1:

- Confiabilidad del flujo de trabajo: Evalúa la capacidad del sistema para mantener un flujo de trabajo constante y una capacidad de respuesta ante cambios imprevistos.

- Efectividad operativa: Mide la eficiencia de las operaciones diarias en el sitio de construcción mediante la coordinación entre equipos, la utilización de recursos y la eliminación de desperdicios.
- Rendimiento del cronograma: Evalúa la adherencia al cronograma y la efectividad en la resolución de retrasos.
- Mejora del conocimiento: Analiza cómo el sistema contribuye al aprendizaje y desarrollo continuo del equipo de trabajo.

### **LPS IMPLEMENTATION MATURITY MATRIX**

Este modelo solo aparece una vez dentro de la literatura y categoriza los niveles de implementación de los diferentes componentes de LPS utilizando un código de colores. El estudio incluye proyectos de construcción en India y Noruega. Se analizaron dos estudios de caso en India, uno en un proyecto de muelle marítimo y otro en un proyecto residencial. En Noruega, se estudiaron seis proyectos (residenciales, comerciales y de oficinas) de dos grandes contratistas. Este modelo ayuda a proporcionar una visión crítica de cómo las prácticas teóricas de LPS son adaptadas y aplicadas en diferentes contextos culturales y geográficos (Ravi et al., 2018).

### **METRICS FOR LPS FOCUSING ON PHASE SCHEDULE PRACTICES**

Este modelo solo aparece una vez dentro de la literatura y fue desarrollado por Ribeiro (2018). Ofrece un marco estructurado y métricas específicas para evaluar el LPS, centrándose en la cohesión y cumplimiento entre distintos niveles de planificación. El modelo propone un conjunto de 7 métricas y 5 constructos para evaluar el LPS, enfocado en el cumplimiento entre los niveles de planificación del Phase Schedule, look ahead y la planificación de compromisos. Identifica prácticas clave e integra métricas para evaluar el cumplimiento y la confiabilidad de los planos en diferentes niveles de planificación.

El análisis conjunto de estas métricas facilita la adherencia entre niveles de planificación, con el objetivo de implementar y evaluar el LPS, centrándose en las prácticas del Phase Schedule. Contribuye a comprender los ciclos del Phase Schedule, que incluyen la preparación, reuniones y monitoreo de actividades y limitaciones planificadas. Se implementó en dos estudios de caso en Brasil, donde la colaboración y transparencia en los procesos de planificación mejoraron, así como el cumplimiento entre niveles de planificación, la confiabilidad de los planes y el compromiso con los plazos (Ribeiro & Costa, 2018).

### **FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS MODELOS DE DIAGNÓSTICO**

La Tabla 2 detalla las principales fortalezas y debilidades asociadas con los modelos identificados en la revisión literaria, proporcionando una visión clara de su desempeño y áreas de mejora. Esta información fue compilada a partir de un análisis crítico de los artículos seleccionados, donde se evaluaron las características y resultados de cada modelo en relación con su efectividad en la implementación del LPS. Esta evaluación es fundamental para entender cómo cada modelo puede contribuir al éxito de la aplicación de LPS en proyectos de construcción.



**Tabla 2.** Descripción de Fortalezas encontradas en los modelos

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Abreviación</b>
Fortalezas	Compara el nivel de madurez de diferentes proyectos, generando críticas constructivas para orientar acciones correctivas.	F1
	El enfoque se ajusta a las necesidades específicas del proyecto y la empresa.	F2
	Emplea la metodología Toyota Kata (TK) para fomentar una visión de mejora constante.	F3
	Ha sido mejorado a lo largo de diversas investigaciones, garantizando su relevancia y precisión.	F4
	Ha sido validada por profesionales y expertos académicos en LPS.	F5
	Integra niveles organizacionales, de proyecto y factores externos, lo que permite una implementación más coordinada y efectiva.	F6
	La matriz permite una comprensión matizada de qué tan bien se integra cada aspecto de LPS en un proyecto.	F7
	Presenta indicadores visuales para medir los niveles de madurez.	F8
	Promueve la confianza y la responsabilidad entre los equipos del proyecto, lo que resulta en un mejor alineamiento y productividad.	F9
	Proporciona una evaluación detallada y holística.	F10
	Proporciona una métrica ordenada, basada en una lista de prácticas.	F11
	Proporciona una visión clara y analiza la situación actual indicando las áreas que requieren atención.	F12
	Se ha demostrado una correlación positiva entre la implementación del modelo y el PPC.	F13
Debilidades	El modelo puede no adaptarse completamente a todos los tipos de proyectos o culturas organizacionales.	D1
	La puesta en marcha del modelo puede ser compleja y requerir de dedicación significativa de tiempo y recursos.	D2
	La subjetividad en la evaluación puede llevar a inconsistencias.	D3
	Presenta pocos casos de estudio, por lo que la herramienta puede carecer de un respaldo empírico sólido.	D4
	Requiere de personal altamente capacitado durante las sesiones de planificación para una correcta implementación.	D5
	Se emplean términos y conceptos técnicos que muchas veces son difíciles de estandarizar.	D6

Cada uno de los modelos revisados tiene sus fortalezas y debilidades, lo que permite a los profesionales elegir el más adecuado según las necesidades específicas de sus proyectos. A continuación, se discute las fortalezas y debilidades encontradas y se muestra una correlación entre las fortalezas y debilidades de cada uno de los modelos.

## **DISCUSIÓN DE FORTALEZAS DE LOS MODELOS**

El M2 y M9 son los únicos modelos que presentan indicadores visuales para medir el nivel de madurez del LPS lo cual ayuda en la transparencia de información y así evidenciar claramente el progreso y las áreas de mejora, facilitando la toma de decisiones informadas. Además, los indicadores visuales fomentan una mejor comprensión y comunicación entre los miembros del equipo, ya que proporcionan una representación gráfica del estado actual y del progreso en la implementación del LPS. En el M2 se utilizan indicadores visuales para mostrar los niveles de madurez: el color rojo corresponde a un nivel bajo de madurez del LPS, el amarillo corresponde a un nivel medio y el verde corresponde a un nivel alto de madurez (Prabaharan et al., 2024). En el M9 los indicadores visuales se usan para categorizar los niveles de implementación de diversos componentes de LPS: implementación alineada con la teoría de LPS (verde), implementación parcial o prácticas sustitutas aceptables (amarillo), no corresponde en absoluto con la teoría de LPS (rojo) (Ravi et al., 2018)

Un aspecto crítico de estos modelos es su capacidad para identificar áreas problemáticas y de mejora, aunque varían en enfoque y profundidad. M1 y M2 se destacan por ofrecer evaluaciones estructuradas y detalladas, utilizando herramientas como listas de prácticas y escalas Likert (Bernardes & Formoso, 2002; Retamal et al., 2021) para identificar oportunidades de mejora y analizarlas de forma cuantitativa y objetiva. En contraste, M3 y M10 analizan aspectos cualitativos y complejos, como la variabilidad y la coordinación entre niveles organizacionales (Daniel et al., 2015; Ribeiro & Costa, 2018), proporcionando un enfoque más holístico y sistemático, pero de implementación más complicada. Por otro lado, los modelos M7 y M9 emplean métodos más simples, como cuestionarios y códigos de colores (Power et al., 2021; Ravi et al., 2018), lo que permite identificar áreas de mejora de forma directa y accesible, aunque con menos profundidad, debido a la sencillez. En general, todos los modelos identifican y mejoran áreas problemáticas, pero varían en su enfoque y detalle, lo que los hace adaptarse a las necesidades específicas del proyecto y la organización.

El M1 y M9 tienen la capacidad de adaptarse a diferentes contextos y a las necesidades específicas del proyecto y la empresa, mejorando así el potencial de éxito en la implementación. Los modelos M4 y M8 tienen la fortaleza de haber sido validados por expertos académicos en LPS (Lagos et al., 2022; Shah et al., 2019)), proporcionando credibilidad y confianza. Por otro lado, El M2 resalta la importancia de la participación y el compromiso como elementos clave, lo cual se alinea con los principios fundamentales del LPS (Retamal et al., 2021). No todos los modelos mencionan este aspecto, algunos integran la colaboración y la transparencia como componentes importantes, como en el caso del M3. El M5 realiza una comparación del nivel de madurez en diferentes proyectos, lo que permite identificar áreas de mejora (Li et al., 2019). De manera similar, el M6 utiliza herramientas como el análisis de "5 Whys" para entender las causas de los compromisos no cumplidos (McConaughy & Shirkey, 2013).

El M6, M8 y M10 son los modelos que presentan una fuerte promoción de la confianza y la responsabilidad entre los equipos del proyecto, lo cual resulta en un mejor alineamiento y productividad. Estos modelos destacan por su capacidad para identificar y minimizar las variaciones en los flujos de trabajo, conduciendo a una programación más confiable y

mejor coordinación. Además, utilizan herramientas como el análisis de "5 Whys" que ayudan a rastrear y entender las causas subyacentes de los compromisos no cumplidos, proporcionando una evaluación exhaustiva y detallada del LPS en diferentes aspectos de la implementación.

El M1, M2, M3, M4, M7, M9 y M10 son los modelos que presentan una métrica ordenada, basada en una lista de prácticas, lo cual proporciona una evaluación profunda de LPS. Estos modelos ayudan a identificar áreas problemáticas y de mejora en el proceso de planificación y ejecución, facilitando la toma de decisiones informadas. Además, consideran la participación y el compromiso como elementos clave, integrando niveles organizacionales, de proyecto y factores externos, lo que permite una implementación más coordinada y efectiva de LPS.

**Tabla 3.** Correspondencia de Fortalezas en los modelos

Código	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Total
F1					•						1
F2	•								•		2
F3				•							1
F4	•										1
F5	•	•		•				•			4
F6			•								1
F7									•		1
F8		•							•		2
F9		•	•			•		•		•	5
F10	•	•	•	•							4
F11	•	•					•				3
F12					•	•	•	•		•	5
F13	•										1
Total	6	5	3	3	2	2	2	3	3	2	

En la Tabla 3, se muestra la correlación entre los distintos modelos y fortalezas encontradas, lo cual contribuye a un mejor entendimiento y evaluación de cada modelo.

Para la creación de modelos más efectivos, es crucial incorporar indicadores visuales personalizables como dashboards que mejoran la transparencia y la toma de decisiones. Además, se debe equilibrar la evaluación cualitativa y cuantitativa para ofrecer análisis profundos sin perder accesibilidad. Reducir la subjetividad de la evaluación mediante guías estandarizadas y herramientas automáticas. También es esencial diseñar modelos que se adapten a diferentes contextos de proyectos.

## DISCUSIÓN DE LAS DEBILIDADES DE LOS MODELOS

Tanto M1, M2, M4, M5, M6, M9 como M10 presentan cierta subjetividad al usarlos, ya que los puntajes pueden variar según la interpretación de los evaluadores. No siempre se correlaciona la implementación del LPS con el éxito del proyecto, lo que complica la evaluación de su efectividad. Por ejemplo, en el modelo de madurez de GEPUC, la subpráctica “Los últimos planificadores están comprometidos” puede ser interpretada de

diferentes formas, afectando el puntaje real. De manera similar, en el modelo de Planning Best Practices, la evaluación de la “Participación de los representantes del equipo en la toma de decisiones en reuniones de planificación a corto plazo” puede ser subjetiva, dependiendo del nivel de compromiso percibido.

Los modelos M3, M4, M5, M6 y M8 tienen poca aplicación en proyectos, lo que genera dudas sobre la fiabilidad de los resultados obtenidos, ya que su limitada adopción en entornos reales sugiere que no han sido suficientemente probados. Por ejemplo, el M4 solo fue evaluado en un caso en Perú, y se recomienda recopilar más datos sobre su uso para mejorar las mediciones y tomar mejores decisiones (Perez-Apaza et al., 2021).

Todos los modelos enfrentan el problema de la resistencia al cambio, debido al uso de términos y conceptos técnicos difíciles de estandarizar. Esta resistencia es especialmente notable en el personal obrero, que a menudo muestra reticencia a realizar actualizaciones necesarias para la implementación efectiva de LPS. El hecho de que la directiva no tenga en claro los conceptos y beneficios de LPS conjuntamente con el escepticismo hacia nuevas prácticas terminan complicando la aplicación consistente de LPS, limitando su efectividad y adaptabilidad en proyectos de construcción.

El M5 no se adapta completamente a todos los tipos de proyectos o culturas organizacionales (Li et al., 2019), lo que limita su aplicabilidad. Por otro lado, M6 incluye un análisis continuo de mejoras y reuniones Plus/Delta en el sitio, lo que puede ser demandante en tiempo y recursos (McConaughy & Shirkey, 2013). Inclusive, tanto M8 y M11 destacan la necesidad de un enfoque más holístico que abarque todos los aspectos del sistema Last Planner, señalando una posible falta de consideración integral del proyecto.

**Tabla 4.** Correspondencia de Debilidades en los modelos

Código	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Total
D1					•						1
D2	•	•	•	•		•	•	•			7
D3	•	•		•	•	•			•	•	7
D4			•	•	•	•	•	•	•	•	8
D5						•					1
D6	•	•	•	•	•			•	•	•	8
Total	3	3	3	4	4	4	2	3	3	3	

En la Tabla 4, se muestra la correlación entre los distintos modelos y debilidades encontradas, lo cual contribuye a un mejor entendimiento y evaluación de cada modelo.

A partir del diagnóstico presentado, se recomienda que los futuros modelos eviten las debilidades más recurrentes, como D2, D3, D4 y D5. En este sentido, los nuevos modelos deben ser más sencillos de implementar, estandarizar las evaluaciones para minimizar la subjetividad, aplicarse de forma más extensa y rigurosa para garantizar un respaldo empírico sólido, y ser más didácticos para que puedan ser gestionados eficazmente por diferentes perfiles de personal en obra.

## CONCLUSIONES

De la revisión literaria se identificaron diez modelos de herramientas de diagnóstico del nivel de implementación de LPS, la herramienta más empleada en la literatura es el Planning Best Practice (PBP), la cual se ha empleado en 9 investigaciones y cuenta con 15 prácticas de evaluación. El segundo modelo encontrado en la literatura fue el modelo de Nivel de Madurez GEPUC, el cual consta de 12 ítems y 63 sub prácticas, el cual se ha implementado 5 veces en otros proyectos. El tercero y cuarto modelo implementado con dos implementaciones en la literatura es el LPS Path Clearing Approach y la evaluación de madurez del LCI. Los restantes modelos del quinto al décimo identificados se implementaron una vez en la literatura.

De los modelos revisados en la literatura, se obtuvo que las principales fortalezas son: los modelos permiten evaluar qué elementos de LPS se implementan correctamente, permiten identificar problemas en la implementación, tomar decisiones informadas y establecer estrategias que mejoren la aplicación de LPS. Las principales debilidades encontradas por los modelos son: algunos de los criterios a evaluar son subjetivos y los pocos casos de estudio registrados en la literatura lo cual no permite obtener más casos de sus beneficios.

Los autores recomiendan desarrollar más implementaciones de los modelos identificados en la literatura y evaluarlos para distintos tipos de proyectos y ver cuál es el que se adapta mejor a las empresas medianas y pequeñas. Además de ello, mejorar los modelos presentes en la literatura en base a sus debilidades.

El estudio aporta teóricamente incrementando el conocimiento sobre herramientas de diagnóstico de la implementación de LPS, recopilando y condensando la información de modelos existentes. En el ámbito práctico, el estudio ofrece una variedad de modelos para los profesionales de la construcción que buscan implementar o mejorar el LPS en sus proyectos. Además de identificar las principales fortalezas y debilidades de cada una, de manera que puedan evaluar cuál de ellas se adapta al tipo de proyecto a diagnosticar.

Una de las limitaciones identificadas en el estudio es que algunos modelos pueden ser demasiado simples y no capturan la totalidad de los desafíos en la implementación del LPS, mientras que otros son demasiado complejos de aplicar en la práctica. Además de ello que las fortalezas y debilidades obtenidas han sido parte de la revisión crítica de la literatura y no se han validado con la ayuda de expertos en LPS.

## REFERENCIAS

- Bernardes, M. M. S., & Formoso, C. T. (2002). Contributions to the Evaluation of Production Planning and Control Systems in Building Companies. In C. T. Formoso & G. Ballard (Eds.), *10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. <http://iglc.net/Papers/Details/174/pdf>
- Castillo, T., Alarcón, L. F., & Salvatierra, J. L. (2016). Last Planner System, Social Networks and Performance of Construction Projects. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. <http://iglc.net/Papers/Details/1311/pdf>
- Chiu, S. C. B. (2020). Last Planner System® in Design. *Lean Construction Journal*, 78–79.
- Daniel, E. (2017). *Estudio exploratorio sobre el uso del sistema Last Planner ® y la planificación colaborativa para la mejora del proceso de construcción*. Nottingham Trent University.
- Daniel, E. I., Pasquire, C., & Dickens, G. (2015). Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through IGLC Community: Twenty One Years of Experience. In O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo (Eds.), *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 153–162). <http://iglc.net/Papers/Details/1189/pdf>
- Erazo-Rondinel, A. A., Ccoyllar, I. M., & Huaccha, A. (2023). A Study of the Benefits of Lean Construction During the Pandemic: The Case of Peru. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1350–1359. <https://doi.org/10.24928/2023/0219>
- Erazo-Rondinel, A. A., Quispe-Alegria, D. A., & Salgado, J. (2021). Diagnosis and improvement of the level of implementation of the Last Planner® System in a Construction project. *2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONIITI53815.2021.9619594>
- Erazo-Rondinel, A. A., Vila-Comun, A., & Alva, A. (2020). Application of the Last Planner® System in a Sports Infrastructure Project in Peru. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 529–540. <https://doi.org/10.24928/2020/0091>
- Fabián, R., A, S. L., & F, A. L. (2022). Online Monitoring and Implementation of Commitment Management Performance and Its Impact on Project Planning in Four Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(10), 05022011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002372](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002372)
- Galaz-Delgado, E. I., Herrera, R. F., Atencio, E., Muñoz-La Rivera, F., & Biotto, C. N. (2021). Problems and Challenges in the Interactions of Design Teams of Construction Projects: A Bibliometric Study. *Buildings*, 11(10), 461. <https://doi.org/10.3390/buildings11100461>
- Gómez-Cabrera, A., Salazar, L. A., Ponz-Tienda, J. L., & Alarcón, L. F. (2020). Lean Tools Proposal to Mitigate Delays and Cost Overruns in Construction Projects. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 781–792. <https://doi.org/10.24928/2020/0049>
- Ignacio, L. C., Fernando, H. R., & Fernando, A. L. (2019). Assessing the Impacts of an IT LPS Support System on Schedule Accomplishment in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(10), 04019055. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001691](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001691)
- Itodo, D. E., Christine, P., & Graham, D. (2019). Development of Approach to Support Construction Stakeholders in Implementation of the Last Planner System. *Journal of*

- Management in Engineering*, 35(5), 04019018.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000699](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000699)
- Koskela L. (1997). Aplicación de la Nueva Filosofía de la Producción a la Construcción. Informe técnico, Filandia: CIFE.
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., & Alarcón, L. F. (2017). Contributions of Information Technologies to Last Planner System Implementation. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 87–94.  
<https://doi.org/10.24928/2017/0255>
- Lagos, C. I., Herrera, R. F., Muñoz, J., & Alarcón, L. F. (2022). Influence of Last Planner® System Adoption Level on Project Management and Communication. *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 211–222. <https://doi.org/10.24928/2022/0124>
- Li, S., Fan, M., & Wu, X. (2019). Lean Construction Techniques and Individual Performance. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 1469–1478. <https://doi.org/10.24928/2019/0136>
- McConaughy, T., & Shirkey, D. (2013). Subcontractor Collaboration and Breakdowns in Production: The Effects of Varied Lps Implementation. In C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos (Eds.), *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 649–658). <http://iglc.net/Papers/Details/927/pdf>
- O. AlSehaimi, A., Tzortzopoulos Fazenda, P., & Koskela, L. (2014). Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(1), 51–64.  
<https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2012-0032>
- Perez-Apaza, F., Ramírez-Valenzuela, A., & Perez-Apaza, J. D. (2021). The Toyota Kata Methodology for Managing the Maturity Level of Last Planner® System. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 514–523. <https://doi.org/10.24928/2021/0194>
- Power, W., Sinnott, D., Lynch, P., & Solorz, C. (2021). Last Planner® System Implementation Health Check. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 687–696. <https://doi.org/10.24928/2021/0119>
- Prabaharan, R., Sundaralingam, K., Tamilnathan, & Mohanbabu. (2024). Assessment of Last Planner® System Maturity and Engagement of Participants by Linguistic Action Perspective Approach—A Case Study. In A. Kashyap, N. Raghavan, I. Singh, V. Renganaidu, & A. Chandramohan (Eds.), *Sustainable Lean Construction* (pp. 165–174). Springer Nature Singapore.
- Priven, V., & Sacks, R. (2013). Social Network Development in Last Planner System Implementations. In C. T. Formoso & P. Tzortzopoulos (Eds.), *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 537–548). <http://iglc.net/Papers/Details/940/pdf>
- Ravi, R., Lædre, O., Fosse, R., Vaidyanathan, K., & Svalestuen, F. (2018). The Last Planner System: Comparing Indian and Norwegian Approaches. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 381–391.  
<https://doi.org/10.24928/2018/0421>
- Retamal, F., Salazar, L. A., Alarcón, L. F., & Arroyo, P. (2021). Monitoring of Linguistic Action Perspective During Online Weekly Work Planning Meetings. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 433–442. <https://doi.org/10.24928/2021/0142>
- Ribeiro, F. S., & Costa, D. B. (2018). Last Planner System: Implementation and Evaluation With Focus on the Phase Schedule. *26th Annual Conference of the*

- International Group for Lean Construction*, 702–712.  
<https://doi.org/10.24928/2018/0411>
- Shah, J., Devkar, G., Patil, P., Joshi, H. S., Jayarajan, S., & Delhi, V. (2019). *Matrix of Measure: Assessing Last Planner® System Effectiveness*.
- Shaqour, E. N. (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/https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.005>
- Tayeh, B. A., Hallaq, K. Al, Zahoor, H., & Al Faqawi, A. H. (2019). Techniques and benefits of implementing the last planner system in the Gaza Strip construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(7), 1424–1436. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2018-0039>
- Tito, C., F, A. L., & Luis, S. J. (2018). Effects of Last Planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3), 04017120. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001443](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001443)
- Viana, D. D., Mota, B., Formoso, C. T., Echeveste, M., Peixoto, M., & Rodrigues, C. L. (2010). A SURVEY ON THE LAST PLANNER SYSTEM: IMPACTS AND DIFFICULTIES FOR IMPLEMENTATION IN BRAZILIAN COMPANIES. In K. Walsh & T. Alves (Eds.), *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 497–507). <http://iglc.net/Papers/Details/715/pdf>
- Vitaliy, P., & Rafael, S. (2015). Effects of the Last Planner System on Social Networks among Construction Trade Crews. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(6), 04015006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000975](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000975)