



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Aplicación de Lean Construction para la reducción de la  
variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos  
de edificación en Lima (Perú).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Llaves, Ivan

Tutor/a: Martí Albiñana, José Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA

## Máster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

### Trabajo de Fin de Máster

Aplicación de Lean Construction para la reducción de la variabilidad y los riesgos  
en la planificación de proyectos de edificación en Lima (Perú)

Presentado por:

Iván Eugenio Llaves Tejada

Para la obtención de:

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

**Curso:** 2025/2026

**Fecha:** Junio de 2026

**Tutor:** José Vicente Martí Albiñana



## DEDICATORIA

Esto es más por ellos, para los que dejé en casa y en especial para mi padre que no dejó de ser una lámpara encendida para todos, hasta que nos volvamos a encontrar.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a la UPV por haber llegado a mi vida en un momento en el que necesitaba impulso, dirección y nuevas razones para seguir creciendo. Esta etapa no solo me dejó aprendizaje académico, sino también una experiencia profundamente humana que voy a llevar siempre conmigo.

Gracias a los profesores, no solo por su excelente labor docente, sino por su capacidad de llevar al estudiante a pensar distinto, a cuestionar lo establecido y a mirar la ingeniería, la innovación y la mejora continua desde una perspectiva más amplia y más consciente. En este camino aprendimos que siempre es posible ir más allá, no solo como profesionales, sino también como personas y ciudadanos.

Y gracias también a Valencia, por todo lo vivido, por lo aprendido y por lo sentido. No tengo dudas de que siempre ocupará un lugar muy especial en mi memoria y en mi corazón, porque para mí siempre será, de algún modo, **la Millor Festa del Món.**



## RESUMEN

El sector de la construcción en Lima (Perú) enfrenta una problemática estructural caracterizada por alta variabilidad en plazos y costos, baja confiabilidad de la planificación y limitada coordinación entre especialidades, especialmente en proyectos residenciales de obra nueva. Estos problemas no se originan únicamente en la fase de ejecución, sino que en gran parte surgen durante las etapas previas al inicio de obra, en la definición del valor, la coordinación de diseño y la gestión de restricciones.

El presente trabajo analiza la aplicación de la filosofía Lean Construction como estrategia para reducir la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación residencial en Lima Metropolitana. Mediante un enfoque mixto que combina revisión documental, análisis comparativo entre la planificación contractual tradicional y un modelo Lean estructurado, y una consulta a un panel de expertos del sector, se evalúa el aporte de herramientas como el pull planning de diseño, las sesiones ICE, el Last Planner System, el Lookahead Planning y la gestión visual de restricciones.

Los resultados muestran que el enfoque Lean ofrece ventajas sustanciales frente al modelo tradicional en términos de confiabilidad del plan, control de restricciones, coordinación interdisciplinaria y trazabilidad del flujo de información. Se propone un modelo de planificación en etapas previas compuesto por cinco componentes: definición temprana del valor, planificación colaborativa del diseño, gestión del flujo de información, gestión activa de restricciones y alineamiento con el costo objetivo. Este modelo complementa la planificación de ejecución y mejora la estabilidad operativa del proyecto.

Se concluye que la variabilidad en la planificación no es un fenómeno inevitable, sino el resultado de fallos concretos de coordinación, definición e información que pueden prevenirse con una estrategia Lean integral. El contexto limeño presenta condiciones especialmente propicias para esta transformación, lo que hace pertinente avanzar hacia modelos de planificación más colaborativos, preventivos y orientados a la mejora continua.

Palabras clave: Lean Construction, planificación de proyectos, variabilidad, gestión de riesgos, Last Planner System, etapas previas, edificación residencial, Lima, Perú.



## ABSTRACT

The construction sector in Lima (Peru) faces structural challenges marked by high variability in schedule and cost, low planning reliability, and limited coordination among project disciplines, particularly in new residential building projects. These issues do not originate exclusively during project execution; a substantial share of them arise in pre-construction phases, during value definition, design coordination, and constraint management.

This paper analyses the application of the Lean Construction philosophy as a strategy for reducing planning variability and risk in residential building projects in Metropolitan Lima. Using a mixed-methods approach combining documentary review, comparative analysis between traditional contractual planning and a structured Lean model, and a survey of an expert panel from the sector, the study evaluates tools such as design pull planning, ICE sessions, the Last Planner System, Lookahead Planning, and visual constraint management.

Results show that the Lean approach offers significant advantages over the traditional model in terms of plan reliability, constraint management, interdisciplinary coordination, and information flow traceability. A pre-construction planning model composed of five components is proposed: early value definition, collaborative design planning, information flow management, active constraint management, and target cost alignment. This model complements execution planning and improves overall project operational stability.

The study concludes that planning variability is not an inevitable phenomenon but the result of specific coordination, definition, and information failures that can be prevented through a comprehensive Lean strategy. Lima's construction context presents particularly favourable conditions for this transformation, making it pertinent to advance towards more collaborative, preventive, and continuously improving planning models.

**Keywords:** Lean Construction, project planning, variability, risk management, Last Planner System, pre-construction, residential building, Lima, Peru.



## RESUM (VALENCIANO)

El sector de la construcció a Lima (Perú) s'enfronta a una problemàtica estructural caracteritzada per una alta variabilitat en terminis i costos, una baixa fiabilitat de la planificació i una coordinació limitada entre especialitats, especialment en projectes residencials d'obra nova. Aquests problemes no s'originen exclusivament en la fase d'execució, sinó que en gran part sorgeixen durant les etapes prèvies a l'inici de l'obra, en la definició del valor, la coordinació del disseny i la gestió de restriccions.

El present treball analitza l'aplicació de la filosofia Lean Construction com a estratègia per reduir la variabilitat i els riscos en la planificació de projectes d'edificació residencial a Lima Metropolitana. Mitjançant un enfocament mixt que combina revisió documental, anàlisi comparativa entre la planificació contractual tradicional i un model Lean estructurat, i una consulta a un panel d'experts del sector, s'avalua l'aportació d'eines com el pull planning de disseny, les sessions ICE, el Last Planner System, el Lookahead Planning i la gestió visual de restriccions.

Els resultats mostren que l'enfocament Lean ofereix avantatges substancials enfront del model tradicional quant a fiabilitat del pla, control de restriccions, coordinació interdisciplinària i traçabilitat del flux d'informació. Es proposa un model de planificació en etapes prèvies compost per cinc components: definició primerenca del valor, planificació col·laborativa del disseny, gestió del flux d'informació, gestió activa de restriccions i alineament amb el cost objectiu. El model complementa la planificació d'execució i millora l'estabilitat operativa del projecte.

Paraules clau: Lean Construction, planificació de projectes, variabilitat, gestió de riscos, Last Planner System, etapes prèvies, edificació residencial, Lima, Perú.



## RESUMEN EJECUTIVO

**TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER:**  
**APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA LA REDUCCIÓN DE LA VARIABILIDAD Y LOS RIESGOS EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN LIMA (PERÚ)**  
**AUTOR: IVÁN EUGENIO LLAVES TEJADA**  
**RESUMEN EJECUTIVO**

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Planteamiento del problema a resolver</b> | <p>El sector de la construcción en Lima Metropolitana presenta una problemática persistente asociada a la alta variabilidad en plazos y costos, la baja confiabilidad de la planificación y la limitada coordinación entre especialidades, especialmente en proyectos residenciales de obra nueva. Aunque estas dificultades se manifiestan con mayor intensidad durante la ejecución, una parte importante de sus causas se origina en etapas previas del proyecto, donde todavía persisten debilidades en la definición temprana del valor, la coordinación del diseño, la gestión de restricciones y la organización del flujo de información.</p> <p>En la práctica tradicional, la planificación suele apoyarse en cronogramas contractuales rígidos, elaborados de forma centralizada y con limitada integración entre diseño, costos, suministros y producción. Esto favorece la aparición de cambios tardíos, interferencias entre especialidades, retrabajos, reprogramaciones y pérdida de confiabilidad del plan. En un contexto como el limeño, caracterizado por presión comercial, fragmentación entre actores, observaciones municipales y ajustes frecuentes de diseño, estas debilidades incrementan la exposición del proyecto a riesgos y sobrecostos.</p> <p>El presente TFM parte de la necesidad de analizar cómo la filosofía Lean Construction puede contribuir a reducir de forma estructurada esa variabilidad y esos riesgos, no solo en la obra, sino desde las etapas previas al inicio de la construcción. El problema central no se plantea, por tanto, como una cuestión meramente operativa, sino como una limitación del propio sistema de planificación con el que se desarrollan muchos proyectos de edificación en Lima.</p> |
| <b>2. Objetivos</b>                             | <p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Analizar la aplicación de Lean Construction para la reducción de la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación residencial en Lima.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |



|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificar las principales limitaciones de la planificación contractual tradicional en proyectos de edificación residencial en Lima.</li><li>2. Describir los principios, herramientas y mecanismos de Lean Construction aplicables a la planificación de proyectos de edificación.</li><li>3. Analizar el aporte de la planificación Lean en etapas previas, especialmente en la definición del valor, la coordinación de diseño, la gestión de restricciones, el control de información y la preparación de expedientes.</li><li>4. Evaluar la continuidad de la planificación Lean hacia la fase de ejecución mediante herramientas como Lookahead Planning y Last Planner System.</li><li>5. Comparar ambos enfoques en términos de eficiencia, control, mitigación de riesgos y reducción de la variabilidad en la planificación.</li><li>6. Proponer recomendaciones de aplicación para proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana.</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>3. Estructura organizativa</b></p> | <p>El presente Trabajo Fin de Máster se estructura en siete capítulos principales.</p> <p>El <b>capítulo 1</b> presenta la introducción general del estudio, incluyendo el contexto del sector construcción en el Perú, la justificación, los objetivos, el alcance, la estructura organizativa y la metodología empleada.</p> <p>El <b>capítulo 2</b> desarrolla el marco teórico, abordando la planificación de proyectos de edificación, las limitaciones de la planificación tradicional, los fundamentos de Lean Construction y sus principales herramientas, tanto en etapas previas como en ejecución.</p> <p>El <b>capítulo 3</b> analiza la situación actual del mercado de edificación en Lima, identificando los principales problemas de gestión y planificación, así como los factores de variabilidad y riesgo más frecuentes en proyectos residenciales.</p> <p>El <b>capítulo 4</b> presenta el análisis comparativo entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction. Asimismo, formula la propuesta de modelo Lean en etapas previas y la contrasta mediante validación con panel de expertos.</p> <p>El <b>capítulo 5</b> desarrolla la discusión de resultados, interpretando los principales hallazgos derivados tanto del análisis comparativo como de la consulta a expertos.</p> |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | <p>El <b>capítulo 6</b> expone la aplicabilidad de la propuesta en proyectos residenciales de Lima, incluyendo las limitaciones del estudio, las recomendaciones de implementación por fases y las líneas futuras de investigación.</p> <p>Finalmente, el <b>capítulo 7</b> recoge las conclusiones del trabajo, el cumplimiento de objetivos, las contribuciones principales, las recomendaciones finales, las limitaciones y las proyecciones derivadas del estudio.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>4. Método</b>                    | <p>La investigación se desarrolla mediante un <b>enfoque mixto</b>, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas.</p> <p>En primer lugar, se realizó una <b>revisión documental</b> de bibliografía académica, tesis, artículos especializados y documentos técnicos vinculados con Lean Construction, Last Planner System, planificación colaborativa, gestión de restricciones, BIM, VDC, IPD y gestión de riesgos en construcción. Esta revisión permitió construir el marco teórico y delimitar las principales diferencias entre la planificación tradicional y la planificación Lean.</p> <p>En segundo lugar, se desarrolló un <b>análisis comparativo</b> entre la planificación contractual tradicional y un modelo Lean estructurado, tomando como referencia el contexto de proyectos residenciales en Lima Metropolitana. Para ello, se analizaron aspectos como la lógica de planificación, la gestión de restricciones, la coordinación entre especialidades, el flujo de información, el control del corto plazo y la mitigación de riesgos.</p> <p>En tercer lugar, se formuló una <b>propuesta de planificación Lean en etapas previas</b>, compuesta por cinco elementos: definición temprana del valor, planificación colaborativa del diseño, gestión del flujo de información, gestión activa de restricciones y alineamiento temprano con el costo objetivo.</p> <p>Finalmente, la propuesta fue <b>validada mediante una encuesta a un panel de 15 expertos</b> con experiencia en gestión de proyectos, planificación, producción, coordinación técnica y Lean Construction. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva básica y síntesis cualitativa de comentarios abiertos.</p> |
| <b>5. Cumplimiento de objetivos</b> | <p>El <b>objetivo general</b> del presente Trabajo Fin de Máster se cumple mediante el análisis de la aplicación de Lean Construction para la reducción de la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación residencial en Lima, combinando revisión teórica, análisis comparativo entre enfoques y validación mediante panel de expertos.</p> <p>El <b>primer objetivo específico</b> se cumple en los capítulos 2 y 4, donde se identifican las principales limitaciones de la planificación contractual tradicional, tales como la baja</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>confiabilidad del cronograma, la detección tardía de restricciones y la débil integración entre actores.</p> <p>El <b>segundo objetivo específico</b> se cumple en el capítulo 2, donde se desarrollan los principios, fundamentos y herramientas de Lean Construction aplicables a la planificación de proyectos de edificación.</p> <p>El <b>tercer objetivo específico</b> se cumple en los capítulos 2 y 4, mediante el análisis de la planificación Lean en etapas previas y la formulación del modelo propuesto.</p> <p>El <b>cuarto objetivo específico</b> se cumple en el capítulo 2 y se refuerza en el capítulo 4, al explicar la continuidad entre la planificación previa y la ejecución a través de Lookahead Planning y Last Planner System.</p> <p>El <b>quinto objetivo específico</b> se cumple principalmente en el capítulo 4, donde se comparan ambos enfoques en términos de eficiencia, control, mitigación de riesgos y reducción de la variabilidad.</p> <p>El <b>sexto objetivo específico</b> se cumple en los capítulos 6 y 7, donde se presentan recomendaciones de aplicación para proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6. Contribuciones | <p>La principal contribución del presente TFM consiste en proponer una aproximación de planificación Lean aplicada específicamente a proyectos residenciales en Lima, desplazando el análisis desde la mejora puntual de la producción en obra hacia una preparación más confiable del proyecto desde etapas previas.</p> <p>El trabajo aporta, en primer lugar, una <b>comparación estructurada</b> entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction, mostrando que la diferencia entre ambos modelos no reside únicamente en herramientas distintas, sino en una lógica distinta de planificación: más colaborativa, preventiva y orientada a la generación de valor.</p> <p>En segundo lugar, el estudio formula un <b>modelo de planificación Lean en etapas previas</b> compuesto por cinco elementos: definición temprana del valor, planificación colaborativa del diseño, gestión del flujo de información, gestión activa de restricciones y alineamiento temprano con el costo objetivo. Esta propuesta organiza y adapta referencias teóricas y aplicadas al contexto de proyectos residenciales en Lima.</p> <p>En tercer lugar, el trabajo incorpora una <b>validación mediante panel de expertos</b>, lo que permite contrastar la viabilidad y utilidad de la propuesta con profesionales vinculados a planificación, gestión, producción y coordinación de proyectos de edificación.</p> <p>Finalmente, el TFM refuerza la idea de que la reducción de la variabilidad y de los riesgos en la planificación no</p> |

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | <p>depende exclusivamente del control en obra, sino de una mejor preparación del proyecto desde la preconstrucción.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>7. Recomendaciones</b> | <p>Se recomienda a las empresas promotoras, constructoras y consultoras del sector residencial en Lima reforzar la planificación desde las etapas previas del proyecto, evitando concentrar los esfuerzos de mejora únicamente en la fase de ejecución.</p> <p>En términos prácticos, conviene incorporar progresivamente herramientas y dinámicas de planificación colaborativa, tales como definición temprana de valor, pull planning de diseño, sesiones ICE, gestión visible de restricciones y organización estructurada del flujo de información, vinculando estas prácticas con la preparación del trabajo en obra mediante Lookahead Planning y Last Planner System.</p> <p>Asimismo, se recomienda evitar una implementación reduccionista de Lean Construction basada en la adopción aislada de una única herramienta. El verdadero potencial del enfoque se alcanza cuando existe continuidad entre valor, diseño, planificación intermedia y producción.</p> <p>También se considera recomendable acompañar la implementación con acciones de capacitación, definición clara de roles, fortalecimiento de la coordinación interdisciplinaria y mejora progresiva de la cultura organizativa, dado que una parte importante de las barreras identificadas no es exclusivamente técnica, sino también cultural y de gestión.</p> <p>Desde el punto de vista profesional, el trabajo sugiere que los ingenieros y responsables de proyecto adopten una visión más preventiva de la planificación, orientada no solo al control de hitos, sino a la creación de condiciones reales de ejecutabilidad.</p> |
| <b>8. Limitaciones</b>    | <p>El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados.</p> <p>En primer lugar, la investigación se centra en proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana, por lo que sus conclusiones no deben extrapolarse automáticamente a otros tipos de proyectos o contextos territoriales.</p> <p>En segundo lugar, el trabajo se apoya en revisión documental, análisis comparativo y validación mediante panel de expertos, pero no incluye la implementación piloto del modelo en un caso real. En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse como una validación conceptual y de percepción especializada, y no como una comprobación empírica plena del desempeño operativo del modelo.</p> <p>En tercer lugar, el estudio no desarrolla un análisis contractual detallado ni una modelización financiera exhaustiva del costo objetivo, ya que se concentra en la</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>planificación como sistema de gestión. Asimismo, aunque incorpora referencias a BIM, VDC y entornos comunes de datos, estos elementos se consideran herramientas de soporte y no constituyen el eje principal del análisis. Finalmente, la propia heterogeneidad del mercado residencial en Lima implica que el grado de adopción y madurez Lean puede variar entre organizaciones, lo que introduce cautela al generalizar las recomendaciones propuestas.</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## ÍNDICE

|       |                                                                            |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Introducción.....                                                          | 16 |
| 1.1   | Contexto del sector construcción en el Perú .....                          | 16 |
| 1.2   | Justificación del estudio .....                                            | 17 |
| 1.3   | Objetivos y alcance del trabajo .....                                      | 18 |
| 1.4   | Alcance y delimitaciones.....                                              | 19 |
| 1.5   | Metodología empleada .....                                                 | 19 |
| 1.6   | Estructura organizativa del trabajo .....                                  | 20 |
| 2     | Marco Teórico .....                                                        | 22 |
| 2.1   | Planificación de proyectos de edificación .....                            | 22 |
| 2.2   | Metodologías tradicionales de planificación y sus limitaciones.....        | 24 |
| 2.3   | Filosofía Lean Construction: principios, fundamentos y herramientas .....  | 26 |
| 2.3.1 | Planificación Lean en etapas previas.....                                  | 28 |
| 2.3.2 | Planificación Lean en ejecución.....                                       | 30 |
| 2.4   | Casos de aplicación en contextos latinoamericanos .....                    | 33 |
| 2.5   | Contexto del Sector Construcción en Lima (Perú) .....                      | 34 |
| 3     | Situación actual del mercado de edificación en Lima .....                  | 35 |
| 3.1   | Principales problemas en la gestión y planificación.....                   | 35 |
| 3.2   | Factores de variabilidad y riesgo más frecuentes .....                     | 36 |
| 4     | Análisis Comparativo de Metodologías de Planificación .....                | 38 |
| 4.1   | Planificación contractual tradicional .....                                | 38 |
| 4.2   | Planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction.....               | 40 |
| 4.2.1 | Modelo Lean en etapas previas.....                                         | 42 |
| 4.3   | Comparación de resultados: eficiencia, control y mitigación de riesgos.... | 43 |
| 4.3.1 | Comparación estructurada entre ambos enfoques .....                        | 44 |
| 4.3.2 | Riesgos de planificación y respuesta Lean propuesta .....                  | 45 |
| 4.3.3 | Master plan tradicional vs master plan Lean .....                          | 47 |
| 4.3.4 | Validación de la propuesta mediante panel de expertos .....                | 48 |
| 5     | Discusión de Resultados .....                                              | 51 |
| 5.1   | Interpretación de los hallazgos .....                                      | 52 |
| 5.2   | Impacto de Lean en la reducción de la variabilidad .....                   | 54 |



|     |                                                                        |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------|----|
| 6   | Aplicabilidad en proyectos residenciales de Lima .....                 | 56 |
| 6.1 | Limitaciones del estudio .....                                         | 56 |
| 6.2 | Recomendaciones de implementación por fase (etapas previas y obra) ... | 56 |
| 6.3 | Líneas futuras.....                                                    | 57 |
| 7   | Conclusiones y Recomendaciones .....                                   | 58 |
| 7.1 | Cumplimiento de objetivos.....                                         | 58 |
| 7.2 | Contribuciones.....                                                    | 59 |
| 7.3 | Recomendaciones.....                                                   | 59 |
| 7.4 | Limitaciones .....                                                     | 60 |
| 7.5 | Proyecciones.....                                                      | 61 |
| 8   | Bibliografía .....                                                     | 62 |
| 9   | Anexos .....                                                           | 65 |
|     | Anexo 1: Instrumento de encuesta aplicado al panel de expertos .....   | 65 |
|     | Anexo 2: Resultados complementarios.....                               | 75 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Curva de MacLeamy.....                                                                 | 29 |
| Figura 2. Framework de planificación y valor en etapas previas.....                              | 33 |
| Figura 3. Flujo tradicional vs flujo colaborativo con entorno común de datos. ....               | 36 |
| Figura 4. Ejemplo de master plan tradicional, formato ejecutivo en edificaciones                 | 40 |
| Figura 5. Sala Big Room para planificación colaborativa. ....                                    | 41 |
| Figura 6. Reunión de planificación colaborativa en obra. ....                                    | 42 |
| Figura 7. Esquema de master plan Lean en etapas previas, adaptado de la<br>metodología PDK. .... | 43 |
| Figura 8. Valoración media de las hipótesis del enfoque propuesto.....                           | 49 |
| Figura 9. Aplicabilidad global del enfoque propuesto de planificación Lean.....                  | 50 |
| Figura 10. Principales barreras para la implementación del enfoque propuesto. .                  | 53 |
| Figura 11. Componentes más valiosos del enfoque propuesto de planificación<br>Lean.....          | 54 |
| Figura 12. Componentes más difíciles de implementar del enfoque propuesto...                     | 54 |
| Figura 13. Aspectos a reforzar para mejorar la aplicabilidad del enfoque propuesto.<br>.....     | 75 |
| Figura 14. Observaciones abiertas.....                                                           | 75 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Comparación entre planificación tradicional y planificación Lean en proyectos de edificación. .... | 45 |
| Tabla 2. Riesgos en planificación y respuesta Lean propuesta .....                                          | 46 |
| Tabla 3. Estructura de encuesta a panel de expertos .....                                                   | 49 |
| Tabla 4. Aportes del presente TFM respecto a tesis y antecedentes utilizados.....                           | 51 |



## 1 Introducción

En los últimos quince años, el sector construcción en el Perú ha experimentado un crecimiento acelerado, impulsado por la expansión urbana y la demanda de infraestructura. En este contexto, surgieron diversas metodologías orientadas a mejorar la eficiencia y optimizar los procesos, con el objetivo de mitigar los riesgos en la planificación y generar mayor valor en los proyectos. Sin embargo, este crecimiento rápido no siempre vino acompañado de una búsqueda de soluciones estables o sostenibles. En muchos casos, se optó por corregir los síntomas de problemas estructurales que, con el tiempo, se fueron normalizando dentro de la práctica constructiva.

La industria de la construcción representa un sector fundamental para el desarrollo económico y social del país. Su importancia no radica únicamente en la edificación de infraestructuras, sino también en su efecto multiplicador sobre otras ramas económicas e industriales, así como en su impacto social al generar empleo directo e indirecto. De esta manera, la construcción se convierte en un motor clave que dinamiza la economía y contribuye al bienestar colectivo.

Frente a los desafíos que enfrenta el sector, la filosofía Lean Construction surge como una oportunidad para transformar los sistemas tradicionales mediante la innovación, la mejora continua y la estandarización de procesos. Esta metodología propone herramientas prácticas y flexibles que pueden aplicarse de manera transversal a las distintas etapas del ciclo productivo de un proyecto, promoviendo la eficiencia y la reducción de desperdicios.

El presente trabajo busca profundizar en la aplicación de la filosofía Lean Construction como una guía para la mejora de la planificación en proyectos de edificación, analizando las recurrencias que generan ineficiencias y proponiendo una transformación sostenible a largo plazo. Se plantea así una visión de cambio basada en procesos ordenados, conscientes y orientados a la creación de valor, sin pérdidas y con un enfoque de mejora continua.

### 1.1 Contexto del sector construcción en el Perú

El sector construcción en el Perú constituye uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, debido a su capacidad de generar empleo, dinamizar otros sectores productivos y contribuir significativamente al Producto Bruto Interno (PBI). De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), la actividad del sector registró un crecimiento del 5.91 % en febrero de 2025 respecto al mismo mes del año anterior, impulsada por el incremento del consumo interno de cemento y la ejecución de obras públicas, especialmente de infraestructura vial y vivienda social (MVCS, 2025).



Sin embargo, este desempeño positivo presenta fluctuaciones y vulnerabilidades estructurales. Según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), el crecimiento del 2024 fue apenas del 2.2 %, por debajo de las proyecciones iniciales. Esta desaceleración respondió a la reducción de la inversión privada, la inestabilidad política y los sobrecostos derivados de la inflación de materiales e interrupciones logísticas (Agencia Andina, 2025). Tales condiciones evidencian una limitada capacidad de planificación a largo plazo y la necesidad de consolidar prácticas más eficientes en la gestión de proyectos.

Desde una perspectiva operativa, estudios académicos señalan que gran parte de las empresas constructoras peruanas continúan empleando sistemas tradicionales de control de obra, lo cual afecta directamente la productividad y el cumplimiento de plazos. Una investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú destaca que la filosofía Lean Construction puede representar una solución transformadora, al demostrar mejoras en eficiencia, comunicación y gestión del tiempo dentro de organizaciones constructoras peruanas, tanto emergentes como consolidadas (Alvarado Chávez, 2021). Esta filosofía propone la estandarización y la eliminación de desperdicios como ejes para optimizar los procesos productivos y mitigar los riesgos derivados de la variabilidad en la planificación.

Por tanto, en un contexto de alta demanda, presiones temporales y complejidad logística como el de Lima, la adopción de la filosofía Lean Construction se presenta como una alternativa estratégica para el sector. Su implementación no solo permitiría mitigar los riesgos de planificación y reducir la incertidumbre en la gestión de proyectos, sino también consolidar un modelo constructivo más sostenible, colaborativo y competitivo frente a los desafíos del mercado nacional.

## **1.2 Justificación del estudio**

El sector construcción en el Perú, especialmente en Lima, enfrenta importantes desafíos relacionados con la planificación de proyectos de edificación, caracterizados por alta variabilidad en plazos y costos, limitada estandarización de procesos y exposición a riesgos externos (Agencia Andina, 2025; Acero Condori, 2017). Estas condiciones generan ineficiencias, sobrecostos y retrasos, afectando la productividad y competitividad de las empresas constructoras, así como la sostenibilidad económica de los proyectos. En este contexto, resulta necesario analizar enfoques que permitan reducir la incertidumbre y mejorar la gestión de proyectos, contribuyendo al fortalecimiento del sector.

La filosofía Lean Construction se presenta como una alternativa estratégica para abordar estos problemas, al ofrecer principios y herramientas orientadas a la optimización de procesos, la estandarización y la mejora continua. Estudios recientes en Perú han demostrado que la implementación de Lean Construction en proyectos de edificación puede mejorar significativamente la eficiencia, reducir



desperdicios y minimizar los riesgos derivados de la planificación tradicional (Alarcón Gutiérrez, 2023; Ayala Valiente et al., 2017). Sin embargo, a pesar de su potencial, la adopción de estas metodologías aún es limitada y fragmentada en el país, lo que evidencia la necesidad de investigaciones que documenten sus beneficios y desafíos específicos en el contexto local.

Este estudio se justifica además por la importancia económica y social del sector construcción en Perú. La industria no solo contribuye directamente al Producto Bruto Interno, sino que genera empleo tanto directo como indirecto y dinamiza otros sectores de la economía, como la industria de materiales de construcción y servicios asociados (MVCS, 2025). Mejorar la planificación de proyectos mediante Lean Construction puede, por tanto, tener un impacto positivo más allá de la eficiencia operativa, potenciando el desarrollo sostenible y la competitividad del sector a largo plazo.

Por último, la investigación busca ofrecer evidencia empírica y metodológica sobre la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación residencial en Lima, contribuyendo al conocimiento académico y proporcionando recomendaciones prácticas para empresas del sector. Se espera que los hallazgos permitan mitigar la variabilidad y los riesgos, optimizar los procesos productivos y fomentar una cultura de mejora continua, estableciendo un modelo replicable para futuras investigaciones y proyectos en el país.

### 1.3 Objetivos y alcance del trabajo

El presente trabajo de investigación tiene como propósito general analizar la aplicación de la filosofía Lean Construction para la **reducción de la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación en Lima, Perú**. A partir de esta perspectiva, se busca evaluar cómo la implementación de procesos estandarizados y colaborativos puede mejorar la eficiencia, minimizar retrasos y sobrecostos, y fomentar una gestión más sostenible de los proyectos residenciales de obra nueva.

Los **objetivos específicos** del estudio son:

1. Identificar las principales limitaciones de la planificación contractual tradicional en proyectos de edificación residencial en Lima.
2. Describir los principios, herramientas y mecanismos de Lean Construction aplicables a la planificación de proyectos de edificación.
3. Analizar el aporte de la planificación Lean en etapas previas, especialmente en la definición del valor, la coordinación de diseño, la gestión de restricciones, el control de información y la preparación de expedientes.



4. Evaluar la continuidad de la planificación Lean hacia la fase de ejecución mediante herramientas como Lookahead Planning y Last Planner System.
5. Comparar ambos enfoques en términos de eficiencia, control, mitigación de riesgos y reducción de la variabilidad en la planificación.
6. Proponer recomendaciones de aplicación para proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana.

#### **1.4 Alcance y delimitaciones**

La investigación se centra en proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana y estudia la planificación del proyecto desde una perspectiva integral. Se considera, por un lado, la planificación en etapas previas, comprendiendo la definición de objetivos del proyecto, la coordinación de diseño, la identificación y levantamiento de restricciones, el control de flujo de información y la preparación de expedientes; y, por otro lado, su continuidad hacia la fase de ejecución mediante herramientas de planificación colaborativa de corto plazo. El estudio no desarrolla soluciones de diseño arquitectónico ni profundiza en el cálculo financiero detallado de cada proyecto, sino que se enfoca en la planificación como sistema de gestión orientado a reducir variabilidad y riesgos.

#### **1.5 Metodología empleada**

La presente investigación adopta un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas, con el propósito de analizar la aplicación de Lean Construction en la reducción de la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación residencial en Lima. La estrategia metodológica se basa en la comparación entre la planificación contractual tradicional y un modelo de planificación Lean estructurado desde etapas previas hasta su continuidad en la ejecución.

En la fase cualitativa, se desarrolla una revisión documental de bibliografía académica, tesis, artículos especializados y documentos técnicos vinculados con Lean Construction, Last Planner System, BIM, VDC, IPD y gestión de riesgos en construcción. Asimismo, se analizan referencias aplicadas al contexto peruano y latinoamericano, con especial atención a proyectos residenciales y a problemáticas recurrentes de planificación en Lima Metropolitana.

De manera complementaria, se incorporan como referencia las herramientas descritas en el Manual de Proceso de Productiva, especialmente aquellas vinculadas con planificación en etapas previas, tales como identificación del valor, plan maestro, sesiones ICE, pull planning de diseño, plan de ejecución BIM, control de avance de diseño y monitoreo del costo objetivo. Estas herramientas permiten



estructurar un modelo operativo de planificación Lean aplicable a proyectos de edificación.

En la fase cuantitativa, se plantea un análisis comparativo de escenarios de planificación, evaluando diferencias entre el enfoque tradicional y el enfoque Lean a partir de indicadores vinculados con tiempo, control y riesgos. Para ello, se consideran métricas como desviación de hitos, restricciones identificadas y resueltas, incidencias de coordinación, estabilidad del flujo de trabajo y nivel de confiabilidad del proceso de planificación.

La investigación se limita a proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana. No se aborda el desarrollo técnico del diseño arquitectónico como disciplina proyectual autónoma, sino la planificación y control de sus entregables, decisiones, restricciones e interfaces con el proceso constructivo. Este enfoque permite estudiar la planificación como sistema integral de gestión, desde la etapa previa hasta la ejecución, con el fin de proponer recomendaciones prácticas para la reducción de la variabilidad y los riesgos en el sector.

Como complemento al análisis documental y comparativo, se incorporó una consulta a un panel de expertos con el fin de recoger su percepción sobre la viabilidad y utilidad práctica de la propuesta desarrollada. La encuesta estuvo dirigida a profesionales con experiencia en gestión de proyectos, planificación, producción, coordinación técnica o Lean Construction. El instrumento incluyó preguntas orientadas a identificar el grado de experiencia previa del experto con herramientas de planificación colaborativa, así como su valoración sobre la aplicabilidad de un enfoque basado en definición temprana de valor, coordinación de diseño, gestión de restricciones, organización del flujo de información y articulación entre etapas previas y ejecución. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva básica y síntesis cualitativa de comentarios abiertos.

## 1.6 Estructura organizativa del trabajo

El presente Trabajo Fin de Máster se estructura en siete capítulos principales.

El **capítulo 1** presenta la introducción general del estudio, incluyendo el contexto del sector construcción en el Perú, la justificación, los objetivos, el alcance y la metodología empleada.

El **capítulo 2** desarrolla el marco teórico, abordando la planificación de proyectos de edificación, las limitaciones de la planificación tradicional, los fundamentos de Lean Construction y sus principales herramientas, tanto en etapas previas como en ejecución.



El **capítulo 3** analiza la situación actual del mercado de edificación en Lima, identificando los principales problemas de gestión y planificación, así como los factores de variabilidad y riesgo más frecuentes en proyectos residenciales.

El **capítulo 4** presenta el análisis comparativo entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction. Asimismo, formula la propuesta de modelo Lean en etapas previas y la contrasta mediante validación con panel de expertos.

El **capítulo 5** desarrolla la discusión de resultados, interpretando los principales hallazgos derivados tanto del análisis comparativo como de la consulta a expertos.

El **capítulo 6** expone la aplicabilidad de la propuesta en proyectos residenciales de Lima, incluyendo las limitaciones del estudio, las recomendaciones de implementación por fases y las líneas futuras de investigación.

Finalmente, el **capítulo 7** recoge las conclusiones del trabajo, el cumplimiento de objetivos, las contribuciones principales, las recomendaciones finales, las limitaciones y las proyecciones derivadas del estudio.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Planificación de proyectos de edificación

La planificación de proyectos de edificación es el proceso mediante el cual se organizan y coordinan actividades, recursos y tiempos para ejecutar una obra de manera eficiente, cumpliendo los objetivos de calidad, costo y plazo. Este proceso incluye la identificación y secuenciación de tareas, la estimación de recursos y duraciones, la asignación de responsabilidades y la definición de indicadores de seguimiento, con el fin de reducir la incertidumbre y los riesgos inherentes a la construcción.

En este trabajo se emplean los siguientes términos clave, vinculados con la literatura sobre Lean Construction, productividad y gestión de proyectos:

- Variabilidad en la planificación: Diferencias entre lo planificado y lo ejecutado en tiempo, costo o recursos, originadas por cambios de diseño, retrasos de suministros o falta de coordinación entre los actores del proyecto (Castillo Quispe & Cano Carreño, 2024; Oakland & Marosszeky, 2017).
- Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de eventos que afecten negativamente los objetivos del proyecto, tales como retrasos, sobrecostos o fallas técnicas (Forbes & Ahmed, 2020; Oakland & Marosszeky, 2017).
- Procesos productivos: Conjunto de actividades que transforman materiales, mano de obra y equipos en productos finales de construcción, donde la estandarización y la reducción de desperdicios son clave para mejorar la productividad (Castillo Quispe & Cano Carreño, 2024; Forbes & Ahmed, 2020).
- Lookahead Planning: Técnica de planificación a corto plazo que asegura la preparación de frentes de trabajo para las semanas siguientes, identificando y eliminando restricciones antes de que afecten el cronograma (Hamzeh et al., 2012).
- Last Planner System (LPS): Sistema de planificación colaborativa que involucra a los responsables directos de la producción en la programación diaria y semanal, mejorando la fiabilidad de los compromisos y el flujo de trabajo (Lean Construction Institute, s.f.-a; Forbes & Ahmed, 2020).
- Just-in-Time (JIT): Estrategia que busca que los materiales y recursos lleguen en el momento exacto en que se necesitan, reduciendo inventarios y tiempos de espera (Castillo Quispe & Cano Carreño, 2024; Oakland & Marosszeky, 2017).
- 5S: Metodología de organización del lugar de trabajo (clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener) que contribuye a la seguridad y eficiencia

de las operaciones en obra (Oakland & Marosszeky, 2017; Forbes & Ahmed, 2020).

- Kanban: Sistema visual para gestionar el flujo de trabajo y el estado de las tareas, facilitando la identificación de cuellos de botella y el control de la producción (Lean Construction Institute, s.f.-a; Forbes & Ahmed, 2020).
- Mejora continua: Enfoque sistemático de evaluación y optimización de procesos, orientado a la reducción de desperdicios y la estandarización de buenas prácticas (Forbes & Ahmed, 2020; Oakland & Marosszeky, 2017).
- Industrialización: Aplicación de técnicas industriales como la prefabricación y la modularización para reducir tiempos, costos y riesgos en proyectos de edificación (Castillo Quispe & Cano Carreño, 2024; Oakland & Marosszeky, 2017).
- IPD (Integrated Project Delivery): Estrategia de entrega de proyectos que integra desde el inicio a propietario, diseñadores, contratistas y subcontratistas mediante acuerdos colaborativos que comparten riesgos, responsabilidades y beneficios (Forbes & Ahmed, 2020; Lean Construction Institute, s.f.-b).
- Planificación contractual tradicional: Enfoque basado en cronogramas rígidos, estructuras jerárquicas de decisión y limitada flexibilidad frente a cambios, que tiende a fragmentar las responsabilidades (Oakland & Marosszeky, 2017; Forbes & Ahmed, 2020).
- Planificación optimizada bajo Lean Construction: Enfoque que busca maximizar el valor y minimizar los desperdicios mediante la colaboración, la estandarización de procesos, el uso de herramientas como LPS, JIT y 5S, y el soporte de tecnologías como BIM y VDC (Juárez Aquino, 2018; Forbes & Ahmed, 2020).

En el presente TFM se considerarán los siguientes procesos de planificación:

- Definición del alcance del proyecto: Establecimiento de objetivos, entregables y restricciones del proyecto de edificación.
- Secuenciación de actividades: Ordenamiento de tareas según dependencias y prioridades, incorporando herramientas como Lookahead Planning y Last Planner System para gestionar el corto plazo (Hamzeh et al., 2012; Lean Construction Institute, s.f.-a).
- Estimación de recursos y tiempos: Asignación de materiales, personal y equipos considerando principios JIT, industrialización y coordinación de prefabricados (Castillo Quispe & Cano Carreño, 2024; Rivas, 2025).

- Gestión de riesgos y contingencias: Identificación de eventos adversos y diseño de planes de mitigación, apoyándose en modelos BIM, VDC y simulaciones para evaluar escenarios (Juárez Aquino, 2018; Forbes & Ahmed, 2020).
- Monitoreo y control: Seguimiento del avance real frente al planificado mediante herramientas visuales como Kanban, métricas de cumplimiento y ciclos de mejora continua (Rivas, 2025; Oakland & Marosszeky, 2017).

Desde esta perspectiva, la planificación de un proyecto de edificación no debe entenderse únicamente como la programación de actividades de obra, sino como un sistema progresivo de definición, coordinación y control que inicia en etapas previas. En dichas etapas se determinan objetivos, restricciones, secuencias de diseño, criterios técnicos, flujos de información y condiciones de ejecutabilidad que condicionan el desempeño posterior de la obra. Por ello, la variabilidad y los riesgos de planificación no se originan exclusivamente en la ejecución, sino también en la calidad de las decisiones adoptadas durante la preconstrucción.

## **2.2 Metodologías tradicionales de planificación y sus limitaciones**

La planificación tradicional en proyectos de edificación se ha sustentado históricamente en un enfoque secuencial, de carácter predictivo, en el que las actividades se ordenan a partir de cronogramas maestros, rutas críticas y estructuras jerárquicas de control. Bajo esta lógica, el proyecto se entiende como una sucesión de tareas que deben ejecutarse conforme a un plan previamente definido, asumiendo que las condiciones del entorno y del proceso productivo permanecerán relativamente estables a lo largo del tiempo. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado por su claridad formal y por su compatibilidad con los mecanismos contractuales convencionales; sin embargo, presenta debilidades importantes cuando se aplica a proyectos de edificación caracterizados por alta interdependencia entre especialidades, incertidumbre operativa y cambios frecuentes en la información disponible. (Oakland & Marosszeky, 2017; Forbes & Ahmed, 2020; Koskela, 1992).

Una de las principales limitaciones de esta metodología radica en su visión predominantemente transformacional del proceso constructivo. Desde esta perspectiva, la planificación se centra en descomponer el proyecto en actividades y asignar recursos y tiempos a cada una de ellas, pero presta menor atención al flujo entre tareas, a la variabilidad del sistema y a la generación efectiva de valor para el cliente. Koskela (1992) cuestionó precisamente esta reducción del proceso productivo a una simple transformación de insumos en productos, señalando que la construcción también debe comprenderse como un sistema de flujo y de creación de valor. Cuando esta dimensión no es incorporada, el cronograma puede parecer técnicamente correcto y, aun así, resultar poco confiable desde el punto de vista operativo.



En la práctica, la planificación contractual tradicional suele manifestarse mediante cronogramas rígidos y centralizados, elaborados por niveles directivos o por equipos técnicos alejados de la ejecución directa del trabajo. Esta situación genera una brecha entre quienes programan y quienes realmente producen, lo que debilita la calidad de los compromisos y reduce la capacidad del sistema para adaptarse a restricciones emergentes. Ballard (2000) observó que el control tradicional se ha enfocado, en gran medida, en detectar desviaciones después de que estas ya ocurrieron, en lugar de diseñar mecanismos que permitan hacer realizables los planes desde el inicio. Como consecuencia, la planificación se convierte con frecuencia en un instrumento de seguimiento administrativo más que en una herramienta efectiva de control de producción.

Otra limitación relevante es la fragmentación entre etapas, agentes y paquetes de trabajo. En los esquemas convencionales, el diseño, la presupuestación, la contratación y la construcción suelen gestionarse como procesos relativamente aislados, conectados por entregas parciales de información más que por una lógica integrada de producción. Esta fragmentación incrementa los tiempos de espera, multiplica los retrabajos y favorece la aparición de decisiones tardías, incompatibilidades técnicas y pérdidas de información. En el contexto de proyectos de edificación, donde la coordinación entre arquitectura, estructuras, instalaciones y producción es crítica, esta desarticulación repercute directamente en el cumplimiento de plazos, en la estabilidad del costo y en la calidad del producto final.

A ello se suma una gestión insuficiente de restricciones. En muchos proyectos tradicionales, se programan actividades sin verificar de forma rigurosa si existen las condiciones necesarias para ejecutarlas: información aprobada, compatibilización entre especialidades, materiales disponibles, accesos habilitados, decisiones cerradas o permisos obtenidos. El resultado es un cronograma que formalmente “debe cumplirse”, pero cuyas actividades no siempre están listas para ser ejecutadas. Hamzeh et al. (2012) sostienen que esta ausencia de preparación efectiva del trabajo es una de las causas centrales de la inestabilidad del flujo productivo. En lugar de anticipar restricciones, el modelo tradicional tiende a reaccionar frente a ellas una vez que ya han afectado el desempeño del proyecto.

En proyectos residenciales de Lima, estas debilidades adquieren especial importancia debido a la presión por plazos comerciales, la diversidad de actores involucrados, las observaciones municipales, la coordinación tardía de especialidades y la frecuente necesidad de ajustar diseños o alcances durante el desarrollo del proyecto. En ese escenario, la planificación tradicional puede cumplir una función contractual y documental, pero presenta limitaciones para gestionar la variabilidad real del sistema. Por ello, más que ser descartada por completo, debe ser entendida como un modelo insuficiente para entornos complejos y cambiantes, lo que justifica la búsqueda de enfoques



complementarios o sustitutivos que permitan mejorar la confiabilidad de la planificación y reducir los riesgos asociados al proceso de edificación.

Este apartado cumple una función clave dentro del presente TFM, ya que permite establecer la línea base conceptual desde la cual se comparará posteriormente la planificación optimizada bajo Lean Construction. La relevancia de dicho contraste reside en demostrar que la mejora de la planificación no depende únicamente de herramientas de programación más sofisticadas, sino de una transformación más profunda en la manera de entender el flujo de trabajo, la toma de decisiones y la coordinación entre los actores del proyecto.

### **2.3 Filosofía Lean Construction: principios, fundamentos y herramientas**

Lean Construction surge como una adaptación de los principios de producción ajustada al contexto específico de la construcción, con el propósito de mejorar el desempeño de los proyectos mediante la reducción sistemática de desperdicios, la estabilización de los flujos de trabajo y la generación de valor para el cliente. A diferencia de los enfoques convencionales centrados casi exclusivamente en el cumplimiento contractual de actividades, Lean Construction propone una comprensión más amplia del proyecto como sistema productivo y social, en el que la confiabilidad de los compromisos, la coordinación entre actores y la gestión temprana de restricciones son condiciones esenciales para lograr mejores resultados. Esta filosofía no se limita a un conjunto de herramientas aisladas, sino que constituye una forma distinta de planificar, controlar y aprender dentro del proyecto. (Koskela, 1992; Ballard & Howell, 2003; Forbes & Ahmed, 2020).

Uno de sus fundamentos más importantes es que la construcción no debe gestionarse únicamente como una secuencia de transformaciones, sino como una combinación de transformación, flujo y valor. Desde esta perspectiva, no basta con descomponer el proyecto en actividades y asignarles duraciones; también es necesario asegurar que las transferencias entre tareas se produzcan con continuidad, que las interrupciones sean minimizadas y que el resultado generado responda efectivamente a lo que el cliente considera valioso. Esta base teórica ha sido central para la evolución de Lean Construction, ya que desplaza el foco desde la simple ejecución de tareas hacia el desempeño global del sistema de producción. Cuando el énfasis se sitúa en el flujo y en el valor, la planificación deja de ser un ejercicio meramente predictivo y pasa a concebirse como un mecanismo continuo de preparación, coordinación y ajuste.

Sobre esa base, Lean Construction incorpora principios como la eliminación de actividades que no agregan valor, la mejora continua, la transparencia de la información, el respeto por las personas, la toma de decisiones colaborativa y el aprendizaje a partir del desempeño real. La filosofía Lean reconoce que la variabilidad es inherente a los proyectos, pero plantea que gran parte de ella puede ser gestionada si el sistema se diseña de manera más confiable. De ahí la importancia de las promesas realistas, de la participación de quienes ejecutan el



trabajo en la construcción del plan, y de la revisión periódica de causas de incumplimiento para evitar su repetición. En este sentido, Lean no propone eliminar toda incertidumbre, sino aumentar la capacidad del proyecto para absorberla y responder a ella sin deteriorar el flujo productivo.

En el campo de la planificación, esta filosofía ha dado lugar a herramientas y prácticas ampliamente difundidas. Entre las más conocidas se encuentran el Last Planner System, el pull planning, el make-ready planning, el lookahead planning, los compromisos semanales, la medición del Percent Plan Complete (PPC), la gestión visual, el análisis de causas de no cumplimiento, las reuniones cortas de coordinación, y mecanismos complementarios como Kanban, 5S y Just-in-Time. No obstante, la verdadera potencia de Lean Construction no reside en aplicar estas herramientas de forma aislada, sino en integrarlas dentro de una lógica coherente de producción colaborativa. El propio Lean Construction Institute subraya que el Last Planner System no es únicamente una técnica de programación, sino un sistema de planificación y control que articula conversaciones sobre lo que debe hacerse, lo que puede hacerse, lo que se hará realmente, lo que se hizo y lo que el equipo puede aprender del resultado.

Otro aspecto relevante es que Lean Construction ha ampliado su aplicación más allá de la fase de obra. Aunque inicialmente muchas implementaciones se concentraron en el control de producción durante la ejecución, la literatura posterior ha demostrado que los beneficios del enfoque también son significativos en las etapas previas, especialmente en la planificación del diseño, la coordinación interdisciplinaria y la preparación temprana de entregables. Ballard (2000) ya planteaba que el Last Planner podía extenderse a procesos de diseño, y trabajos posteriores, como el de Fosse y Ballard (2016), mostraron mejoras concretas en alineación del equipo, secuenciación de tareas, transparencia del proceso y cumplimiento de hitos cuando se aplicó esta lógica al diseño. En la misma línea, el Manual de Proceso de Productiva estructura la preconstrucción en torno a valor del propietario, equipos integrados, big room, pull planning de diseño, PEB, control de avance, compatibilización BIM y costo objetivo, lo que evidencia que la planificación Lean puede y debe comenzar antes del inicio físico de la obra.

En términos organizativos, Lean Construction también se relaciona con esquemas de integración temprana como Integrated Project Delivery (IPD) y con enfoques de Lean Project Delivery, en los que la colaboración entre propietario, proyectistas, contratistas y especialistas se promueve desde etapas iniciales. Aunque la adopción plena de contratos colaborativos no siempre es viable en todos los mercados, la filosofía Lean puede implementarse gradualmente incluso dentro de marcos contractuales tradicionales, siempre que exista voluntad de transparentar información, coordinar decisiones y generar compromisos confiables. Esto es especialmente pertinente para el contexto limeño, donde muchas empresas aún operan con estructuras convencionales, pero enfrentan problemas recurrentes de variabilidad, reprocesos y baja confiabilidad del plan.



En consecuencia, Lean Construction debe entenderse en este TFM como una filosofía de gestión orientada a rediseñar la planificación del proyecto de edificación desde una lógica más integrada, preventiva y colaborativa. Su aporte no se limita a acelerar tareas o reducir desperdicios visibles, sino que apunta a mejorar la calidad misma del sistema de planificación, desde la definición del valor y la coordinación del diseño hasta la ejecución y el aprendizaje en obra. Bajo esta interpretación, Lean Construction ofrece un marco robusto para analizar cómo reducir la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos residenciales en Lima, que es precisamente el objetivo central del presente estudio.

### 2.3.1 Planificación Lean en etapas previas

La planificación Lean en etapas previas constituye una extensión natural de los principios de Lean Construction al proceso de preconstrucción, entendiendo que la reducción de la variabilidad y de los riesgos no debe iniciarse únicamente cuando la obra comienza, sino desde la definición temprana de valor, la coordinación de diseño y la gestión de restricciones. Bajo esta lógica, la planificación deja de ser un cronograma estático y pasa a convertirse en un sistema colaborativo de producción de información, decisiones y compromisos.

El Manual de Proceso de Productiva ofrece una referencia especialmente útil para este enfoque, ya que estructura la preconstrucción en torno a una secuencia ordenada que comprende la identificación del valor para el propietario, el planeamiento estratégico, la conformación de equipos integrados, la preparación del big room, el desarrollo del diseño, el control del avance y la elaboración del costo objetivo. Este esquema resulta pertinente para el presente TFM porque permite analizar cómo la planificación puede optimizarse antes del inicio de obra, atacando fuentes tempranas de incertidumbre.

Una de las herramientas centrales en este proceso es el **pull planning de diseño**, definido como un taller colaborativo cuyo objetivo es desarrollar la secuencia lógica del diseño a partir de los hitos principales proporcionados por el propietario, tanto para el expediente municipal como para el expediente de obra. En este taller se identifican decisiones, dependencias, interrelaciones y restricciones, y la planificación se construye por consenso entre los participantes, en lugar de imponerse de forma unilateral.

Además, el proceso se apoya en tableros por especialidad, uso de pos-its por disciplina y visualización temprana de restricciones, lo que favorece la transparencia y la coordinación entre actores.

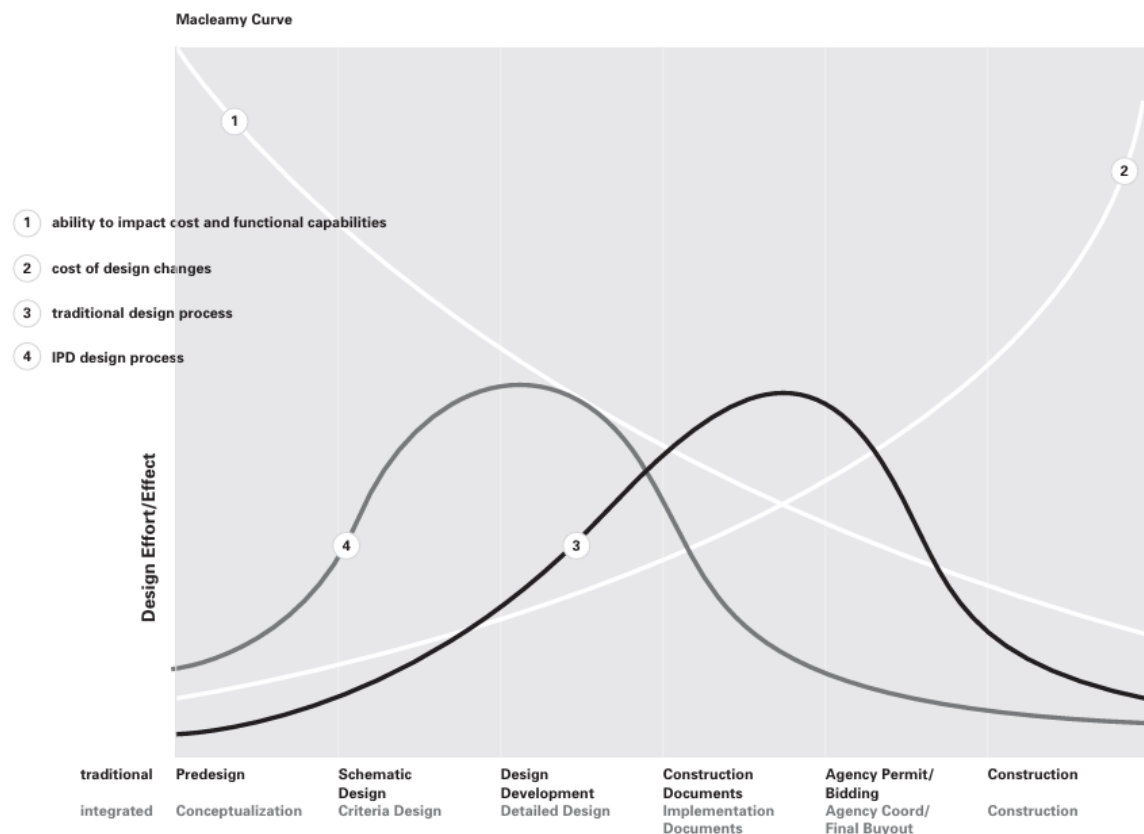
Junto al pull planning, las **sesiones ICE** y la lógica de las salas **big room** permiten acelerar la toma de decisiones y reducir tiempos muertos de coordinación. El trabajo colaborativo en un espacio común, con agenda, dinámica y cierre estructurado, contribuye a disminuir la latencia en las decisiones técnicas, mejorar la comunicación interdisciplinaria y prevenir retrabajos posteriores.

Otro componente relevante es la organización del flujo de información y de la coordinación entre especialidades. En ese marco, instrumentos como la definición previa de responsabilidades, criterios de intercambio y entornos comunes de información pueden contribuir a reducir errores derivados de la descoordinación documental, aspecto especialmente sensible en contextos con alta variabilidad.

El arranque formal del diseño, además, incorpora la comunicación del cronograma obtenido a partir del pull planning, la identificación de restricciones, la asignación de responsables y el registro de acuerdos en el entorno común de datos.

En términos de gestión económica, el modelo también considera la elaboración del **costo objetivo** y su monitoreo desde etapas tempranas, lo cual permite alinear las decisiones de diseño con las restricciones de costo del proyecto y disminuir el riesgo de modificaciones tardías.

En consecuencia, la planificación Lean en etapas previas puede entenderse como un sistema que mejora la calidad de la información, reduce la incertidumbre en la toma de decisiones y aumenta la confiabilidad del proceso antes de llegar a obra.



**Figura 1. Curva de MacLeamy**

**Nota:** Tomado de Integrated Project Delivery: A Guide (p. 26), por American Institute of Architects California Council, 2007, The American Institute of Architects. Copyright 2007 por AIA | AIA CC.

La Figura 1 presenta la curva de MacLeamy, la cual muestra que la capacidad de influir en el costo y en la funcionalidad del proyecto es mayor en las etapas tempranas. A medida que el proyecto avanza, el costo de introducir cambios se incrementa significativamente. Asimismo, la figura evidencia que, bajo enfoques colaborativos, el esfuerzo de diseño se concentra antes, lo que permite optimizar recursos y reducir retrabajos o modificaciones costosas en etapas posteriores.

Si bien las herramientas Lean pueden incorporarse también durante la ejecución del proyecto, su aplicación tardía suele implicar ajustes más costosos en plazo y recursos, especialmente cuando la necesidad de cambio deriva de decisiones o coordinaciones que debieron resolverse en etapas previas.

### **2.3.2 Planificación Lean en ejecución**

La planificación Lean en ejecución constituye la traducción operativa de los principios de Lean Construction al control diario y semanal de la producción en obra. Su finalidad no es únicamente programar actividades de corto plazo, sino asegurar que el trabajo comprometido sea efectivamente ejecutable, que las restricciones sean removidas antes de afectar el flujo y que el sistema aprenda de manera continua a partir de sus propios incumplimientos. En este enfoque, la ejecución deja de entenderse como una simple etapa de cumplimiento del cronograma maestro y pasa a concebirse como un proceso de producción que debe ser gestionado con altos niveles de confiabilidad.

La herramienta más representativa de esta lógica es el Last Planner System (LPS), desarrollado como un sistema de planificación y control de producción que involucra a los responsables más cercanos al trabajo en la construcción de compromisos realistas. A diferencia de la programación tradicional, en la que el plan suele elaborarse de manera centralizada y descender hacia la obra como una instrucción, el LPS se basa en conversaciones estructuradas que permiten distinguir entre lo que “debería” hacerse, lo que “puede” hacerse en función de las restricciones realmente levantadas, lo que “se hará” mediante compromisos asumidos por los ejecutores, lo que efectivamente “se hizo”, y lo que el equipo debe “aprender” del desempeño obtenido. Esta lógica reduce la distancia entre planificación y producción, mejora la calidad de las promesas y fortalece la coordinación entre frentes de trabajo.

Dentro de este sistema, el lookahead planning cumple una función decisiva. Su objetivo es preparar el trabajo de las semanas siguientes mediante la identificación y eliminación anticipada de restricciones, de manera que las actividades futuras lleguen a la programación semanal en condiciones de ser ejecutadas. Hamzeh et al. (2012) plantean que el valor del lookahead no reside solo en anticipar tareas, sino en transformar el trabajo “que debería hacerse” en trabajo “que puede hacerse”, optimizando así el flujo productivo. En otras palabras, la preparación del trabajo se convierte en una actividad de gestión en sí misma, y no en una revisión superficial del cronograma.



El weekly work planning, por su parte, traduce ese trabajo preparado en compromisos concretos de corto plazo. Cada responsable asume tareas específicas en función de su capacidad real, de la disponibilidad de recursos y de la ausencia de restricciones críticas. La confiabilidad del sistema se evalúa posteriormente mediante indicadores como el Percent Plan Complete (PPC), que mide el porcentaje de promesas cumplidas respecto al total comprometido. Sin embargo, en una implementación madura de Lean Construction, el PPC no debe leerse como un simple porcentaje de rendimiento, sino como una oportunidad para analizar causas de incumplimiento, detectar patrones de variabilidad y promover acciones correctivas y preventivas.

La planificación Lean en ejecución suele complementarse con reuniones diarias de coordinación, gestión visual, tableros de restricciones, control de buffers y análisis colaborativo de interferencias. Estas prácticas favorecen una supervisión más cercana del flujo real de trabajo y facilitan la toma de decisiones oportuna en terreno. En proyectos con mayor madurez digital, este sistema puede integrarse además con BIM y herramientas de seguimiento visual para mejorar el análisis de restricciones, la coordinación espacial y la trazabilidad de los cambios. La combinación entre LPS y herramientas digitales ha demostrado ser especialmente útil cuando se busca fortalecer el vínculo entre planificación, información y producción.

Para el presente TFM, la planificación Lean en ejecución no debe analizarse de manera aislada, sino como la continuación natural de una planificación previa bien estructurada. Si en la preconstrucción se reducen la incertidumbre de diseño, las incompatibilidades y las restricciones de información, la fase de ejecución puede operar con mayor estabilidad. A la inversa, cuando la etapa previa ha sido débil o fragmentada, la obra absorbe esa inestabilidad en forma de esperas, retrabajos, reprogramaciones y pérdida de productividad. Por ello, la relevancia del LPS en este estudio no radica solo en su capacidad para organizar el corto plazo, sino en mostrar cómo un sistema Lean puede conectar la preparación temprana del proyecto con una producción más confiable durante la construcción.

En el contexto de proyectos residenciales en Lima, esta aproximación resulta especialmente pertinente debido a la alta exposición a cambios, interferencias entre especialidades, presiones comerciales y limitaciones logísticas que caracterizan a muchas obras urbanas. La planificación Lean en ejecución ofrece, por tanto, una respuesta concreta para transformar el control de obra desde un esquema reactivo hacia uno preventivo, colaborativo y orientado al aprendizaje. Su incorporación dentro del presente TFM permite completar la visión integral de Lean Construction, mostrando que la reducción de variabilidad y riesgos en la planificación requiere tanto una buena preparación previa como un control confiable de la producción en obra.

La variabilidad en la planificación de proyectos de edificación puede definirse como la diferencia recurrente entre lo previsto y lo que finalmente ocurre durante

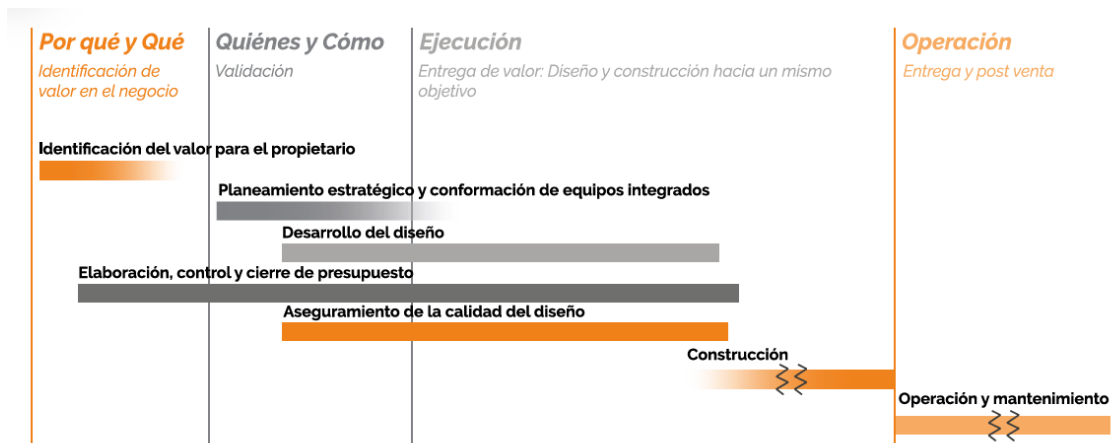


el desarrollo del proyecto, ya sea en términos de plazo, secuencia, disponibilidad de recursos, madurez de información o capacidad de producción. En la construcción, esta variabilidad no constituye una anomalía puntual, sino una condición estructural derivada de la complejidad del proceso, de la interdependencia entre especialidades y de la sensibilidad del sistema frente a cambios y restricciones. En consecuencia, la planificación no debe evaluarse únicamente por su grado de detalle formal, sino por su capacidad para anticipar, absorber y reducir dicha variabilidad.

Los riesgos de planificación, por su parte, se relacionan con la probabilidad de ocurrencia de eventos que alteren negativamente los objetivos del proyecto, especialmente en materia de plazo, costo, calidad y coordinación. En proyectos de edificación, estos riesgos pueden surgir por decisiones tardías, información incompleta, incompatibilidades entre disciplinas, retrasos en aprobaciones, fallas logísticas o baja confiabilidad en la secuencia de trabajo. Existe, por tanto, una relación directa entre variabilidad y riesgo: a mayor inestabilidad del sistema de planificación, mayor exposición del proyecto a desviaciones y pérdidas.

Desde una perspectiva técnica, la variabilidad puede originarse tanto en etapas previas como en la ejecución. En la preconstrucción, suele manifestarse en cambios de alcance, baja definición del diseño, falta de alineación entre agentes, observaciones municipales o interferencias no resueltas. En la obra, adopta la forma de frentes no liberados, suministro descoordinado, productividad irregular, retrabajos y reprogramaciones sucesivas. La literatura de Lean Construction ha mostrado que la variabilidad del flujo afecta directamente el desempeño del sistema productivo y reduce la confiabilidad del plan, especialmente cuando no existe preparación efectiva del trabajo ni mecanismos de aprendizaje sobre las causas del incumplimiento (Tommelein et al., 1999; Thomas et al., 2002; Hamzeh et al., 2012).

Bajo esta lógica, la gestión de variabilidad y riesgo no puede limitarse a un control correctivo posterior, sino que debe integrarse al proceso de planificación desde el inicio. Lean Construction aporta precisamente en este punto, al proponer una planificación basada en compromisos confiables, gestión visible de restricciones, secuencias colaborativas y mejora continua. Así, la reducción de la variabilidad no depende solo de planificar más, sino de planificar mejor: con información madura, decisiones oportunas, coordinación entre actores y control real sobre las condiciones de ejecutabilidad.



**Figura 2. Framework de planificación y valor en etapas previas.**

**Nota:** Adaptado de *La fórmula PDK* y de Hill, Copeland y Pikel (2017).

La Figura 2 sintetiza el ciclo de vida del proyecto a partir de hitos clave vinculados con la identificación de valor. Este esquema permite visualizar la relación entre la gestión estratégica, la operatividad del proyecto y la toma de decisiones en sus distintas etapas, reforzando la idea de que la planificación debe entenderse como un proceso integral y no solo como una secuencia de actividades de obra.

## 2.4 Casos de aplicación en contextos latinoamericanos

En América Latina, la adopción de Lean Construction ha avanzado de forma progresiva, aunque con distintos niveles de madurez según el país, el tipo de proyecto y la capacidad organizativa de las empresas. En general, la región ha incorporado con mayor facilidad herramientas asociadas a la ejecución, como Last Planner System, lookahead planning, sectorización, gestión visual y control colaborativo del corto plazo. Sin embargo, en los últimos años también se observa un interés creciente por extender la filosofía Lean hacia etapas previas, particularmente en diseño, coordinación interdisciplinaria, prefabricación e integración con BIM y VDC.

En el caso peruano, varios estudios y experiencias recientes muestran que la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación residencial ha permitido mejorar la confiabilidad de la planificación, ordenar la producción y responder con mayor flexibilidad a escenarios de alta incertidumbre. Destaca, por ejemplo, la experiencia reportada por Verán-Leigh y Brioso en Lima, donde la implementación de herramientas Lean en proyectos residenciales permitió reorganizar la producción y sostener el control del proyecto en un contexto de restricciones extraordinarias. Asimismo, trabajos posteriores vinculados al uso del LPS, prefabricados, VSM y BIM-Lean en edificaciones residenciales evidencian que la mejora del desempeño no depende únicamente de acelerar la ejecución, sino de integrar mejor la planificación, la coordinación y el flujo de trabajo.



A nivel regional, la evidencia también sugiere que las mayores barreras de implementación no son solo técnicas, sino organizativas y culturales. La fragmentación contractual, la resistencia al trabajo colaborativo, la visión de Lean como “caja de herramientas” y la escasa integración entre diseño y obra siguen limitando el potencial transformador del enfoque. Por ello, los casos latinoamericanos más relevantes no son necesariamente los que aplican más herramientas, sino aquellos que consiguen alinear planificación, comunicación, coordinación y aprendizaje dentro del proyecto. Esta observación resulta especialmente útil para el presente TFM, ya que refuerza la necesidad de analizar Lean Construction no solo como una técnica de obra, sino como una estrategia integral de planificación.

## **2.5 Contexto del Sector Construcción en Lima (Perú)**

El mercado de edificación en Lima se caracteriza por una combinación de alta demanda, presión por plazos comerciales, heterogeneidad de agentes y fuerte dependencia de procesos de coordinación técnica y administrativa. En este entorno, los proyectos residenciales suelen desarrollarse bajo condiciones de estrecha competencia, márgenes ajustados y necesidad de respuesta rápida al mercado, lo que incrementa la sensibilidad del proyecto frente a retrasos, cambios y errores de planificación. A ello se suman factores locales como la tramitación municipal, la complejidad urbana, la logística en zonas densamente ocupadas y la frecuente subcontratación de paquetes especializados.

Desde el punto de vista de la gestión, una dificultad recurrente en Lima es la coexistencia de exigencias técnicas cada vez mayores con sistemas de planificación aún muy dependientes de enfoques tradicionales. En la práctica, esto se traduce en cronogramas poco robustos, coordinación tardía entre especialidades, información que madura de forma desalineada y una tendencia a trasladar a la obra problemas que debieron resolverse en etapas previas. El resultado habitual es un aumento de variabilidad en el corto plazo, pérdida de productividad y mayor exposición a sobrecostos y reprocesos. Esta situación ya se refleja en la introducción, la justificación y el planteamiento general del presente estudio.

En ese sentido, Lima constituye un contexto especialmente pertinente para analizar la aplicación de Lean Construction. La ciudad reúne precisamente las condiciones donde la filosofía Lean puede aportar más valor: alta interdependencia de actividades, necesidad de coordinación temprana, restricciones cambiantes y presión constante por mejorar la confiabilidad de la planificación. Por ello, el presente TFM no aborda el contexto limeño como un simple marco geográfico, sino como un entorno donde la mejora de la planificación tiene consecuencias directas sobre la competitividad, la estabilidad operativa y la sostenibilidad de los proyectos residenciales.



### 3 Situación actual del mercado de edificación en Lima

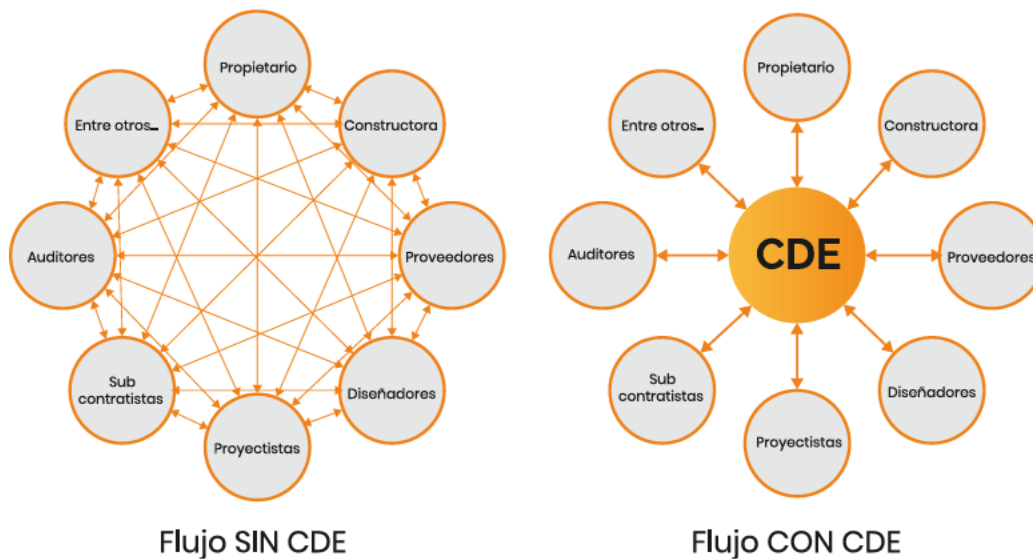
#### 3.1 Principales problemas en la gestión y planificación

Los principales problemas de gestión y planificación en los proyectos de edificación residencial en Lima pueden agruparse en cuatro categorías. La primera corresponde a la **fragmentación del proceso**, observable en la débil integración entre diseño, costos, suministros y obra. Cuando estas dimensiones se gestionan como secuencias aisladas, el proyecto pierde continuidad y aumenta la probabilidad de decisiones contradictorias o tardías.

La segunda categoría está relacionada con la **baja confiabilidad de la planificación**. En muchos proyectos, el cronograma maestro opera como una referencia contractual, pero no como una base realista de producción. Esto ocurre porque se programan actividades sin verificar suficientemente la liberación de restricciones, la madurez de la información o la disponibilidad efectiva de recursos. En consecuencia, el equipo termina reprogramando con frecuencia, absorbiendo retrasos y operando de forma reactiva.

La tercera categoría comprende los problemas de **coordinación técnica e informativa**. La ausencia de estándares claros para intercambio de información, revisión de entregables y cierre de decisiones técnicas favorece la aparición de incompatibilidades, omisiones y retrabajos. Este problema es especialmente crítico en proyectos residenciales, donde la coordinación entre arquitectura, estructuras, instalaciones y acabados condiciona directamente la estabilidad del plan.

Finalmente, aparece un problema transversal de **gestión de aprendizaje**. Muchas organizaciones identifican desvíos, pero no siempre transforman esa experiencia en conocimiento operativo reutilizable. Lean Construction insiste precisamente en este punto: el valor del control no está solo en medir cumplimiento, sino en entender por qué el sistema falla y cómo puede mejorar. Cuando ese aprendizaje no se institucionaliza, la variabilidad se repite de un proyecto a otro.



**Figura 3. Flujo tradicional vs flujo colaborativo con entorno común de datos.**

**Nota:** Adaptado de *La fórmula PDK* y BIM Forum Chile.

La Figura 3 muestra cómo un entorno común de datos (CDE) permite transformar un flujo fragmentado de información en un sistema centralizado y colaborativo. Esta centralización mejora la trazabilidad documental, facilita la identificación de incidencias, reduce errores por versiones no controladas y fortalece la coordinación entre los distintos agentes del proyecto.

### 3.2 Factores de variabilidad y riesgo más frecuentes

En los proyectos de edificación residencial en Lima, la variabilidad y los riesgos en la planificación provienen de múltiples fuentes que afectan tanto las etapas previas como la ejecución. Aunque tradicionalmente estos problemas suelen asociarse a la obra, en realidad gran parte de ellos se originan antes del inicio físico de la construcción, durante la definición de objetivos, la coordinación de diseño y la gestión de información.

Entre los factores más frecuentes destacan, en primer lugar, los **cambios tardíos de decisión**, ya sea por ajustes del promotor, redefiniciones comerciales o falta de alineación temprana entre los actores del proyecto. Estos cambios suelen alterar secuencias previamente previstas y generar reprocesos que impactan en plazo y costo. En segundo lugar, aparecen las **restricciones no identificadas o no resueltas oportunamente**, tales como interferencias entre especialidades, falta de información técnica, observaciones municipales, dependencias externas o ausencia de criterios de diseño consolidados.

Otro factor importante es la **fragmentación de la información**, propia de esquemas tradicionales donde cada especialista trabaja con escasa integración y



donde la documentación no se gestiona de forma centralizada. Esta situación incrementa la probabilidad de inconsistencias, versiones no controladas y decisiones basadas en información incompleta. Asimismo, en la fase de ejecución se suman factores como abastecimiento no sincronizado, secuencias poco confiables, disponibilidad variable de mano de obra y baja visibilidad de las restricciones del corto plazo.

Desde el enfoque Lean, estos factores no se consideran únicamente como incidentes aislados, sino como síntomas de un sistema de planificación insuficientemente articulado. Por ello, la reducción de la variabilidad exige intervenir en las causas raíz: coordinación temprana, planificación colaborativa, gestión visible de restricciones, control del flujo de información y compromiso explícito de los responsables. En este sentido, la planificación Lean en etapas previas representa una estrategia de prevención, mientras que herramientas como Lookahead y Last Planner System permiten sostener esa estabilidad durante la ejecución.

## **4 Análisis Comparativo de Metodologías de Planificación**

### **4.1 Planificación contractual tradicional**

La planificación contractual tradicional constituye el modelo de referencia dominante en buena parte de los proyectos de edificación y, por ello, resulta indispensable analizarla como punto de comparación frente al enfoque Lean Construction. Este modelo se apoya en cronogramas de largo plazo, programación secuencial de actividades, estructuras jerárquicas de decisión y mecanismos de control orientados principalmente al cumplimiento formal de plazos, costos y obligaciones contractuales. En términos generales, su propósito es establecer una línea base del proyecto y monitorear posteriormente las desviaciones respecto a dicha línea. Aunque este esquema ha permitido organizar y administrar una gran cantidad de proyectos, su desempeño se vuelve limitado cuando el entorno presenta alta incertidumbre, fuerte interdependencia entre procesos y necesidad de coordinación intensiva entre múltiples actores.

En la planificación contractual tradicional, el cronograma suele elaborarse al inicio del proyecto a partir de una lógica predictiva, con base en supuestos relativamente estables sobre secuencia, disponibilidad de recursos y tiempos de ejecución. A nivel formal, esta aproximación ofrece claridad en la definición de hitos, relaciones de precedencia y responsabilidades. Sin embargo, en la práctica, la confiabilidad del plan depende de condiciones que muchas veces no han sido verificadas con suficiente profundidad. Las restricciones no siempre son identificadas de forma anticipada, la información de diseño puede no estar completamente madura y las decisiones relevantes pueden permanecer abiertas al momento de programar. Como resultado, el cronograma contractual termina funcionando más como una expectativa de cumplimiento que como una representación fiel de la capacidad real de producción del proyecto.

Un rasgo distintivo de este modelo es la separación entre quienes planifican y quienes ejecutan. Las decisiones de programación suelen concentrarse en la dirección del proyecto o en áreas técnicas de oficina, mientras que los responsables directos de producir en obra participan de forma limitada o tardía en la construcción del plan. Esta distancia debilita la calidad de los compromisos y favorece una cultura de cumplimiento nominal más que una lógica de promesa confiable. Ballard (2000) criticó precisamente que muchos sistemas tradicionales de control se enfocan en detectar variaciones después del hecho, en lugar de crear las condiciones necesarias para que el plan pueda cumplirse. Desde esta perspectiva, la planificación contractual tradicional tiende a ser reactiva: registra el incumplimiento, pero no siempre previene sus causas.

Asimismo, este modelo suele operar con una fragmentación significativa entre etapas y agentes. El diseño, la presupuestación, la contratación, la ingeniería de detalle y la construcción se desarrollan a menudo como procesos separados, enlazados por entregables parciales que no siempre llegan con el nivel de



definición requerido. El Manual de Proceso de Productiva describe que, en un modelo tradicional, parte importante de los detalles constructivos y Engineer-To-Order se terminan desarrollando después de la adjudicación o incluso ya iniciada la obra, lo que provoca cierres tardíos de partidas, necesidad de recompatibilización y posibles variaciones en costo y plazo. Esta observación resulta particularmente relevante para el presente estudio, porque conecta directamente la planificación contractual tradicional con la generación temprana de variabilidad y riesgo.

Otra característica problemática es su limitada capacidad para gestionar la coordinación interdisciplinaria y el flujo de información. En ausencia de mecanismos colaborativos robustos, cada especialidad tiende a avanzar según sus propios tiempos y prioridades, lo que incrementa la posibilidad de incompatibilidades, omisiones y decisiones no alineadas. Cuando estos desajustes se descubren tarde, el proyecto entra en una dinámica correctiva: reprogramaciones, solicitudes de información, retrabajos, ampliaciones de plazo y ajustes presupuestarios. En lugar de estabilizar el proceso, la planificación contractual tradicional absorbe la complejidad del proyecto mediante controles posteriores, reuniones reactivas y presión sobre la ejecución.

Desde la perspectiva del riesgo, este modelo presenta una vulnerabilidad estructural frente a cambios de alcance, retrasos en aprobaciones, interferencias técnicas, fallas de suministro y oscilaciones de productividad. Como no siempre incorpora una preparación sistemática del trabajo ni un levantamiento visible de restricciones, el proyecto queda expuesto a una variabilidad que se manifiesta en obra con efectos acumulativos. En proyectos residenciales de Lima, esto puede traducirse en desviaciones del cronograma, sobrecostos por urgencias, pérdida de productividad por esperas y conflictos entre áreas técnicas y operativas. La gravedad del problema no reside únicamente en que existan imprevistos, sino en que el sistema de planificación tradicional tiene una capacidad limitada para anticiparlos y absorberlos sin deteriorar el desempeño global.

En consecuencia, la planificación contractual tradicional debe entenderse en este TFM no como un modelo erróneo en sí mismo, sino como un enfoque insuficiente para gestionar proyectos de edificación bajo condiciones de complejidad, cambio e interdependencia. Su principal debilidad es que privilegia la formalización del plan por encima de la fiabilidad del proceso mediante el cual ese plan se vuelve ejecutable. Esta diferencia es fundamental para el análisis comparativo del capítulo 4, ya que permite demostrar que la superioridad potencial del enfoque Lean no proviene solo del uso de herramientas distintas, sino de una lógica distinta de planificación: una lógica que busca preparar, coordinar y comprometer el trabajo antes de medir su cumplimiento.

| RESUMEN DE CRONOGRAMA MASTER POR MES     |        |      |      |      |      |       |       |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|------------------------------------------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| Etapas                                   | #Meses | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8    | 9                   | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   |  |  |
|                                          |        | 6/25 | 7/25 | 8/25 | 9/25 | 10/25 | 11/25 | 12/25 | 1/26 | 2/26                | 3/26 | 4/26 | 5/26 | 6/26 | 7/26 | 8/26 | 9/26 |  |  |
| Obras Preliminares y Provisionales       | 1,50   | 4    | 2    |      |      |       |       |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Excavación y Muro Anclado                | 2,50   | 3    | 4    |      |      |       |       |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Cimentación                              | 0,75   |      |      | 1    | 4    | 1     |       |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Cisterna                                 | 1,25   |      |      |      | 4    | 1     |       |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Casco Sótano                             | 2,00   |      |      |      |      | 3     | 1     |       |      |                     |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Casco Torre                              | 3,00   |      |      |      |      |       | 3     | 4     | 2    | 8 MESES DE ACABADOS |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Acabados Húmedos                         | 5,50   |      |      |      |      |       |       | 3     | 4    | 4                   | 4    | 4    | 1    |      |      |      |      |  |  |
| Acabados Secos                           | 7,50   |      |      |      |      |       |       |       |      | 2                   | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    |  |  |
| Entrega y Levantamiento de Observaciones | 2,25   |      |      |      |      |       |       |       |      |                     |      |      |      |      |      | 4    | 4    |  |  |

**Figura 4. Ejemplo de master plan tradicional, formato ejecutivo en edificaciones**

**Nota:** Elaboración propia

## 4.2 Planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction

La planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction se diferencia de la planificación contractual tradicional no solo por el uso de herramientas específicas, sino por una lógica distinta de gestión del proyecto. Mientras el enfoque tradicional se apoya en cronogramas predictivos y control correctivo, la planificación Lean busca estructurar un sistema confiable de producción mediante preparación del trabajo, identificación temprana de restricciones, colaboración entre actores y revisión continua del desempeño. Esta diferencia implica pasar de una planificación centrada en actividades a una planificación centrada en flujo, compromiso y generación de valor.

En proyectos desarrollados bajo enfoque Lean Construction, las salas Big Room o salas de producción constituyen espacios de coordinación en los que se llevan a cabo reuniones de planificación colaborativa. Su función principal es facilitar la interacción entre los actores clave del proyecto en un entorno visual, dinámico y orientado a la toma de decisiones, favoreciendo una comprensión compartida de hitos, restricciones y compromisos.



**Figura 5. Sala Big Room para planificación colaborativa.**

**Nota:** Renderizado de sala Big room o de producción, elaboración propia.

El uso de herramientas Lean busca generar compromisos reales entre los involucrados en el proyecto. Para ello, la participación de los industriales, subcontratistas y responsables directos de la producción resulta fundamental, ya que permite proyectar la planificación a cuatro semanas o más e identificar con anticipación restricciones de corto y mediano plazo que deben resolverse antes de ejecutar las actividades programadas. A partir de esta base, el seguimiento semanal del cumplimiento se realiza mediante el Porcentaje del Plan Completado (PPC), indicador que permite evaluar la fiabilidad de la programación. Asimismo, el análisis de las causas de no cumplimiento (CNC) facilita detectar cuellos de botella y definir acciones correctivas sobre los principales factores que limitan el avance.



**Figura 6. Reunión de planificación colaborativa en obra.**

**Nota:** Elaboración propia / imagen de referencia, según corresponda.

#### **4.2.1 Modelo Lean en etapas previas**

El modelo Lean en etapas previas propuesto en este trabajo parte de la premisa de que la reducción de la variabilidad y de los riesgos en la planificación depende, en gran medida, de la calidad de las decisiones adoptadas antes del inicio de la obra. En consecuencia, se propone una estructura de planificación previa basada en prácticas colaborativas y de control temprano para la gestión de preconstrucción.

El modelo se organiza en cinco componentes principales. El primero es la **definición temprana del valor y de los objetivos del proyecto**, entendiendo que los objetivos derivan del valor buscado por el propietario y constituyen la base para delimitar el alcance. Esta relación secuencial entre valor, objetivos y alcance permite dar coherencia a la planificación desde el inicio.

El segundo componente es la **planificación colaborativa del diseño mediante pull planning**, donde se establece la secuencia lógica de entregables y decisiones necesarias para alcanzar los hitos del expediente municipal y del expediente de obra. A diferencia del cronograma tradicional, este plan se construye con participación multidisciplinaria, visibilizando restricciones, dependencias y oportunidades de mejora, y cerrando con un compromiso explícito del equipo.

El tercer componente es la gestión del flujo de información, basada en criterios claros de intercambio documental, responsabilidades definidas y mecanismos de organización compartida de la información. Este componente busca asegurar que

la coordinación entre actores no dependa únicamente de intercambios parciales o tardíos, sino de un sistema más ordenado y trazable de comunicación técnica.

El cuarto componente es la **gestión activa de restricciones y decisiones**, materializada a través de reuniones de arranque, sesiones periódicas de revisión y sesiones ICE. En estas instancias se asignan responsables, se fijan plazos de levantamiento de restricciones y se formalizan acuerdos, evitando que los problemas permanezcan ocultos hasta llegar a obra.

El quinto componente es el **alineamiento temprano entre diseño y costo objetivo**, con el fin de prevenir desviaciones económicas derivadas de soluciones no compatibles con el presupuesto esperado del proyecto. Aunque este TFM no profundiza en el análisis financiero detallado, sí reconoce la importancia de incorporar el costo objetivo como variable de control en la planificación previa.

En conjunto, este modelo Lean en etapas previas mejora la confiabilidad del proceso de planificación, reduce incertidumbres acumuladas y genera mejores condiciones para la transición hacia la ejecución. En otras palabras, no sustituye la planificación de obra, sino que la prepara y la hace más robusta.

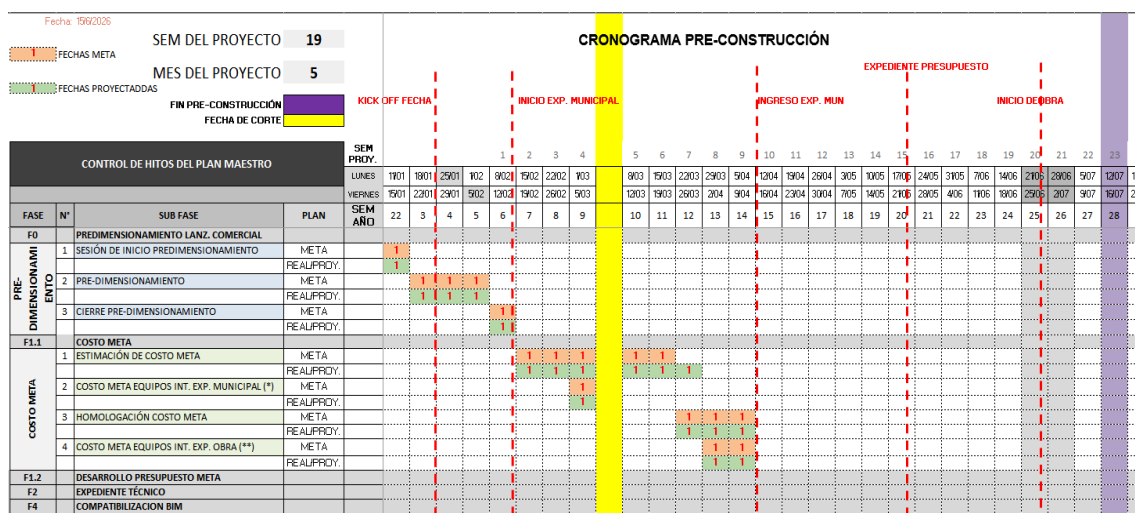


Figura 7. Esquema de master plan Lean en etapas previas, adaptado de la metodología PDK.

**Nota:** Elaboración propia adaptado de La fórmula PDK

### 4.3 Comparación de resultados: eficiencia, control y mitigación de riesgos

La comparación entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction permite identificar diferencias sustanciales en la manera en que cada modelo enfrenta la variabilidad y los riesgos del proyecto. En el enfoque tradicional, la planificación suele estructurarse mediante cronogramas rígidos y secuencias definidas de manera centralizada, con escasa participación de los actores responsables de la producción de información



y de la ejecución. Como consecuencia, los problemas de coordinación, las restricciones no resueltas y los cambios tardíos tienden a detectarse cuando ya afectan directamente el avance del proyecto.

En contraste, el enfoque Lean introduce una lógica preventiva y colaborativa. La incorporación de herramientas de planificación en etapas previas, como el pull planning de diseño, las sesiones ICE, la gestión de información mediante PEB y la identificación anticipada de restricciones, permite actuar sobre las causas de la variabilidad antes de que estas se traduzcan en retrasos, reprocesos o sobrecostos.

Desde el punto de vista de la **eficiencia**, el modelo Lean favorece una mejor secuencia de actividades y una reducción de tiempos improductivos asociados a esperas, falta de definición o conflictos entre especialidades. En términos de **control**, ofrece mayor visibilidad sobre el estado real del proceso de planificación, ya que las restricciones, incidencias y compromisos se hacen explícitos y se revisan de forma periódica. Finalmente, respecto a la **mitigación de riesgos**, el enfoque Lean reduce la probabilidad de eventos críticos al promover la toma temprana de decisiones, la alineación entre actores y la estabilización progresiva del flujo de trabajo.

Por ello, el valor principal del enfoque Lean no radica únicamente en hacer más eficiente la ejecución, sino en construir desde etapas previas una base de planificación más confiable, transparente y adaptable. Esa diferencia es especialmente relevante en el contexto de Lima, donde la incertidumbre, la fragmentación y la presión por plazos incrementan la exposición a la variabilidad.

#### **4.3.1 Comparación estructurada entre ambos enfoques**

Con el fin de hacer más explícita la diferencia entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction, la comparación se organiza a partir de criterios comunes vinculados con lógica de planificación, gestión de restricciones, coordinación, flujo de información, control operativo y aprendizaje del sistema. Este enfoque comparativo permite evaluar no solo herramientas específicas, sino la forma en que cada modelo enfrenta la variabilidad y los riesgos del proyecto.

**Tabla 1. Comparación entre planificación tradicional y planificación Lean en proyectos de edificación.**

| <b>Criterio</b>                          | <b>Planificación tradicional</b>                        | <b>Planificación Lean</b>                                                | <b>Efecto esperado sobre la variabilidad</b> |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Lógica de planificación</b>           | Programación secuencial, centralizada y de tipo push    | Planificación colaborativa, pull y basada en compromisos                 | Mayor confiabilidad del plan                 |
| <b>Gestión de restricciones</b>          | Las restricciones suelen detectarse tarde               | Las restricciones se identifican y levantan antes de comprometer trabajo | Menor interrupción del flujo                 |
| <b>Coordinación entre especialidades</b> | Fragmentada y por entregas parciales                    | Integrada mediante sesiones de coordinación, ICE y revisión periódica    | Menor retrabajo                              |
| <b>Flujo de información</b>              | Disperso y con riesgo de versiones no controladas       | Estructurado mediante PEB y CDE                                          | Mayor trazabilidad documental                |
| <b>Toma de decisiones</b>                | Reactiva y jerárquica                                   | Temprana, participativa y transparente                                   | Menor cambio tardío                          |
| <b>Control del corto plazo</b>           | Reprogramación reactiva                                 | Lookahead, planificación semanal y PPC                                   | Mayor estabilidad operativa                  |
| <b>Gestión del costo</b>                 | Ajustes posteriores frente a desvíos                    | Alineamiento temprano con costo objetivo                                 | Menor riesgo de sobre costo                  |
| <b>Aprendizaje del sistema</b>           | Se detectan desviaciones, pero con poco análisis causal | Se analizan causas de incumplimiento y se corrigen                       | Mejora continua                              |

**Nota:** Elaboración propia.

La comparación evidencia que la principal diferencia entre ambos enfoques no se encuentra únicamente en el uso de instrumentos distintos, sino en la estructura misma del sistema de planificación. Mientras el enfoque tradicional se apoya en una lógica de programación y corrección posterior, el enfoque Lean busca crear condiciones de ejecutabilidad antes del inicio del trabajo comprometido. En términos de variabilidad, ello implica pasar de una respuesta reactiva a una estrategia preventiva.

#### **4.3.2 Riesgos de planificación y respuesta Lean propuesta**

Para complementar la comparación anterior, se propone una matriz que relaciona los riesgos de planificación más frecuentes con sus causas principales, las

herramientas Lean que pueden contribuir a mitigarlos y los indicadores que permitirían monitorear su comportamiento. Esta matriz traduce el análisis conceptual a una lógica de gestión aplicable.

**Tabla 2. Riesgos en planificación y respuesta Lean propuesta**

| <b>Riesgo de planificación</b>      | <b>Causa principal</b>                              | <b>Herramienta Lean aplicable</b>                | <b>Indicador sugerido</b>                        | <b>Resultado esperado</b>                |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Cambios tardíos de diseño           | Falta de alineación temprana entre actores          | Definición de valor, pull planning, sesiones ICE | Número de cambios tardíos / tiempo de decisión   | Menor retrabajo, menor sobre costo       |
| Interferencias entre especialidades | Coordinación fragmentada                            | Big Room, revisión colaborativa, CDE             | Incidencias abiertas y cerradas                  | Menor conflicto técnico                  |
| Cronograma poco confiable           | Actividades programadas sin restricciones resueltas | Lookahead y log de restricciones                 | % de restricciones levantadas                    | Mayor ejecutabilidad, mayor trazabilidad |
| Sobre costo por rediseño            | Diseño desconectado del costo objetivo              | Costo objetivo, Costo meta                       | Brecha entre costo objetivo y costo desarrollado | Mejor estabilidad económica              |
| Reprogramación constante en obra    | Falta de preparación del trabajo                    | LPS, PPC y análisis de causas                    | PPC / causas de no cumplimiento                  | Mayor estabilidad de corto plazo         |
| Pérdida de información              | Gestión documental dispersa                         | PEB y CDE                                        | Número de incidencias documentales               | Mayor trazabilidad                       |

**Nota:** Elaboración propia

La matriz muestra que la variabilidad no debe interpretarse como una consecuencia inevitable del proyecto, sino como el resultado de fallos concretos de coordinación, definición, información o preparación del trabajo. Desde esta perspectiva, la filosofía Lean no actúa únicamente como un conjunto de herramientas de mejora, sino como un sistema de intervención sobre las causas que originan el riesgo.

#### 4.3.3 Master plan tradicional vs master plan Lean

La comparación entre el master plan tradicional y el master plan Lean permite visualizar de forma concreta cómo cada enfoque organiza y gestiona la planificación de un proyecto de edificación, más allá de las diferencias conceptuales ya descritas. En términos formales, ambos instrumentos buscan establecer una estructura temporal de referencia para el desarrollo del proyecto; sin embargo, su lógica de construcción, los actores que intervienen y la forma en que se gestionan las restricciones y los cambios difieren de manera sustancial.

El master plan tradicional (Figura 4) se elabora de forma centralizada, habitualmente por la dirección del proyecto o por un equipo técnico de oficina, con escasa participación de los responsables directos de la producción de información y de la ejecución. Su estructura suele seguir una lógica push, en la que las actividades se programan a partir de supuestos de duración y secuencia definidos unilateralmente, con duraciones estándar y márgenes generales no diferenciados. En la práctica limeña, este tipo de cronograma opera frecuentemente como una obligación contractual, con actualizaciones periódicas motivadas por desvíos ya producidos. Sus hitos son exigibles, pero la preparación del trabajo y la liberación de restricciones previas no forman parte del sistema de control.

El master plan Lean (Figura 7), en cambio, se construye mediante un proceso colaborativo de pull planning en el que los propios responsables de cada especialidad o paquete de trabajo participan en la definición de la secuencia, las dependencias y los hitos del proyecto. A partir de los objetivos del propietario y de los hitos principales (expediente municipal, expediente de obra, inicio de construcción), el equipo trabaja hacia atrás para identificar qué debe hacerse, en qué orden, con qué condiciones previas y con quién. Este proceso hace visibles las dependencias ocultas, reduce la sobreestimación de duraciones y genera un compromiso explícito del equipo con el plan resultante.

En términos de contenido, el master plan Lean incorpora elementos que el cronograma tradicional habitualmente omite: hitos de cierre de información, fechas de decisión, ventanas de coordinación entre especialidades, sesiones ICE programadas y márgenes diferenciados según la incertidumbre de cada fase. Asimismo, el plan Lean contempla mecanismos de revisión periódica y actualización colaborativa, de modo que los ajustes se incorporan con la participación de los responsables y no como correcciones impuestas desde la dirección. Esto mejora la confiabilidad del instrumento como herramienta de gestión y no solo como referencia contractual.

Desde el punto de vista del control de variabilidad, la diferencia más relevante entre ambos instrumentos no reside en su formato sino en su capacidad para anticipar y absorber cambios. El master plan tradicional, ante una restricción no resuelta o una decisión tardía, se actualiza de forma reactiva y distribuye el retraso hacia fases



posteriores. El master plan Lean, al incorporar la gestión de restricciones como parte estructural del proceso, permite identificar el problema antes de que impacte el cronograma y activar la respuesta correspondiente con mayor antelación. En el contexto de proyectos residenciales en Lima, esta diferencia tiene consecuencias directas sobre la estabilidad del plan, la coordinación entre actores y la exposición del proyecto a sobre costos y retrasos.

En síntesis, mientras el master plan tradicional define lo que “debe” cumplirse según el contrato, el master plan Lean define lo que “puede” cumplirse en función de las condiciones reales del sistema. Esta distinción, que Ballard (2000) coloca en el centro del Last Planner System, es igualmente válida en la fase de pre construcción: un plan maestro confiable no es necesariamente el más detallado, sino el que mejor refleja la capacidad real del equipo para producir información, tomar decisiones y ejecutar compromisos en el tiempo acordado.

#### **4.3.4 Validación de la propuesta mediante panel de expertos**

Con el propósito de reforzar la validez de la propuesta desarrollada en este trabajo, se contrastó el enfoque planteado mediante un panel de expertos. Esta validación no buscó sustituir la aplicación práctica del modelo en un caso real, sino recoger la percepción de profesionales con experiencia en proyectos de edificación sobre la viabilidad, utilidad y aplicabilidad de una planificación que articula etapas previas y ejecución bajo principios de Lean Construction.

La consulta se dirigió a un panel de 15 profesionales con experiencia en gestión de proyectos, planificación, control, producción en obra, coordinación técnica y Lean Construction. El instrumento consistió en una encuesta estructurada compuesta por preguntas cerradas en escala Likert y preguntas abiertas. Su objetivo fue valorar aspectos como la pertinencia del enfoque, la utilidad de la planificación colaborativa del diseño, la gestión visible de restricciones, la organización del flujo de información y la articulación entre etapas previas y ejecución mediante Lookahead Planning y Last Planner System.

En términos generales, los resultados evidenciaron una percepción favorable sobre la viabilidad del enfoque propuesto. La aplicabilidad global fue valorada positivamente por el 93,3 % de los expertos, y las preguntas de evaluación específica obtuvieron medias superiores a 4,0 sobre 5. Los componentes más valorados fueron la definición temprana de valor y objetivos, así como la articulación entre etapas previas y ejecución, mientras que las principales barreras identificadas fueron la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación y la baja madurez en coordinación e integración entre actores.

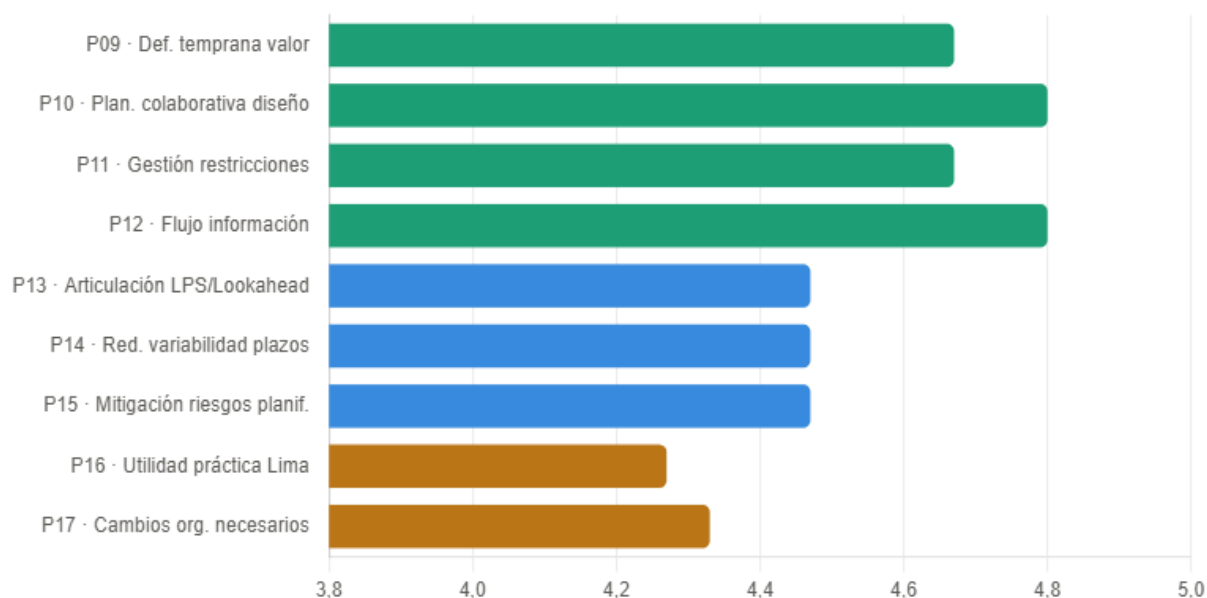
Estos resultados permiten reforzar la pertinencia del modelo propuesto, aunque también muestran que su implementación requiere no solo herramientas de planificación, sino cambios organizativos, claridad metodológica y mayor integración entre los agentes del proyecto.

**Tabla 3. Estructura de encuesta a panel de expertos**

| Bloque                        | Contenido                                | Objetivo                                            |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Perfil profesional</b>     | Cargo, experiencia y tipo de proyectos   | Caracterizar a los participantes                    |
| <b>Experiencia previa</b>     | Uso de Lean y planificación colaborativa | Identificar familiaridad con herramientas similares |
| <b>Viabilidad y utilidad</b>  | Valoración del enfoque propuesto         | Medir percepción sobre aplicabilidad y utilidad     |
| <b>Barreras y comentarios</b> | Dificultades y recomendaciones           | Identificar ajustes y limitaciones prácticas        |

**Nota:** Elaboración propia

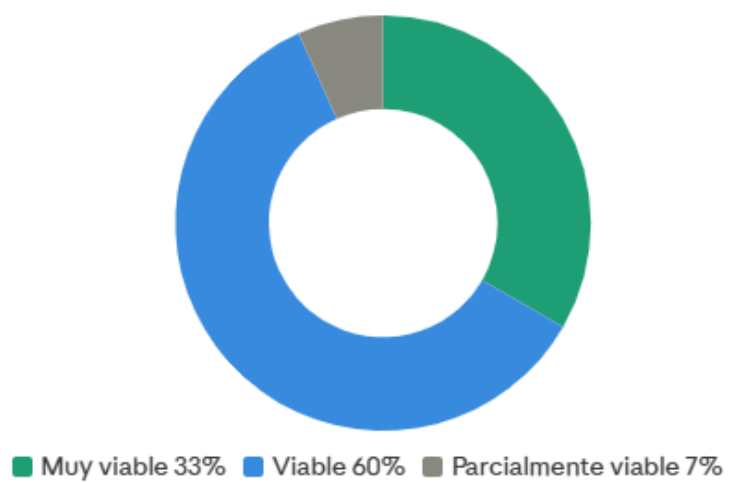
Cada barra muestra la media de los 15 expertos. Medias por encima de 4.0 indican alto consenso positivo.



**Figura 8. Valoración media de las hipótesis del enfoque propuesto**

**Nota:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada al panel de expertos.

P21 — APLICABILIDAD GLOBAL



*Figura 9. Aplicabilidad global del enfoque propuesto de planificación Lean*

**Nota:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada al panel de expertos.

## 5 Discusión de Resultados

Con el fin de precisar la contribución del presente trabajo frente a los antecedentes revisados, la Tabla 4 sintetiza los principales aportes diferenciales del TFM respecto a tesis y estudios previos utilizados como base conceptual y metodológica. Esta comparación permite justificar la originalidad relativa del trabajo no por la invención de herramientas nuevas, sino por la integración de enfoques existentes en una propuesta orientada específicamente a proyectos residenciales de Lima, con énfasis en etapas previas, reducción de variabilidad y validación experta.

*Tabla 4. Aportes del presente TFM respecto a tesis y antecedentes utilizados.*

| Antecedente                         | Enfoque principal                                                                               | Alcance o limitación del antecedente                                                                                  | Mejora o aporte del presente TFM                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Acero Condori (2017)</b>         | Procesos integrados de planificación y control en una empresa constructora del Perú             | Se centra en la integración de procesos dentro de una organización específica y en una lógica de control de proyectos | El presente TFM amplía el análisis hacia proyectos residenciales de Lima y propone un enfoque comparativo entre planificación tradicional y Lean, incorporando además la dimensión de variabilidad y riesgo en etapas previas y ejecución |
| <b>Alvarado Chávez (2021)</b>       | Beneficios de Lean Construction en empresas emergentes y grupos constructores exitosos          | Su foco está en la comparación de beneficios organizacionales y de gestión                                            | El presente TFM pasa de una lógica descriptiva de beneficios a una propuesta estructurada de planificación Lean, centrada en etapas previas, control de restricciones y continuidad hacia la ejecución                                    |
| <b>Alarcón Gutiérrez (2023)</b>     | Aplicación de herramientas Lean en la ejecución de un proyecto de agua potable y alcantarillado | Se orienta a infraestructura y principalmente a fase de ejecución                                                     | El presente TFM traslada el análisis al sector residencial de edificación y propone intervenir desde antes de la obra, no solo en la ejecución                                                                                            |
| <b>Ayala Valiente et al. (2017)</b> | Gestión de riesgos en un proyecto inmobiliario multifamiliar en fase de ejecución               | Se concentra en riesgos durante ejecución y en un enfoque de gestión tradicional de riesgos                           | El presente TFM integra la gestión de riesgos con Lean Construction y plantea una reducción preventiva de la variabilidad desde la preconstrucción                                                                                        |

|                                                               |                                                                                     |                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Juárez Aquino (2018)</b>                                   | Modelo basado en Lean y BIM para diseño, planificación y seguimiento de un proyecto | Integra Lean y BIM con énfasis en herramientas tecnológicas de soporte        | El presente TFM mantiene BIM y VDC como apoyo, pero recentra el análisis en la lógica de planificación Lean, la coordinación temprana, la gestión de restricciones y la viabilidad organizativa en Lima |
| <b>Rivas (2025)</b>                                           | Mejora de productividad en partidas de acero y encofrado mediante Lean Construction | Enfoque operativo y productivo sobre partidas específicas de obra             | El presente TFM eleva el análisis desde la productividad de partidas a la confiabilidad del sistema completo de planificación del proyecto                                                              |
| <b>Dávila Martínez (2025)</b>                                 | Efecto de Lean Construction en productividad de muros de contención                 | Se enfoca en productividad de un proceso constructivo particular              | El presente TFM propone una visión más sistémica, aplicable al proyecto residencial completo y no solo a una actividad específica                                                                       |
| <b>Verán-Leigh y Brioso (2021); Verán-Leigh et al. (2022)</b> | Aplicaciones Lean en proyectos residenciales en Lima                                | Aportan evidencia aplicada relevante, especialmente en producción y desempeño | El presente TFM sistematiza esa línea de trabajo y la reformula como propuesta de planificación integral desde etapas previas hasta obra, validada además con panel de expertos                         |

**Nota:** Elaboración propia

## 5.1 Interpretación de los hallazgos

La validación mediante panel de expertos permitió contrastar la propuesta desarrollada con la percepción de profesionales vinculados a la gestión, planificación y producción de proyectos de edificación. El panel estuvo conformado por 15 expertos, con predominio de experiencia entre 5 y 10 años y participación mayoritaria en proyectos residenciales y multifamiliares. Asimismo, la mayoría reportó experiencia previa en herramientas Lean Construction y en mecanismos de planificación colaborativa, lo que aporta consistencia técnica a la valoración emitida.

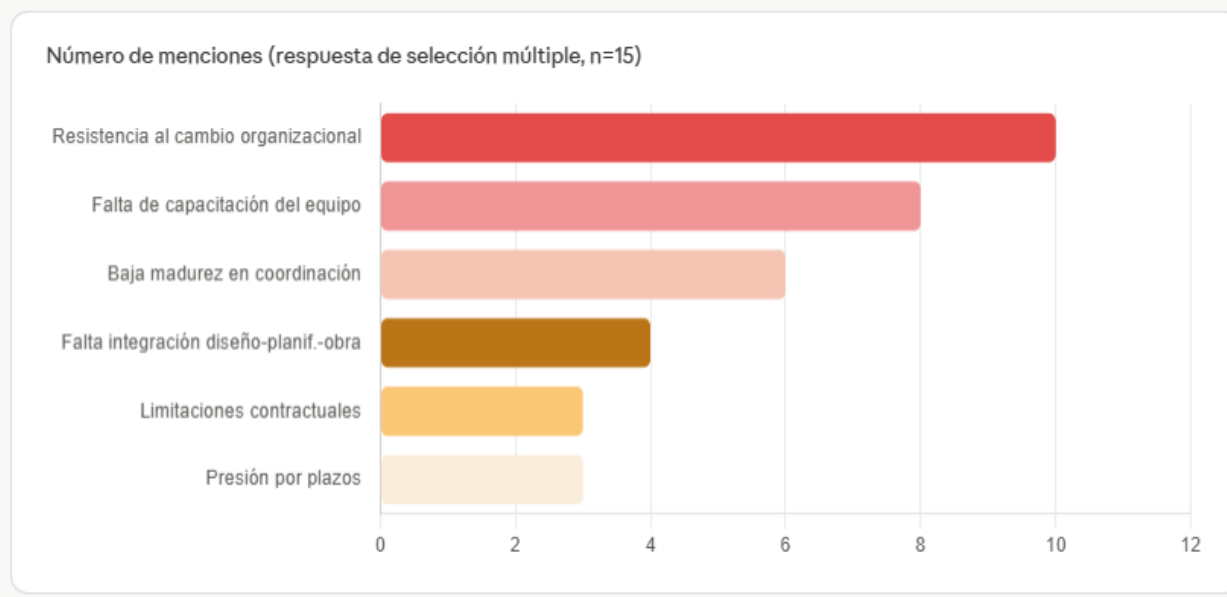
En términos generales, los resultados muestran una percepción favorable sobre la viabilidad y utilidad del enfoque propuesto. La valoración global de aplicabilidad fue positiva en el 93,3 % de los casos, al concentrarse las respuestas en las categorías “viable” y “muy viable”. Además, los ítems de evaluación específica

obtuvieron medias superiores a 4,0 sobre 5, destacando especialmente la planificación colaborativa del diseño, la gestión visible de restricciones y la organización del flujo de información.

Entre los componentes más valorados por los expertos destacan la definición temprana de valor y objetivos, así como la articulación entre etapas previas y ejecución. Este resultado refuerza la idea central del presente TFM, según la cual la reducción de la variabilidad y de los riesgos no depende únicamente del control de obra, sino de una mejor preparación del proyecto desde la preconstrucción.

No obstante, la encuesta también evidencia barreras relevantes para la implementación del enfoque, principalmente la resistencia al cambio organizacional, la falta de capacitación y la baja madurez en coordinación e integración entre actores. Asimismo, los expertos identifican como aspectos a reforzar la claridad metodológica, la definición de roles y responsabilidades y la integración entre diseño, planificación y ejecución. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la aplicabilidad del modelo es alta, pero su éxito dependerá de la capacidad organizativa de las empresas para asumir cambios culturales y de gestión.

#### P18 — BARRERAS DE IMPLEMENTACIÓN IDENTIFICADAS



*Figura 10. Principales barreras para la implementación del enfoque propuesto.*

**Nota:** Elaboración propia.

### P19 — COMPONENTES MÁS VALIOSOS

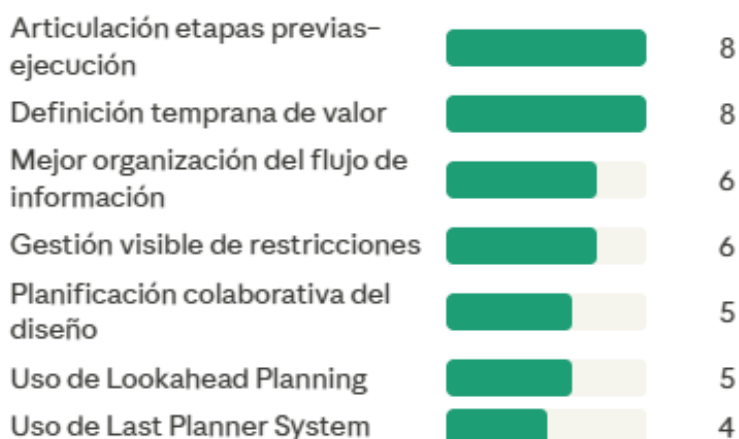


Figura 11. Componentes más valiosos del enfoque propuesto de planificación Lean

**Nota:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada al panel de expertos.

### P20 — MÁS DIFÍCILES DE IMPLEMENTAR

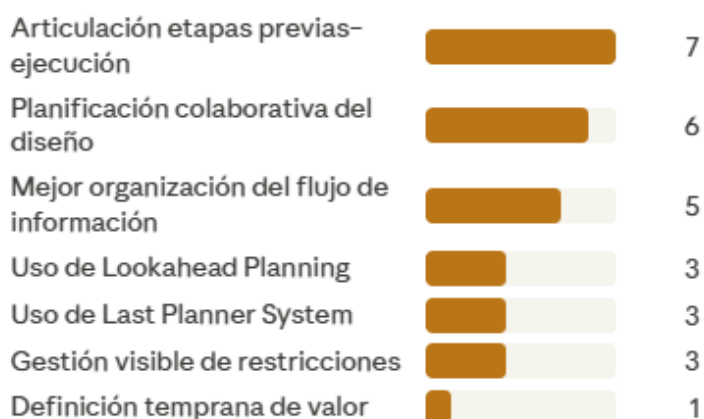


Figura 12. Componentes más difíciles de implementar del enfoque propuesto.

**Nota:** Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta aplicada al panel de expertos.

## 5.2 Impacto de Lean en la reducción de la variabilidad

El impacto de Lean Construction sobre la reducción de la variabilidad puede entenderse en tres niveles. En primer lugar, en el nivel informativo, mejora la calidad y trazabilidad de los entregables, reduciendo errores de coordinación y decisiones basadas en información incompleta. En segundo lugar, en el nivel organizativo, promueve una planificación más participativa y transparente, donde las restricciones y compromisos se hacen explícitos. Finalmente, en el nivel productivo, incrementa la confiabilidad del corto plazo al asegurar que el trabajo comprometido cuente con condiciones reales de ejecución.



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



Desde esta perspectiva, Lean no elimina por completo la incertidumbre, pero sí reduce la inestabilidad evitable del sistema. Su impacto más relevante consiste en transformar un proceso de planificación reactivo en uno progresivamente preventivo. En proyectos residenciales de Lima, ello se traduce en una mayor capacidad para anticipar interferencias, disminuir retrabajos, mejorar la coordinación entre especialidades y sostener una ejecución más estable frente a cambios o contingencias.

## 6 Aplicabilidad en proyectos residenciales de Lima

### 6.1 Limitaciones del estudio

El presente estudio presenta, en primer lugar, una limitación de alcance empírico, dado que no se basa en una campaña extensa de observación directa en múltiples proyectos, sino en una combinación de revisión documental, análisis comparativo y construcción de un modelo conceptual aplicado al contexto limeño. En segundo lugar, la heterogeneidad del mercado residencial en Lima implica que no todos los proyectos presentan el mismo nivel de complejidad, madurez organizativa o capacidad de adopción Lean, por lo que las conclusiones deben interpretarse con criterio de contextualización.

Además, el trabajo no desarrolla un análisis contractual detallado ni una modelización financiera exhaustiva del costo objetivo, sino que se concentra en la planificación como sistema de gestión. Finalmente, la evidencia disponible en la literatura Lean todavía presenta una asimetría entre abundancia de casos aplicados y menor cantidad de estudios con métricas comparativas robustas, lo que obliga a mantener prudencia al generalizar resultados. Esa cautela metodológica es consistente con revisiones recientes sobre evidencia de mejora de desempeño en Lean Construction.

Asimismo, la validación mediante panel de expertos constituye una aproximación útil para valorar la pertinencia del modelo propuesto; sin embargo, no sustituye la comprobación empírica derivada de su implementación y seguimiento en proyectos reales. Por ello, sus resultados deben interpretarse como una validación de percepción especializada y no como una verificación plena del desempeño operativo del modelo.

### 6.2 Recomendaciones de implementación por fase (etapas previas y obra)

Para proyectos residenciales de Lima, la implementación de Lean Construction debería plantearse de manera progresiva y por fases. En las **etapas previas**, la prioridad debe situarse en la alineación temprana de objetivos, la planificación colaborativa del diseño, la gestión visible de restricciones y la estructuración del flujo de información mediante entornos comunes de datos, estándares BIM y rutinas de coordinación. En esta fase, el uso de pull planning de diseño, sesiones ICE y control de incidencias resulta especialmente recomendable.

En la **transición hacia obra**, la empresa debe asegurar que los hitos de diseño, abastecimiento y liberación de frentes se encuentren conectados con una lógica de ejecutabilidad. No se trata de trasladar un cronograma desde oficina a campo, sino de convertir la información previa en trabajo realmente realizable. Para ello, conviene integrar la lógica del plan maestro con fases intermedias y mecanismos de preparación de trabajo.



Durante la **ejecución**, la recomendación principal es consolidar un sistema Last Planner con reuniones periódicas, lookahead planning, seguimiento del PPC, análisis de causas de incumplimiento y gestión visual de restricciones. La adopción aislada de una sola herramienta suele producir mejoras parciales; en cambio, la articulación entre preconstrucción y producción es la que permite resultados más estables.

### 6.3 Líneas futuras

Las futuras investigaciones deberían profundizar en la validación empírica del modelo propuesto mediante estudios de caso en proyectos residenciales de Lima, con seguimiento longitudinal de indicadores como PPC, restricciones liberadas, incidencias de coordinación y desviación de hitos. También sería pertinente analizar de manera más específica la interacción entre Lean Construction, BIM, VDC y prefabricación en proyectos de mediana y alta densidad urbana.

Otra línea de interés consiste en estudiar la relación entre cultura organizacional y madurez Lean, ya que muchas de las barreras observadas en la implementación no son estrictamente técnicas, sino conductuales y de gobernanza. Finalmente, sería valioso comparar proyectos que aplican Lean solo en obra frente a proyectos que extienden la lógica Lean a diseño y preconstrucción, con el fin de medir con mayor precisión el efecto de actuar tempranamente sobre la variabilidad.



## 7 Conclusiones y Recomendaciones

### 7.1 Cumplimiento de objetivos

El **objetivo general** del presente Trabajo Fin de Máster se cumple mediante el análisis de la aplicación de Lean Construction para la reducción de la variabilidad y los riesgos en la planificación de proyectos de edificación residencial en Lima, combinando revisión teórica, análisis comparativo entre enfoques y validación mediante panel de expertos.

El **primer objetivo específico**, referido a identificar las principales limitaciones de la planificación contractual tradicional en proyectos de edificación residencial en Lima, se cumple a través del desarrollo del marco teórico y del análisis comparativo, donde se evidencian problemas recurrentes de baja confiabilidad del plan, identificación tardía de restricciones, débil coordinación entre especialidades y limitada capacidad de respuesta ante la variabilidad del proyecto.

El **segundo objetivo específico**, orientado a describir los principios, herramientas y mecanismos de Lean Construction aplicables a la planificación de proyectos de edificación, se cumple en el marco teórico, donde se analizan los fundamentos de la filosofía Lean y herramientas como pull planning, sesiones ICE, Lookahead Planning, Last Planner System, gestión visual de restricciones y mecanismos de mejora continua.

El **tercer objetivo específico**, relativo a analizar el aporte de la planificación Lean en etapas previas, se cumple mediante el estudio de herramientas aplicables a la preconstrucción y, especialmente, a través de la formulación de un modelo estructurado que integra definición temprana del valor, planificación colaborativa del diseño, gestión del flujo de información, gestión activa de restricciones y alineamiento temprano con el costo objetivo.

El **cuarto objetivo específico**, centrado en evaluar la continuidad de la planificación Lean hacia la fase de ejecución, se cumple mediante el análisis de la relación entre las etapas previas y la obra, destacando el papel de Lookahead Planning y Last Planner System como mecanismos que permiten dar continuidad operativa a una planificación mejor preparada desde la preconstrucción.

El **quinto objetivo específico**, orientado a comparar ambos enfoques en términos de eficiencia, control, mitigación de riesgos y reducción de la variabilidad, se cumple en el capítulo de análisis comparativo, donde se muestran diferencias sustanciales entre el modelo contractual tradicional y el enfoque Lean, tanto en lógica de planificación como en confiabilidad del sistema.



El **sexto objetivo específico**, referido a proponer recomendaciones de aplicación para proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana, se cumple a partir de las recomendaciones de implementación formuladas en el trabajo, así como de la interpretación de los hallazgos obtenidos en la validación experta.

## 7.2 Contribuciones

La principal contribución del presente TFM consiste en proponer una aproximación de planificación Lean aplicada específicamente a proyectos residenciales en Lima, desplazando el análisis desde la mejora puntual en obra hacia una preparación más confiable del proyecto desde etapas previas.

El trabajo aporta, en primer lugar, una comparación estructurada entre la planificación contractual tradicional y la planificación optimizada bajo enfoque Lean Construction, mostrando que la diferencia entre ambos modelos no reside únicamente en herramientas distintas, sino en una lógica distinta de planificación: más colaborativa, preventiva y orientada a la generación de valor.

En segundo lugar, el estudio formula un modelo de planificación Lean en etapas previas compuesto por cinco elementos: definición temprana del valor, planificación colaborativa del diseño, gestión del flujo de información, gestión activa de restricciones y alineamiento temprano con el costo objetivo. Esta propuesta organiza y adapta referencias teóricas y aplicadas al contexto de proyectos residenciales en Lima.

En tercer lugar, el trabajo incorpora una validación mediante panel de expertos, lo que permite contrastar la viabilidad y utilidad de la propuesta con profesionales vinculados a planificación, gestión, producción y coordinación de proyectos de edificación. Esta validación aporta consistencia práctica al enfoque desarrollado.

Finalmente, el TFM contribuye a reforzar la idea de que la reducción de la variabilidad y de los riesgos en la planificación no depende exclusivamente del control en obra, sino de una mejor preparación del proyecto desde la preconstrucción.

## 7.3 Recomendaciones

Se recomienda a las empresas promotoras, constructoras y consultoras del sector residencial en Lima reforzar la planificación desde las etapas previas del proyecto, evitando concentrar los esfuerzos de mejora únicamente en la fase de ejecución.

En términos prácticos, conviene incorporar progresivamente herramientas y dinámicas de planificación colaborativa, tales como definición temprana de valor, pull planning de diseño, sesiones ICE, gestión visible de restricciones y organización estructurada del flujo de información, vinculando estas prácticas con



la preparación del trabajo en obra mediante Lookahead Planning y Last Planner System.

Asimismo, se recomienda evitar una implementación reduccionista de Lean Construction basada en la adopción aislada de una única herramienta. El verdadero potencial del enfoque se alcanza cuando existe continuidad entre valor, diseño, planificación intermedia y producción.

También se considera recomendable acompañar la implementación con acciones de capacitación, definición clara de roles, fortalecimiento de la coordinación interdisciplinaria y mejora progresiva de la cultura organizativa, dado que una parte importante de las barreras identificadas no es exclusivamente técnica, sino también cultural y de gestión.

Desde el punto de vista profesional, el trabajo sugiere que los ingenieros y responsables de proyecto adopten una visión más preventiva de la planificación, orientada no solo al control de hitos, sino a la creación de condiciones reales de ejecutabilidad.

#### **7.4 Limitaciones**

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados.

En primer lugar, la investigación se centra en proyectos residenciales de obra nueva en Lima Metropolitana, por lo que sus conclusiones no deben extrapolarse automáticamente a otros tipos de proyectos o contextos territoriales.

En segundo lugar, el trabajo se apoya en revisión documental, análisis comparativo y validación mediante panel de expertos, pero no incluye la implementación piloto del modelo en un caso real. En consecuencia, los resultados obtenidos deben interpretarse como una validación conceptual y de percepción especializada, y no como una comprobación empírica plena del desempeño operativo del modelo.

En tercer lugar, el estudio no desarrolla un análisis contractual detallado ni una modelización financiera exhaustiva del costo objetivo, ya que se concentra en la planificación como sistema de gestión. Asimismo, aunque incorpora referencias a BIM, VDC y entornos comunes de datos, estos elementos se consideran herramientas de soporte y no constituyen el eje principal del análisis.

Finalmente, la propia heterogeneidad del mercado residencial en Lima implica que el grado de adopción y madurez Lean puede variar entre organizaciones, lo que introduce cautela al generalizar las recomendaciones propuestas.



## 7.5 Proyecciones

Como proyección, este TFM abre la posibilidad de avanzar hacia modelos de planificación cada vez más integrados, en los que Lean Construction, BIM, VDC y esquemas colaborativos de entrega de proyectos converjan en una estrategia común de gestión.

Una línea futura de desarrollo consiste en validar empíricamente el modelo propuesto mediante estudios de caso aplicados a proyectos residenciales reales en Lima, incorporando indicadores comparables antes y después de la implementación, tales como PPC, restricciones liberadas, incidencias de coordinación, desviación de hitos y estabilidad del flujo de trabajo.

Otra proyección relevante es profundizar en la relación entre madurez organizativa y adopción Lean, dado que los resultados obtenidos muestran que buena parte de las barreras de implementación se vinculan con factores culturales, de capacitación y de coordinación entre actores.

Finalmente, el trabajo permite sentar una base metodológica para futuras investigaciones orientadas a medir con mayor precisión el impacto de actuar tempranamente sobre la variabilidad y el riesgo, ampliando la discusión desde una perspectiva conceptual hacia una validación más sólida y replicable en el contexto peruano.

## 8 Bibliografía

Acero Condori, R. C. (2017). *Propuesta metodológica de procesos integrados de planificación y control para proyectos privados de construcción. Caso: gran empresa constructora en el Perú* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/20.500.12920/6524/1/J8.1510.MG.pdf>

Agencia Andina. (2025, 10 de febrero). *Sector construcción de Perú crecerá 3,5% en 2025 favorecido por la inversión privada*. AméricaEconomía.

<https://www.americaeconomia.com/economia-y-mercados/sector-construccion-de-peru-crecera-35-en-2025-favorecido-por-la-inversion>

Alarcón Gutiérrez, R. R. (2023, febrero 16). *Aplicación de herramientas de Lean Construction en la ejecución de un proyecto de agua potable y alcantarillado* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP.

<https://hdl.handle.net/20.500.12404/24295>

Alvarado Chávez, L. P. (2021, octubre 20). *Filosofía Lean Construction: Comparación de beneficios en empresas emergentes y grupos constructores exitosos* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP.

<https://tesis.pucp.edu.pe/items/67fe6080-a4a6-4dd9-8cff-8803d30b03b0>

American Institute of Architects California Council. (2007). *Integrated project delivery: A guide*. The American Institute of Architects.

Ayala Valiente, J., Espinoza Chacaltana, H., & Ríos Delgado, A. (2017). *Implementación de un sistema de gestión de riesgos en un proyecto inmobiliario multifamiliar, fase de ejecución, en la ciudad de Lima* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.

<http://hdl.handle.net/10757/622696>

Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of production control* (Doctoral dissertation, University of Birmingham). University of Birmingham eTheses Repository. <https://etheses.bham.ac.uk/4789/1/Ballard00PhD.pdf>

Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/09613210301997>

Ballard, G., Vaagen, H., Kay, W., Stevens, B., & Pereira, M. (2020). Extending the Last Planner System® to the entire project. *Lean Construction Journal*, 42–77.

<https://doi.org/10.60164/h8e1d6f7g>

BIM Forum Chile. (2018, mayo). *Artículo técnico N.º 03: Gestión documental para BIM*. <https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2018/05/BIM-Forum-Chile-2017-11-AT-03-Gesti%C3%B3n-Documental.pdf>



Castillo Quispe, A. K., & Cano Carreño, W. D. (2024). *Optimización de la productividad de una planta de concreto en proyectos de vivienda económica masiva aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/26887>

Chen, D., Thomas, H. R., Horman, M. J., & Minchin, R. E. (2003). Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(3), 251–261.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:3\(251\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(251))

Dávila Martínez, K. M. (2025). *Efecto de Lean Construction en la productividad de la construcción de muros de contención en la Avenida Country, Nuevo Chimbote* [Tesis, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/5008>

Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2020). *Lean project delivery and integrated practices in modern construction*. Routledge.

<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780429458989/lean-project-delivery-integrated-practices-modern-construction-lincoln-forbes-syed-ahmed>

Fosse, R., & Ballard, G. (2016). Lean design management with the Last Planner System. In *Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 33–42). <https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Fosse-and-Ballard-2016-Lean-Design-Management-in-Practice-With-the-Last-Planner-System.pdf>

Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2012). Rethinking lookahead planning to optimize construction workflow. *Lean Construction Journal*, 2012, 15–34.

<https://doi.org/10.60164/g3c3a1f5c>

Hill, K., Copeland, K., & Pikel, C. (2017). *Target value delivery: Practitioner guidebook to implementation*. Lean Construction Institute. [https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/08/08153353/TargetValueDelivery\\_02.19\\_01.pdf](https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/08/08153353/TargetValueDelivery_02.19_01.pdf)

Juárez Aquino, E. A. (2018). *Modelo basado en Lean y BIM para el diseño, planificación y seguimiento de un proyecto de edificación y el aporte de los UAV* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12412>

Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2008). Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project. *Journal of Information Technology in Construction*, 13, 324–342.

<https://www.itcon.org/2008/22>

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (CIFE Technical Report No. 72). Stanford University.

<https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>



Lean Construction Institute. (s.f.-a). *The Last Planner System*®.

<https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>

Lean Construction Institute. (s.f.-b). *Integrated Project Delivery (IPD)*.

<https://leanconstruction.org/lean-topics/integrated-project-delivery-ipd/>

Marquina Barrera, C. G., Gutierrez Lazarte, F., & Chavez Ñaupari, F. (2025). *La fórmula PDK: Preconstrucción colaborativa para proyectos de edificaciones* (1.<sup>a</sup> ed.). PDK Peru S.R.L.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2025). *PBI del sector construcción: Informe estadístico mensual*.

[https://ww3.vivienda.gob.pe/destacados/estadistica/62\\_PBI-CONSTRUCCIONr.pdf](https://ww3.vivienda.gob.pe/destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCIONr.pdf)

Oakland, J. S., & Marosszeky, M. (2017). *Total construction management: Lean quality in construction project delivery*. Routledge.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315694351/total-construction-management-john-oakland-marton-marosszeky>

Rivas, H. D. (2025). *Implementación del enfoque Lean Construction para la mejora de la productividad en las partidas de acero y encofrado del proyecto NITOA V en el distrito de Surquillo – Perú* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/44320>

Thomas, H. R., Horman, M. J., de Souza, U. E. L., & Završki, I. (2002). Reducing variability to improve performance as a lean construction principle. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(2), 144–154.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:2\(144\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:2(144))

Tommelein, I. D., Riley, D., & Howell, G. A. (1999). Parade game: Impact of work flow variability on trade performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), 304–310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:5\(304\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:5(304))

Verán-Leigh, D., & Brioso, X. (2021). Implementation of Lean Construction as a solution for the COVID-19 impacts in residential construction projects in Lima, Peru. In *Proceedings of the 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 923–932). <https://doi.org/10.24928/2021/0215>

Verán-Leigh, D., Murguía, D., Brioso, X., & Calmet, M. (2022). Evaluation of construction performance with the use of LPS and precast slabs in residential buildings. In *Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 1144–1154). <https://doi.org/10.24928/2022/0224>



## 9 Anexos

### Anexo 1: Instrumento de encuesta aplicado al panel de expertos

## Encuesta a expertos sobre la viabilidad de una propuesta de planificación Lean en proyectos de edificación en Lima

La presente encuesta forma parte de un Trabajo Fin de Máster orientado a analizar una propuesta de mejora de la planificación en proyectos de edificación residencial en Lima, basada en principios de Lean Construction.

La propuesta considera, de manera integrada, los siguientes componentes:

- Definición temprana de valor y objetivos del proyecto;
- Planificación colaborativa del diseño;
- Identificación y gestión de restricciones;
- Organización del flujo de información y de la coordinación entre especialidades;
- Articulación entre etapas previas y ejecución mediante Lookahead Planning y Last Planner System.

El objetivo de esta encuesta es recoger la percepción de profesionales del sector sobre la viabilidad, utilidad y aplicabilidad práctica de este enfoque en el contexto de Lima.

La encuesta es anónima, tiene fines exclusivamente académicos y su duración estimada es de 5 a 7 minutos.

Muchas gracias por su colaboración.

\* Indica que la pregunta es obligatoria

### PERFIL PROFESIONAL

P01. ¿Cuál es su cargo actual? \*



*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Gerente de proyecto
- ☐ Jefe de proyecto
- ☐ Jefe de producción
- ☐ Jefe de oficina técnica
- ☐ Planner / Planificador
- ☐ Coordinador de diseño
- ☐ Consultor Lean Construction
- ☐ Residente / Jefe de obra
- ☐ Otro

P02. ¿Cuántos años de experiencia profesional tiene en el sector construcción? \*

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Menos de 5 años
- ☐ Entre 5 y 10 años
- ☐ Entre 11 y 15 años
- ☐ Más de 15 años

P03. ¿Cuál es su principal área de experiencia? \*

*Marca solo un óvalo.*



Planificación y control

- ☐ Producción en obra
- ☐ Oficina técnica
- ☐ Diseño y coordinación
- ☐ Gestión de proyectos
- ☐ Consultoría
- ☐ Otra

P04. ¿En qué tipo de proyectos tiene mayor experiencia? \*

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Residencial / multifamiliar
- ☐ Comercial / Retail
- ☐ Infraestructura / Obra civil
- ☐ Industrial
- ☐ Mixto
- ☐ Otro

EXPERIENCIA PREVIA

P05. ¿Ha participado en proyectos donde se aplicaran herramientas Lean Construction? \*



*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí, de forma frecuente
- ☐ Sí, de forma ocasional
- ☐ He tenido contacto parcial
- ☐ No

P06. ¿Ha participado en proyectos donde se aplicaron herramientas de planificación colaborativa en etapas previas, como pull planning de diseño, sesiones ICE, Big Room, gestión de restricciones o mecanismos similares? *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí, de forma frecuente
- ☐ Sí, de forma ocasional
- ☐ He tenido contacto parcial
- ☐ No

P07. En su experiencia, ¿qué tan útil ha sido la aplicación de este tipo de herramientas para mejorar la planificación del proyecto? \*

*Marca solo un óvalo.*

| 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Nada útil             |                       | Muy útil              |                       |                       |

P08. En su experiencia, ¿en qué etapa considera que estas herramientas generan mayor impacto? \*



*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Etapas previas / preconstrucción
- ☐ Ejecución de obra
- ☐ Ambas por igual
- ☐ No tengo experiencia suficiente para responder

## VIABILIDAD Y UTILIDAD DE LA PROPUESTA

A continuación, se solicita valorar la viabilidad y utilidad de una propuesta de planificación que integra definición temprana de valor, planificación colaborativa del diseño, gestión de restricciones, mejor organización del flujo de información y articulación con la ejecución mediante Lookahead Planning y Last Planner System.

P09. Una planificación que comience desde etapas previas, con definición temprana de objetivos y valor, puede mejorar la calidad del proceso de planificación en proyectos residenciales.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P10. La planificación colaborativa del diseño puede contribuir a reducir cambios tardíos y reprocesos en proyectos de edificación.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P11. La gestión visible de restricciones antes del inicio de la obra puede mejorar la ejecutabilidad del proyecto.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P12. Una mejor organización del flujo de información y de la coordinación entre especialidades puede reducir errores, interferencias y retrabajos.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P13. La articulación entre etapas previas y ejecución mediante Lookahead Planning y Last Planner System resulta adecuada para proyectos residenciales.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P14. La aplicación de Lean Construction en etapas tempranas del proyecto podría ayudar a reducir la variabilidad en plazos, coordinación y secuencia de trabajo.

*Marca solo un óvalo.*

| 1                        | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Totalmente en desacuerdo |                       |                       | Totalmente de acuerdo |                       |

P15. El enfoque propuesto de planificación Lean podría ayudar a mitigar riesgos de planificación asociados al diseño, la coordinación y la información.

*Marca solo un óvalo.*



1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

P16. El enfoque propuesto de planificación Lean tendría utilidad práctica para constructoras, promotoras o consultoras del sector en Lima.

*Marca solo un óvalo.*

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

P17. La aplicación del enfoque propuesto de planificación Lean requeriría cambios organizativos importantes dentro de las empresas.

*Marca solo un óvalo.*

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

## BARRERAS Y COMENTARIOS

P18. ¿Cuál considera que sería la principal barrera para implementar el enfoque propuesto de planificación Lean en proyectos \* residenciales de Lima?

*Selecciona todos los que correspondan.*



- ☐ Resistencia al cambio organizacional
- ☐ Falta de capacitación del equipo
- ☐ Falta de integración entre diseño, planificación y obra
- ☐ Limitaciones contractuales o de gestión
- ☐ Baja madurez en coordinación y flujo de información
- ☐ Presión por plazos de proyecto
- ☐ Otra

P19. ¿Cuáles considera que serían los componentes más valiosos del enfoque propuesto de planificación Lean? \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- ☐ Definición temprana de valor y objetivos
- ☐ Planificación colaborativa del diseño
- ☐ Gestión visible de restricciones
- ☐ Mejor organización del flujo de información
- ☐ Articulación entre etapas previas y ejecución
- ☐ Uso de Lookahead Planning
- ☐ Uso de Last Planner System
- ☐ Otro

P20. ¿Cuáles considera que serían los componentes más difíciles de implementar del enfoque propuesto de planificación Lean? \*

*Selecciona todos los que correspondan.*



- ☐ Definición temprana de valor y objetivos
- ☐ Planificación colaborativa del diseño
- ☐ Gestión visible de restricciones
- ☐ Mejor organización del flujo de información
- ☐ Articulación entre etapas previas y ejecución
- ☐ Uso de Lookahead Planning
- ☐ Uso de Last Planner System
- ☐ Otro

P21. En términos generales, ¿Cómo valora la aplicabilidad del enfoque propuesto de planificación Lean en proyectos residenciales \* de Lima?

*Marca solo un óvalo.*

- ☐ Muy viable
- ☐ Viable
- ☐ Parcialmente viable
- ☐ Poco viable
- ☐ No viable
- ☐

P22. ¿Qué aspectos considera que deberían reforzarse para mejorar la aplicabilidad del enfoque propuesto de planificación Lean? \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- ☐ Mayor claridad metodológica
- ☐ Mayor adaptación al contexto local
- ☐ Mayor integración entre actores del proyecto
- ☐ Mayor definición de herramientas por etapa
- ☐ Mayor claridad en roles y responsabilidades
- ☐ Mayor soporte organizativo de la empresa
- ☐ Mayor formación del personal
- ☐ Otro



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



P23. Si lo considera conveniente, puede añadir una observación final o recomendación sobre la aplicación del enfoque propuesto de planificación Lean en proyectos residenciales de Lima.

## Anexo 2: Resultados complementarios

### P22 — ASPECTOS A REFORZAR PARA MEJORAR LA APLICABILIDAD

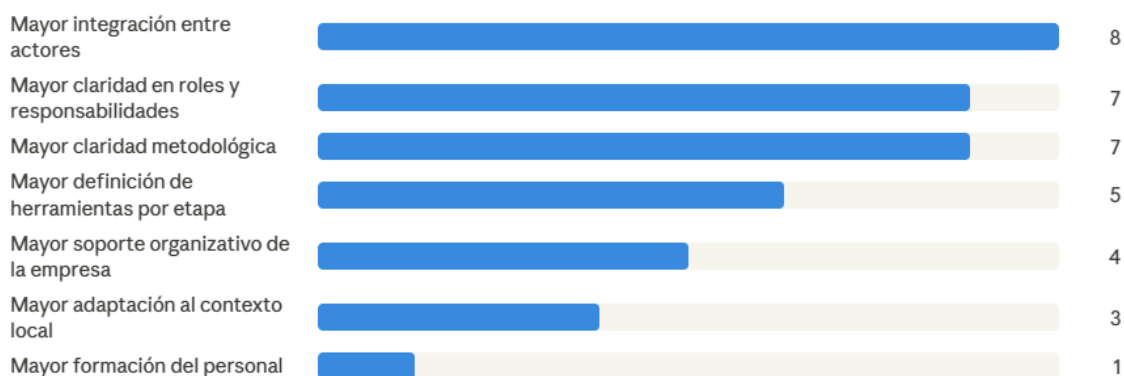


Figura 13. Aspectos a reforzar para mejorar la aplicabilidad del enfoque propuesto.

**Nota:** Elaboración propia a partir de las respuestas obtenidas en la encuesta.

### P23 — OBSERVACIONES ABIERTAS DE LOS EXPERTOS

#### Experto 1

Trazabilidad entre la etapa de diseño y ejecución, brindando capacitación al personal y mejorando el flujo de información.

#### Experto 2

Mayor capacitación y entregables para el staff de obra.

#### Experto 3

Se recomienda fortalecer la implementación de herramientas Lean desde las etapas iniciales del proyecto, promoviendo una planificación colaborativa entre todas las especialidades involucradas.

#### Experto 4

Es necesario que los equipos estén capacitados para implementar esta metodología; con ello se debe buscar crear una cultura de empresa que domine cada herramienta Lean.

#### Experto 5

Considera integrar BIM con el Last Planner para tener una mejor identificación de interferencias antes de ejecutar. La actualización debe ser constante por todos los involucrados.

#### Experto 6

Mayor implicancia del staff de obra en etapas previas, además de una transferencia detallada y limpia entre fases de preconstrucción y ejecución.

Figura 14. Observaciones abiertas.

**Nota:** Elaboración propia a partir de las respuestas obtenidas en la encuesta.