



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Análisis de la implementación de Lean Construction en la
industria de la construcción en Colombia

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Diaz Martinez, Yudy Stefany

Tutor/a: Martí Albiñana, José Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Análisis de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia

Presentado por:

Yudy Stefany Diaz Martínez

Tutor:

José Vicente Martí Albiñan

Universitat Politècnica de València (UPV)

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Valencia, Febrero 2026



RESUMEN

La industria de la construcción en Colombia mantiene retos recurrentes en productividad, plazos y costos, lo que ha impulsado el interés por enfoques como Lean Construction (LC) orientados a reducir desperdicios y mejorar el flujo de valor. Este trabajo analiza el nivel de implementación de LC en el sector colombiano mediante una encuesta aplicada a 79 profesionales del sector.

Los resultados evidencian un nivel global de implementación bajo-medio (media = 2,16/5), con variabilidad significativa entre organizaciones. En el uso de herramientas (N válido = 78), se observa mayor adopción relativa de prácticas asociadas a mejora y visibilidad del proceso, destacando Kaizen (media = 3,10) y gestión visual (media = 2,99), seguidas de 5S (media = 2,79) y A3 (media = 2,78). En contraste, herramientas que exigen mayor disciplina de planificación colaborativa y gestión del flujo presentan menor uso, como LPS (media = 2,37) y Pull/Kanban (media = 2,42).

Las barreras se analizan desde dos enfoques complementarios. En términos de percepción (P11), la barrera con mayor intensidad es la falta de formación en principios y herramientas de LC (media = 3,46), junto con condicionantes de gestión y soporte, como el enfoque contractual y las limitaciones de integración de información. Adicionalmente, en la priorización de barreras críticas (apartado 5.5), predominan la resistencia al cambio y la falta de formación, lo que confirma que el principal obstáculo combina gestión del cambio y desarrollo de capacidades. Los beneficios percibidos son altos, especialmente en cumplimiento de plazos y reducción de desperdicios y retrabajos (ambos con media = 4,04), aunque el análisis exploratorio muestra asociaciones prácticamente nulas entre el nivel de implementación y dichos beneficios.

Como aporte, se propone una hoja de ruta por etapas (diagnóstico, planificación, piloto y escalado), orientada a una adopción progresiva y operativa, priorizando liderazgo, formación y despliegues piloto con mínima burocracia.

Palabras clave: Lean Construction, construcción, Colombia, implementación, herramientas Lean, barreras, beneficios.



ABSTRACT

Colombia's construction industry continues to face recurring challenges in productivity, schedule performance, and costs, which has increased interest in approaches such as Lean Construction (LC) aimed at reducing waste and improving value flow. This study assesses the level of LC implementation in the Colombian construction sector through a survey administered to 79 industry professionals.

The results indicate a low-to-medium overall implementation level (mean = 2.16/5), with significant variability across organizations. Regarding tool use (valid N = 78), higher relative adoption is observed in practices related to improvement and process visibility, with Kaizen (mean = 3.10) and visual management (mean = 2.99) standing out, followed by 5S (mean = 2.79) and A3 (mean = 2.78). In contrast, tools requiring stronger collaborative planning discipline and flow management show lower use, such as the Last Planner System (LPS) (mean = 2.37) and Pull/Kanban (mean = 2.42).

Barriers are examined from two complementary perspectives. In perceived intensity (P11), the most prominent barrier is the lack of training in LC principles and tools (mean = 3.46), alongside managerial and support conditions such as the contracting approach and limitations in information integration. Additionally, when prioritizing critical barriers (Section 5.5), resistance to change and lack of training dominate, confirming that the main obstacle combines change management and capability development. Perceived benefits are consistently high, especially schedule compliance and reduced waste and rework (both mean = 4.04), although exploratory analysis shows negligible associations between implementation level and these benefits.

As a contribution, the study proposes a staged implementation roadmap (diagnosis, planning, pilot, and scaling), aimed at progressive and practical adoption, prioritizing leadership, training, and low-bureaucracy pilot deployments.

Keywords: Lean Construction, construction, Colombia, implementation, Lean tools, barriers, benefits.



RESUMEN EJECUTIVO

Título:	Análisis de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia
Autor:	Yudy Stefany Diaz Martínez
Planteamiento del problema:	Incluye punto de partida, justificación, preguntas de investigación, delimitación y alcance, y limitaciones de la investigación. Se centra en los desafíos de productividad, plazos y costos en el sector de la construcción en Colombia, donde Lean Construction se presenta como alternativa para minimizar desperdicios y mejorar el flujo de valor.
Objetivos:	Objetivo general Evaluar el estado de implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia y, a partir de ello, proponer una hoja de ruta contextualizada para su adopción. Objetivos específicos 1. Identificar el nivel de conocimiento y el grado de uso de las principales herramientas de Lean Construction en empresas de construcción colombianas. 2. Identificar y clasificar las principales barreras y factores facilitadores de la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia. 3. Analizar los beneficios percibidos de la aplicación de Lean Construction en términos de plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente. 4. Explorar la relación entre las características de las empresas (tamaño, tipo de actividad, ubicación, entre otras) y el nivel de implementación de Lean Construction. 5. Elaborar recomendaciones y una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, incluyendo propuestas de indicadores mínimos de seguimiento, a partir de los resultados obtenidos.



Estructura organizativa:	El documento desarrolla: (1) introducción y formulación del problema, (2) marco teórico y contexto colombiano, (3) diseño metodológico, (4) resultados, (5) discusión, (6) hoja de ruta de implementación y (7) conclusiones y recomendaciones.
Método:	• Revisión sistemática de literatura • Diseño y aplicación de encuesta estructurada (N = 79 profesionales) • Validación de consistencia interna (Alfa de Cronbach) • Análisis estadístico descriptivo • Análisis exploratorio de asociaciones (Spearman)
Cumplimiento de objetivos:	Los cinco objetivos específicos se cumplen en el desarrollo del trabajo: - Objetivos 1, 2 y 3: mediante el análisis de resultados de la encuesta (nivel de conocimiento y uso, barreras/facilitadores, beneficios percibidos). - Objetivo 4: mediante el análisis de correlaciones entre características de las empresas y nivel de implementación. - Objetivo 5: mediante la elaboración de recomendaciones y la propuesta de hoja de ruta de implementación con indicadores mínimos de seguimiento.
Contribuciones:	• Diagnóstico cuantitativo del estado de implementación de Lean Construction en Colombia (encuesta aplicada a 79 profesionales). • Identificación y clasificación de barreras, facilitadores y beneficios percibidos en el contexto colombiano. • Propuesta de una hoja de ruta de implementación por etapas adaptada al sector de la construcción en Colombia, incluyendo indicadores mínimos de seguimiento.
Recomendaciones:	Enfoque progresivo por etapas, con foco en liderazgo y formación, pilotos con evidencia operativa y despliegue escalado, evitando burocratización percibida en obra.



Limitaciones:

- Muestreo no probabilístico (bola de nieve)
- Posible sesgo de autopercepción en las respuestas
- Tamaño muestral limitado ($N=79$)
- Diseño transversal y límites de generalización estadística
- El análisis se interpreta como descriptivo–exploratorio.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	16
2.	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.	Punto de partida de la investigación.....	18
2.2.	Justificación.....	19
2.3.	Objetivos	20
2.3.1.	Objetivo general	20
2.3.2.	Objetivos específicos.....	20
2.4.	Preguntas de investigación	21
2.5.	Delimitación y alcance	21
2.6.	Limitaciones de la investigación	22
3.	MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1.	Conceptos básicos	23
3.2.	Contexto de la investigación	25
3.2.1.	Contexto socioeconómico de Colombia.....	25
3.2.2.	Sector de la construcción en Colombia	25
3.2.3.	Implementación de Lean Construction en Colombia	26
3.3.	Lean Thinking	27
3.4.	Lean Construction	28
3.4.1.	Modelo TFV de producción en construcción.	29
3.5.	Herramientas de Lean Construction.....	30
3.5.1.	Herramientas de planificación y control de la producción.....	31
3.5.2.	Herramientas de organización del espacio de trabajo y gestión visual	32
3.5.3.	Herramientas de mejora continua y resolución de problemas.....	34



3.5.4.	Herramientas para la gestión del flujo y de los materiales.....	35
3.6.	Barreras para la implementación.....	36
3.6.1.	Organizacional y cultural	36
3.6.2.	Conocimiento y la formación	37
3.6.3.	Procesos y herramientas	37
3.6.4.	Contractual y de la cadena de suministro	37
3.6.5.	Barreras tecnológicas	38
3.6.6.	Entorno externo	38
3.7.	Beneficios de la implementación	39
3.7.1.	Resultados de proyecto.....	40
3.7.2.	Procesos internos.....	40
3.7.3.	Dimensión de personas.....	40
3.7.4.	Resultados de negocio	40
3.8.	Factores facilitadores de la implementación de Lean Construction.....	42
3.8.1.	Liderazgo y compromiso de la alta dirección.....	42
3.8.2.	Formación y desarrollo de competencias	42
3.8.3.	Consolidación de una cultura de mejora continua y trabajo colaborativo 43	
3.8.4.	Contractual y de gobernanza de proyectos.....	43
3.8.5.	Soportes metodológicos y tecnológicos	43
3.8.6.	Experiencias piloto y el acompañamiento externo.....	43
4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
4.1.	Fase teórica: revisión de la literatura y definición de variables	45
4.1.1.	Revisión de la literatura.....	45
4.1.2.	Selección y análisis de artículos	46



4.1.3.	Definición de variables de la investigación.....	52
4.1.4.	Definición de la población y la muestra de estudio.....	54
4.2.	Diseño de la encuesta (elaboración + validación).....	56
4.2.1.	Estructura de la encuesta	56
4.2.2.	Tipos de preguntas y escalas de respuesta.....	57
4.2.3.	Encuesta.....	58
4.2.4.	Validación de la encuesta	65
4.3.	Población objetivo, muestra y muestreo	66
4.3.1.	Población objetivo:.....	66
4.3.2.	Tipo de muestreo	67
4.3.3.	Determinación del tamaño de muestra (referencial)	67
4.3.4.	Limitaciones del muestreo.....	68
4.4.	Trabajo de campo (difusión + recolección de datos)	69
4.5.	Análisis de datos.....	69
4.6.	Fiabilidad de los datos.....	73
5.	RESULTADOS	76
5.1.	Caracterización de la muestra	76
5.1.1.	Tamaño y completitud de la muestra.....	76
5.2.	Datos generales del encuestado y de la empresa (P1 a P8).....	77
5.2.1.	Tipo de organización (P1)	77
5.2.2.	Cargo principal que desempeñan los encuestados (P2).....	78
5.2.3.	Años de experiencia profesional en el sector de la construcción (P3) .	80
5.2.4.	Nivel de formación académica alcanzado (P4)	81
5.2.5.	Tamaño de la empresa (número de empleados) (P5)	82
5.2.6.	Ciudad principal de operación de la empresa (P6).....	83



5.2.7. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (P7)	85
5.2.8. Conocimiento previo de Lean Construction (P8).....	86
5.3. Nivel global de implementación de Lean Construction (P9)	87
5.4. Uso de herramientas Lean (P10)	89
5.5. Barreras para la implementación de Lean Construction (P11)	92
5.6. Beneficios percibidos en la aplicación de Lean Construction (P12).....	97
5.7. Factores facilitadores en la implementación de Lean (P13)	101
5.8. Barreras críticas y propuestas de mejora en la implementación de Lean Construction. (P14 y P15)	106
5.8.1. Barreras críticas para la implementación de Lean (P14).....	106
5.8.2. Propuestas de mejora (P15).....	108
5.9. Asociaciones y correlaciones entre el nivel de implementación (P9) y variables clave (criterio por magnitud).....	118
5.9.1. Método y criterio de interpretación	118
5.9.2. Cálculo de correlaciones (Spearman).....	119
5.9.3. Resultados principales: uso de herramientas Lean (P10) y nivel de implementación (P9)	121
5.9.4. Resultados principales: barreras percibidas (P11) y nivel de implementación (P9)	122
5.9.5. Beneficios (P12) y facilitadores (P13) frente al nivel de implementación (P9)	122
5.9.6. Tamaño de empresa y nivel de implementación	123
5.9.7. Síntesis e implicaciones para el estudio	123
5.10. Respuestas a las preguntas de investigación	124
5.10.1. ¿Cuál es el nivel de conocimiento y el grado de uso de las principales herramientas de Lean Construction en las empresas de construcción colombianas? .	124



5.10.2. ¿Cuáles son las principales barreras y factores facilitadores para la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia?.....	125
5.10.3. ¿Qué beneficios perciben las organizaciones que aplican Lean Construction en términos de plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente?.....	125
5.10.4. ¿Se observan diferencias en el nivel de implementación de Lean Construction en función de las características de las empresas (tamaño, tipo de actividad, ubicación, entre otras)?	126
5.10.5. ¿Qué elementos debería incluir una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, a partir de los resultados obtenidos?.....	126
6. DISCUSIÓN	128
6.1. Comparación de resultados con la literatura internacional sobre Lean Construction.	128
6.2. Comparación con investigaciones similares.	129
6.3. Especificidades del caso colombiano	134
6.3.1. Implementación en fase inicial y centrada en herramientas “visibles”	134
6.3.2. Cultura de ejecución bajo presión y rechazo a la burocratización	134
6.3.3. Difusión conceptual más rápida que la consolidación técnica	135
6.4. Aportes al conocimiento aplicado sobre Lean	135
6.5. Implicaciones prácticas para la industria de la construcción en Colombia.	136
7. HOJA DE RUTA DE IMPLEMENTACIÓN	137
7.1. Objetivo y alcance de la hoja de ruta	137
7.2. Principios para la implementación de Lean Construction en Colombia.....	137
7.3. Fases de implementación	138



7.3.1.	Diagnóstico inicial.....	138
7.3.2.	Planificación de la adopción.....	138
7.3.3.	Implementación piloto.....	139
7.3.4.	Escalado y estandarización.....	140
7.4.	Actores clave y roles	140
7.5.	Indicadores de seguimiento y mejora continua	141
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
8.1.	Conclusiones	143
8.2.	Recomendaciones.....	144
8.2.1.	Recomendaciones para empresas del sector construcción en Colombia	144
8.2.2.	Recomendaciones para gremios, academia y entidades formadoras..	145
8.2.3.	Recomendaciones para futuras investigaciones	145
9.	BIBLIOGRAFIA	146
10.	ANEXOS	151



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas Lean Construction consideradas en el estudio.....	36
Tabla 2. Barreras para la implementación de Lean Construction.	39
Tabla 3. Beneficios asociados a la implementación de Lean Construction.....	42
Tabla 4. Factores facilitadores de la implementación de Lean Construction.....	44
Tabla 5. Matriz de análisis de estudios previos sobre implementación de Lean Construction.	51
Tabla 6. Resultados de fiabilidad, bloques de ítems tipo Likert en encuesta.....	74
Tabla 7. Tipo de organización en la que trabajan los encuestados (N=79).....	77
Tabla 8. Cargo principal desempeñado por los encuestados (N = 79).	79
Tabla 9. Años de experiencia profesional en el sector de la construcción (N = 79).	80
Tabla 10. Máximo nivel de estudios alcanzado por los encuestados (N = 79)	81
Tabla 11. Tamaño aproximado de la empresa (número de empleados) (N = 79).	83
Tabla 12. Ciudad principal de operación de la empresa (ajustada) (N=79).	84
Tabla 13. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (N=79)	86
Tabla 14. Conocimiento previo de Lean Construction (N=79).	87
Tabla 15. Distribución del nivel de implementación de Lean Construction (escala 0–5) (N=79).	88
Tabla 16. Resultados estadísticos(P9).....	88
Tabla 17. Frecuencia del uso de herramientas Lean (P10. N válido=78.....	90
Tabla 18 Distribución porcentual del uso de herramientas Lean (P10) (%). N válido=78 ..	90
Tabla 19. Estadísticos descriptivos del uso de herramientas Lean (P10) (N válido=78).	90
Tabla 20. Recodificación ordinal de la escala de uso (P10).....	91
Tabla 21. Frecuencia de barreras percibidas (P11).....	94
Tabla 22. Distribución porcentual de barreras percibidas (P11). (%)	95
Tabla 23. Estadísticos descriptivos de las barreras percibidas (P11)	95
Tabla 24. Recodificación ordinal de barreras (P11).....	96
Tabla 25. Frecuencia de beneficios percibidos (P12).....	98
Tabla 26. Distribución porcentual de beneficios percibidos (P12) (%)	99
Tabla 27. Estadísticos descriptivos de los beneficios percibidos (P12).....	99



Tabla 28. Recodificación ordinal de los beneficios percibidos (P12)	100
Tabla 29. Frecuencia de factores facilitadores para la implementación de Lean (P13)	102
Tabla 30. Distribución porcentual de factores facilitadores para la implementación de Lean (P13) (%)	103
Tabla 31. Estadísticos descriptivos de los factores facilitadores (P13).....	104
Tabla 32. Recodificación ordinal de los factores facilitadores (P13).....	105
Tabla 33. Barreras más críticas seleccionadas (P14).....	106
Tabla 34. Auditoría de respuestas. Propuestas de mejora.	108
Tabla 35. Clasificación en categoría de acciones sugeridas. (N=31)	116
Tabla 36. Resumen categoría de acciones sugeridas. (N=31)	117
Tabla 37. Cálculo de correlaciones (Spearman).....	121
Tabla 38. Comparación de resultados con investigaciones similares (Latinoamérica e Iberoamérica).....	133



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del funcionamiento del Last Planner System. Elaboración propia a partir de Ballard (2000) y Ballard y Howell (2003).	32
Figura 2. Metodología 5S. Elaboración propia.....	33
Figura 3. Ciclos de mejora. Elaboración propia.	34
Figura 4. Encuesta realizada. Elaboración propia	65
Figura 5. Tipo de organización de los encuestados (N=79).	78
Figura 6. Cargo principal de los encuestados (N = 79).	79
Figura 7. Años de experiencia profesional de los encuestados (N = 79).	81
Figura 8. Máximo nivel de estudios alcanzado por los encuestados (N = 79).	82
Figura 9. Tamaño aproximado de la empresa (N = 79).....	83
Figura 10. Ciudad principal de operación de la empresa (N=79).....	85
Figura 11. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (N=79).....	86
Figura 12. Conocimiento previo de Lean Construction (N=79).....	87
Figura 13. Nivel de implementación de Lean Construction.....	89
Figura 14. Adopción frecuente de herramientas Lean (P10).....	92
Figura 15. Nivel de acuerdo con barreras en la implementación de Lean. (P11).....	97
Figura 16. Beneficios percibidos de Lean Construction (P12).....	101
Figura 17. Factores facilitadores para la implementación de Lean Construction (P13).....	105
Figura 18. Barreras más críticas seleccionadas (P14)	107



1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción desempeña un papel relevante en el desarrollo económico y social de muchos países, tanto por su contribución al producto interno bruto como por su capacidad de generación de empleo y por el impacto que tiene en la provisión de infraestructuras y edificaciones necesarias para la actividad económica y la calidad de vida de la población (Sarmiento-Rojas, González-Sanabria, & Hernández Carrillo, 2020). En Colombia, el sector de la construcción ha sido tradicionalmente uno de los motores del crecimiento en determinados periodos, aunque también ha experimentado fases de desaceleración y ajustes, especialmente en el mercado de vivienda, y sigue enfrentando retos estructurales relacionados con la productividad, la informalidad y la coordinación entre agentes.

A nivel internacional, diversos estudios empíricos han documentado que los proyectos de construcción presentan con frecuencia problemas recurrentes de retrasos en los plazos, sobrecostos, reprocesos, variabilidad en los procesos y baja fiabilidad de la planificación, que afectan tanto a la rentabilidad de las empresas como a la satisfacción de los clientes (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002). Como respuesta a las limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos, en las últimas décadas ha cobrado protagonismo el pensamiento Lean, originado en el Sistema de Producción de Toyota, que propone maximizar el valor para el cliente y eliminar sistemáticamente los desperdicios en los procesos (Ohno, 1988) (Womack & Jones, 1996).

Sobre esta base, surge el enfoque de Lean Construction, que adapta los principios del pensamiento Lean al contexto específico de la construcción. Autores como Koskela y Howell plantean que los proyectos de construcción deben entenderse como sistemas de producción complejos, en los que es necesario gestionar de forma integrada la transformación de recursos, el flujo de trabajo y la generación de valor para el cliente, más allá de la mera ejecución de actividades aisladas (Koskela L. , 2000). La literatura recoge múltiples experiencias de aplicación de Lean Construction en distintos países y tipos de proyectos, que muestran mejoras en la fiabilidad de la planificación, la reducción de desperdicios y la coordinación entre agentes (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).



En América Latina, diversos trabajos señalan un interés creciente por la adopción de Lean Construction, aunque con un grado de implantación todavía desigual entre países, empresas y proyectos (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018). En el caso de Colombia, se han desarrollado experiencias puntuales, especialmente en torno al Last Planner System, y algunos estudios de caso que analizan la aplicación de herramientas Lean en proyectos concretos (Mejía-Plata, y otros, 2016) (Hoyos-Restrepo & Botero, 2021). Sin embargo, la información disponible sigue siendo limitada y dispersa: no se dispone de un diagnóstico global que permita conocer el nivel de conocimiento y uso de Lean Construction en la industria de la construcción colombiana, ni las principales barreras, beneficios y factores facilitadores percibidos por los profesionales del sector.

Este vacío de información justifica la necesidad de la investigación que se presenta en este Trabajo de Fin de Máster. El objetivo general del estudio es evaluar el estado de implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia y, a partir de ello, proponer una hoja de ruta contextualizada para su adopción. Para ello, se plantea un análisis que incluye: el nivel de conocimiento y utilización de herramientas Lean, las barreras y factores facilitadores que condicionan su implantación, los beneficios percibidos por las organizaciones que las aplican y la relación entre el nivel de implementación y las características de las empresas y de los proyectos en los que participan.

El trabajo se basa en un diseño de investigación de carácter cuantitativo y transversal, apoyado en la aplicación de una encuesta dirigida a profesionales de empresas de construcción que participan en la planificación y/o ejecución de proyectos de edificación e infraestructura en Colombia. La información recopilada se analiza mediante estadística descriptiva y exploratoria, con el fin de caracterizar la situación actual de la implementación de Lean Construction en el sector y extraer conclusiones que sirvan de base para formular recomendaciones prácticas.



2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

2.1. Punto de partida de la investigación

En la industria de la construcción, tanto a nivel internacional como en Colombia, persisten problemas recurrentes relacionados con retrasos en los plazos, sobrecostos, reprocesos, falta de coordinación entre agentes y baja productividad en obra, que afectan a la competitividad de las empresas constructoras y a la rentabilidad de los proyectos (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002). Estos problemas también repercuten en la calidad del servicio que recibe el cliente.

Como respuesta a las limitaciones de la gestión tradicional de proyectos, en las últimas décadas ha ganado protagonismo el enfoque de Lean Construction, que adapta los principios del pensamiento Lean al contexto de la construcción (Howell, 1999) (Koskela L. , 1992) . Su objetivo es reducir desperdicios, mejorar el flujo de trabajo y aumentar el valor aportado al cliente. La literatura recoge múltiples experiencias de implementación de Lean Construction en distintos países y tipos de proyectos (Alarcón L. F., 1997) (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).

En Colombia, sin embargo, la información sobre la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción es todavía limitada y dispersa. Existen iniciativas puntuales, experiencias en algunas empresas y trabajos académicos concretos, pero no un diagnóstico global que permita conocer el nivel de conocimiento y uso de sus herramientas, las barreras y factores facilitadores para su implementación y los beneficios percibidos por los profesionales del sector. (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018)

Este vacío de información es el punto de partida de esta investigación, que busca ofrecer una visión estructurada del estado de implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia y generar información útil para orientar futuras acciones de mejora.



2.2. Justificación

La investigación se justifica, en primer lugar, por la importancia que tiene la industria de la construcción en el desarrollo económico y social de Colombia. Es un sector que genera mucho empleo y concentra una parte significativa de la inversión en infraestructura y edificación. Por eso, cualquier mejora en su productividad y en la gestión de los proyectos tiene un impacto directo en la competitividad del país y en la calidad de vida de la población.

En este contexto, Lean Construction se presenta como un enfoque con potencial para reducir desperdicios, mejorar el cumplimiento de plazos y costos, y aumentar la calidad y la seguridad en los proyectos (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005). Sin embargo, la falta de un diagnóstico sistemático sobre su grado de implementación en Colombia dificulta que empresas puedan tomar decisiones informadas sobre su promoción y desarrollo. (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018)

Desde el punto de vista académico, el trabajo aporta valor al recopilar y analizar información actualizada sobre el conocimiento y uso de herramientas de Lean Construction, las barreras y factores facilitadores para su adopción y los beneficios percibidos por los profesionales de la construcción en Colombia. Este análisis permite comparar la realidad colombiana con la experiencia recogida en la literatura internacional y contribuye a ampliar el conocimiento sobre la implementación de Lean Construction en contextos latinoamericanos.

Finalmente, el estudio se justifica también por su carácter aplicado. A partir del diagnóstico obtenido, se propone una hoja de ruta de implementación por etapas, adaptada al contexto de la industria colombiana de la construcción e integrada con indicadores mínimos de seguimiento. De esta forma, el trabajo no solo describe la situación actual, sino que ofrece orientaciones prácticas que pueden servir de base para que las empresas del sector inicien o refuercen sus procesos de adopción de Lean Construction.



2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Evaluar el estado de implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia y, a partir de ello, proponer una hoja de ruta contextualizada para su adopción.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar el nivel de conocimiento y el grado de uso de las principales herramientas de Lean Construction en empresas de construcción colombianas.
2. Identificar y clasificar las principales barreras y factores facilitadores de la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia.
3. Analizar los beneficios percibidos de la aplicación de Lean Construction en términos de plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente.
4. Explorar la relación entre las características de las empresas (tamaño, tipo de actividad, ubicación, entre otras) y el nivel de implementación de Lean Construction.
5. Elaborar recomendaciones y una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, incluyendo propuestas de indicadores mínimos de seguimiento, a partir de los resultados obtenidos.

2.4. Preguntas de investigación

A partir del objetivo general y de los objetivos específicos planteados, se formulan las siguientes preguntas de investigación, que servirán de guía para el diseño de la encuesta y para la interpretación de los resultados obtenidos:

1. ¿Cuál es el nivel de conocimiento y el grado de uso de las principales herramientas de Lean Construction en las empresas de construcción colombianas?
2. ¿Cuáles son las principales barreras y factores facilitadores para la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia?
3. ¿Qué beneficios perciben las organizaciones que aplican Lean Construction en términos de plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente?
4. ¿Se observan diferencias en el nivel de implementación de Lean Construction en función de las características de las empresas (tamaño, tipo de actividad, ubicación, entre otras)?
5. ¿Qué elementos debería incluir una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, a partir de los resultados obtenidos?

2.5. Delimitación y alcance

La presente investigación se delimita geográficamente a la industria de la construcción en Colombia. Se consideran principalmente empresas de construcción colombianas que participan en la planificación y/o ejecución de proyectos de edificación e infraestructura.

La población de estudio está formada por organizaciones y profesionales vinculados a la gestión de proyectos de construcción (directivos, jefes de proyecto, jefes de obra, responsables de planificación, entre otros), cuya opinión permite analizar el grado de implementación de Lean Construction en el sector. La unidad de análisis es la empresa, a partir de la información aportada por las personas encuestadas.



En cuanto al contenido, el estudio se centra en el nivel de conocimiento y uso de herramientas de Lean Construction, en las barreras y factores facilitadores para su adopción y en los beneficios percibidos por las organizaciones que la aplican. No se abordan estudios de caso en profundidad ni análisis económico-financieros detallados de proyectos específicos.

Desde el punto de vista temporal, la investigación tiene un carácter transversal, ya que los datos se recogen en un único periodo mediante una encuesta en línea. En consecuencia, los resultados describen la situación de la implementación de Lean Construction en el momento de la recolección de la información.

2.6. Limitaciones de la investigación

La investigación presenta varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, la muestra se obtiene mediante un muestreo no probabilístico, basado en la participación voluntaria de profesionales y empresas de construcción en Colombia. Por este motivo, los resultados no pueden generalizarse de forma estricta a toda la industria, sino que reflejan la realidad de las organizaciones que responden a la encuesta.

En segundo lugar, la información recopilada se basa en la percepción de las personas encuestadas. Esto puede introducir sesgos asociados a la experiencia individual, al nivel de conocimiento sobre Lean Construction o a la tendencia a ofrecer respuestas socialmente deseables.

En tercer lugar, el estudio tiene un carácter transversal: los datos se recogen en un único momento del tiempo. Por tanto, no es posible analizar la evolución de la implementación de Lean Construction ni establecer relaciones causales firmes entre las variables consideradas.

Finalmente, el trabajo se centra en el análisis de herramientas, barreras, factores facilitadores y beneficios percibidos de Lean Construction a un nivel agregado. No se desarrollan estudios de caso detallados de proyectos concretos ni se realizan evaluaciones económico-financieras exhaustivas de la aplicación de esta metodología.



3. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Conceptos básicos

En este apartado se presentan algunos conceptos generales que sirven de base para el marco teórico sobre Lean Construction y para el análisis posterior de los resultados de la investigación.

Proyecto de construcción: Según el Project Management Institute (PMI), un proyecto es un esfuerzo temporal llevado a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Project Management Institute, 2017). En el contexto de la construcción, un proyecto de construcción hace referencia a la planificación y ejecución de obras de edificación o infraestructura con un inicio y un fin definidos, que implican la coordinación de múltiples agentes (promotor, proyectistas, contratistas y subcontratistas) y la gestión simultánea de alcance, plazo, costo y calidad.

Productividad en construcción: De forma general, la productividad se entiende como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados. En la construcción, suele medirse en términos de producción por unidad de tiempo o por unidad de recurso (por ejemplo, horas-hombre por metro cuadrado ejecutado). Sin embargo, diversos autores señalan que esta visión centrada solo en actividades individuales es insuficiente, y que es necesario considerar también la eficiencia del sistema de producción en su conjunto, incluyendo aspectos como las interrupciones, esperas, retrabajos y variabilidad en los procesos. (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002)

Esta perspectiva más amplia es coherente con el enfoque Lean, que busca mejorar el rendimiento global del proyecto y no únicamente el de tareas aisladas (Koskela L., 2000).

Valor y cliente: En el pensamiento Lean, el valor se define desde el punto de vista del cliente: es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar y que satisface sus necesidades en términos de funcionalidad, calidad, plazo y costo (Womack & Jones, 1996).

En proyectos de construcción es habitual distinguir entre cliente externo (por ejemplo, el propietario o la administración que encarga el proyecto y el usuario final de la infraestructura



o edificación) y cliente interno (los equipos de diseño, planificación y obra que reciben el trabajo de otros actores dentro de la cadena de suministro del proyecto), siguiendo la idea de cadena de valor y cliente interno en la gestión de procesos (Koskela & Howell, The underlying theory of project management is obsolete., 2002). Esta distinción resulta útil para analizar cómo se genera valor a lo largo del proceso constructivo y para identificar dónde aparecen actividades que no lo aportan.

Desperdicio: El concepto de desperdicio (waste) es central en el enfoque Lean. Se considera desperdicio todo uso de recursos que no genera valor para el cliente, como tiempos de espera, movimientos y desplazamientos innecesarios, exceso de inventario, sobreproducción, correcciones y retrabajos, o actividades puramente administrativas que no contribuyen al avance del producto ni a la toma de decisiones (Formoso, Isatto, & Hirota, 1999).

En la construcción, estos desperdicios se manifiestan, por ejemplo, en cuadrillas paradas por falta de materiales o información, cambios de última hora en planos, almacenamiento excesivo de materiales en obra, o trabajos que deben repetirse por errores de ejecución o de coordinación entre especialidades (Formoso, Isatto, & Hirota, 1999).

Flujo de trabajo: El flujo de trabajo se refiere a la secuencia y movimiento de materiales, información y recursos a través de las distintas actividades del proceso de producción. Desde una perspectiva Lean, un flujo adecuado se caracteriza por la continuidad y la ausencia de interrupciones, cuellos de botella y variaciones innecesarias, de forma que las tareas puedan ejecutarse de manera estable y predecible. (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002) (Koskela L., 2000)

En los proyectos de construcción, gestionar el flujo implica coordinar correctamente las actividades de las distintas especialidades, anticipar restricciones (por ejemplo, permisos, diseño, suministros) y asegurarse de que las condiciones necesarias para iniciar una tarea están cumplidas antes de liberar el trabajo a la ejecución. (Ballard & Howell, 2003)

En resumen, estos conceptos sirven de base para la comprensión del pensamiento Lean y de Lean Construction y serán el marco de referencia para interpretar, más adelante, los resultados sobre herramientas, barreras, beneficios y factores facilitadores en la industria de la construcción en Colombia.



3.2. Contexto de la investigación

3.2.1. Contexto socioeconómico de Colombia

Colombia es una economía de renta media en la que el sector de la construcción tiene un papel relevante en el crecimiento y en el empleo. Distintos estudios señalan que la construcción aporta en torno al 4–5 % del producto interno bruto y genera más de un millón de empleos, con fuertes encadenamientos hacia sectores como la industria de materiales, el transporte y los servicios financieros (BBVA, 2024) (Sarmiento-Rojas, González-Sanabria, & Hernández Carrillo, 2020).

La Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) y otros organismos económicos destacan que, tras periodos de expansión ligados al auge de la vivienda y a programas de inversión en infraestructura, el sector ha atravesado en los últimos años fases de desaceleración y ajuste, especialmente en la edificación residencial, condicionadas por factores como el ciclo económico, las tasas de interés y la disponibilidad de financiación (Camacol, 2024) (Solunion, 2024). En este contexto, las decisiones que afectan a la productividad y a la gestión de los proyectos de construcción tienen un impacto directo en la actividad económica y en el mercado laboral del país.

3.2.2. Sector de la construcción en Colombia

El sector de la construcción en Colombia integra actividades de edificación (vivienda, equipamientos, edificaciones no residenciales) y de obras civiles (infraestructura de transporte, proyectos hidráulicos, energía, entre otros). Los informes sectoriales recientes muestran que la construcción ha sido uno de los motores del crecimiento en determinados periodos, pero también ha sufrido caídas significativas en la actividad, en particular en el mercado de vivienda nueva, con descensos en las preventas y en los lanzamientos de proyectos (BBVA, 2024) (Camacol, 2024).

Además de esta sensibilidad a los ciclos económicos, la literatura identifica varios retos estructurales: niveles importantes de informalidad empresarial y laboral, variabilidad de la demanda, dificultades de acceso a financiación para proyectos, y problemas de coordinación entre los distintos agentes que intervienen en los procesos de diseño y construcción



(Sarmiento-Rojas, González-Sanabria, & Hernández Carrillo, 2020). Estas características se traducen en problemas recurrentes de retrasos, sobrecostos, reprocesos y baja productividad, similares a los observados en la industria de la construcción de otros países, y refuerzan la necesidad de enfoques de gestión orientados a mejorar el flujo de trabajo y reducir desperdicios, como Lean Construction.

3.2.3. Implementación de Lean Construction en Colombia

La implementación de Lean Construction en Colombia se ha producido de forma gradual y no uniforme. La literatura disponible indica que una de las herramientas con mayor difusión es el Last Planner System (LPS), utilizada por diversas empresas para mejorar la planificación y el control de la producción en obra (Mejía-Plata, y otros, 2016) (Hoyos-Restrepo & Botero, 2021).

Estudios de caso desarrollados en proyectos colombianos señalan que la aplicación del LPS puede contribuir a aumentar el cumplimiento de los planes de trabajo semanales, mejorar la coordinación entre contratistas y subcontratistas y reducir ciertas fuentes de desperdicio. Al mismo tiempo, estos trabajos destacan dificultades en su implementación relacionadas con la resistencia al cambio, la falta de formación específica, la escasa integración con los sistemas de planificación tradicionales y las limitaciones derivadas de las relaciones contractuales (Mejía-Plata C. , 2015) (Hoyos-Restrepo & Botero, 2021).

A nivel regional, revisiones sobre Lean Construction en América Latina muestran que la adopción de enfoques y herramientas Lean es todavía desigual y se concentra en un número limitado de empresas y proyectos, sin haber alcanzado una implantación generalizada en la industria (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018). En el caso de Colombia, la evidencia académica se basa principalmente en estudios de caso y en análisis de experiencias concretas de implementación del Last Planner System, pero no existe todavía un diagnóstico amplio sobre el grado de conocimiento y uso de Lean Construction en el conjunto del sector, ni sobre las barreras, beneficios y factores facilitadores percibidos por los profesionales de la construcción. Esta ausencia de una visión global justifica la necesidad de la investigación que se desarrolla en este trabajo.



Trabajos más recientes confirman que, aunque el Last Planner System sigue siendo la herramienta más difundida en Colombia, su implantación sigue siendo parcial y concentrada en grandes contratistas y proyectos de infraestructura pública (Gómez, Herrera, & Atencio, 2024). Además, la pandemia aceleró la adopción de herramientas digitales complementarias (tableros virtuales, Power BI, Trello) que no estaban contempladas en los estudios previos (Herrera, Mourgues, Alarcón, & Pellicer, 2021)

3.3. Lean Thinking

El pensamiento Lean tiene su origen en el Sistema de Producción de Toyota, desarrollado en la industria automotriz japonesa en la segunda mitad del siglo XX como respuesta a la necesidad de producir con alta calidad, bajos costos y flexibilidad (Ohno, 1988). A partir del estudio de este sistema, Womack y Jones popularizaron el término *Lean Thinking* y lo presentaron como una forma de gestionar orientada a maximizar el valor para el cliente y eliminar los desperdicios a lo largo del flujo de valor. (Womack & Jones, 1996).

Estos autores resumen el pensamiento Lean en cinco principios básicos (Womack & Jones, 1996):

1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente.
2. Identificar el flujo de valor (value stream), distinguiendo las actividades que aportan valor de las que no.
3. Hacer que el flujo sea continuo, reduciendo interrupciones, esperas y cuellos de botella.
4. Establecer un sistema pull, en el que la producción se activa por la demanda real y no por previsiones.
5. Buscar la perfección, mediante ciclos continuos de mejora.

Aunque el pensamiento Lean se formuló inicialmente para la fabricación de automóviles, su aplicación se ha extendido a otros sectores, como los servicios, la sanidad, la logística y la construcción. En todos los casos supone un cambio de enfoque: se pasa de una gestión centrada casi exclusivamente en la utilización de recursos y en actividades aisladas, a una visión que prioriza el flujo de procesos, la generación de valor para el cliente y la participación de las personas en la mejora continua (Koskela L. , 2000).



En el ámbito de la construcción, el pensamiento Lean constituye la base conceptual de Lean Construction, al trasladar estos principios a los procesos de diseño y ejecución de proyectos, tal y como se desarrolla en el apartado siguiente.

3.4. Lean Construction

Lean Construction aparece en la década de 1990 como la adaptación del pensamiento Lean a la industria de la construcción, impulsada principalmente por los trabajos de Koskela y por el International Group for Lean Construction (IGLC) (Koskela L. , 1992) (Howell, 1999). Frente a la visión tradicional de la construcción como una sucesión de actividades que transforman insumos en productos, Lean Construction propone entender los proyectos como sistemas de producción complejos que deben gestionarse desde una perspectiva de flujo y de generación de valor para el cliente.

(Howell, 1999) describe Lean Construction como un enfoque de gestión de proyectos y de producción que busca optimizar el desempeño del sistema completo, y no solo de cada actividad individual, mediante la reducción de variabilidad, la eliminación de desperdicios y el aumento de la fiabilidad de la planificación. En una línea similar, el Lean Construction Institute define Lean Construction como la aplicación de los principios y herramientas Lean al diseño y construcción de proyectos, con el objetivo de maximizar el valor para los distintos stakeholders y minimizar el desperdicio a lo largo de todo el proceso.

En la práctica, la implantación de Lean Construction implica cambios tanto en la forma de planificar y controlar la producción como en la manera de colaborar entre los agentes del proyecto. Entre los aspectos más destacados se encuentran:

- La planificación colaborativa y la gestión de compromisos entre los distintos participantes.
- La reducción de variabilidad y de incertidumbre en los procesos de obra.
- La identificación y eliminación sistemática de desperdicios.
- El uso de herramientas específicas, como el Last Planner System, sistemas visuales de control o la estandarización de tareas (Ballard & Howell, 2003)



Estas ideas se apoyan en una base teórica más amplia sobre cómo entender la producción en construcción, sintetizada en el modelo TFV, que se describe a continuación.

3.4.1. Modelo TFV de producción en construcción.

Una de las principales aportaciones teóricas de Koskela al campo de la construcción es el modelo TFV (Transformación–Flujo–Valor), que propone interpretar la producción desde tres perspectivas complementarias (Koskela L. , 2000):

- Como transformación de entradas en salidas (perspectiva T).
- Como flujo de materiales, información y recursos a lo largo del proceso (perspectiva F).
- Como generación de valor para el cliente (perspectiva V).

La gestión tradicional de proyectos de construcción se ha centrado sobre todo en la perspectiva de transformación, poniendo el foco en la ejecución de actividades y en el control de plazos y costos parciales. El modelo TFV subraya que esta visión es incompleta y que es necesario gestionar también:

- El flujo, reduciendo esperas, cuellos de botella, movimientos innecesarios, retrabajos y otras fuentes de desperdicio.
- El valor, asegurando que las decisiones de diseño y producción responden a las necesidades reales del cliente (Koskela & Howell, The underlying theory of project management is obsolete., 2002).

Desde esta perspectiva, Lean Construction busca diseñar y gestionar sistemas de producción en los que:

- Las actividades se organicen de manera que se minimicen los desperdicios y se mantenga un flujo estable y predecible.
- El resultado final del proyecto genere el máximo valor posible para el cliente, tanto externo como interno.

Más allá del uso de herramientas específicas, diversos autores insisten en que Lean Construction supone un cambio profundo en la forma de gestionar los proyectos, basado en la colaboración entre agentes, la transparencia de la información, el respeto por las personas



y la mejora continua (Ballard & Howell, 2003) (Koskela & Howell, The underlying theory of project management is obsolete., 2002). Esto implica cuestionar prácticas habituales de la gestión tradicional, como la planificación unilateral, la fragmentación entre diseño y construcción o las relaciones contractuales basadas casi exclusivamente en el control y la transferencia de riesgos. La dificultad para promover estos cambios culturales y organizativos explica, en parte, la existencia de barreras para la implementación de Lean Construction, aspecto que se abordará más adelante en este trabajo.

En los capítulos siguientes, se concreta en el análisis de herramientas, barreras, beneficios y factores facilitadores de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia.

3.5. Herramientas de Lean Construction

En la literatura sobre Lean Construction se han propuesto numerosas herramientas y prácticas para aplicar los principios Lean en proyectos de construcción. Sin embargo, no todas tienen el mismo grado de difusión ni la misma relevancia práctica. En este trabajo se ha optado por centrarse en un conjunto de herramientas que, según diferentes estudios y experiencias internacionales y latinoamericanas, se consideran representativas del enfoque Lean en obra y han demostrado impactos en la planificación, la productividad y la reducción de desperdicios (Ballard & Howell, 2003) (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).

Las herramientas seleccionadas se agrupan en cuatro categorías:

- Planificación y control de la producción, donde destaca el Last Planner System como sistema de planificación colaborativa.
- Organización del espacio de trabajo y gestión visual, que incluye la metodología 5S y prácticas de gestión visual.
- Mejora continua y resolución de problemas, en la que se enmarcan los informes A3 y las actividades de Kaizen.
- Gestión del flujo y de los materiales, que incorpora conceptos de sistemas pull y, en algunos casos, mecanismos inspirados en Kanban.



Esta clasificación permite estructurar el análisis del nivel de conocimiento y uso de herramientas Lean en las empresas de construcción colombianas y facilita, más adelante, la interpretación de los beneficios percibidos asociados a su aplicación. A continuación, se describen brevemente las herramientas incluidas en cada categoría.

3.5.1. Herramientas de planificación y control de la producción

Last Planner System

El Last Planner System (LPS) es una de las herramientas centrales de Lean Construction. Fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell como un sistema de planificación y control de la producción orientado a mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo en proyectos de construcción (Ballard G. , 2000). A diferencia de los enfoques tradicionales, basados en un cronograma de largo plazo que se actualiza de forma esporádica, el LPS pone el foco en la planificación de corto plazo y en la calidad de los compromisos asumidos por los responsables directos de la ejecución del trabajo (*last planners*), como jefes de obra o encargados (Ballard G. , 2000) (Ballard & Howell, 2003).

El funcionamiento del LPS se estructura en varios niveles de planificación:

- Un plan maestro que define los hitos del proyecto.
- Planes de fases que detallan la secuencia general de actividades.
- Una planificación de medio plazo (lookahead) que identifica y gestiona restricciones.
- Planes semanales de trabajo en los que los *last planners* acuerdan las tareas que se ejecutarán efectivamente, verificando que cumplen las condiciones necesarias para ser realizables.

De forma esquemática, estos niveles pueden representarse como un sistema jerárquico, donde los planes de largo plazo se van desagregando en planes de corto plazo, y la información de cumplimiento y de causas de desviación retroalimenta los niveles superiores.

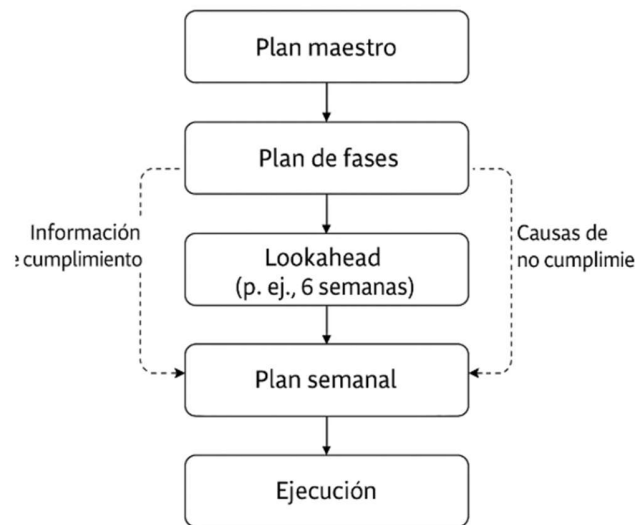


Figura 1. Esquema general del funcionamiento del Last Planner System. Elaboración propia a partir de Ballard (2000) y Ballard y Howell (2003).

Un aspecto característico del LPS es el seguimiento del Porcentaje de Plan Completado (PPC), que mide qué porcentaje de las tareas comprometidas en el plan semanal se ha finalizado en el plazo previsto. El análisis de las causas de no cumplimiento permite aprender de los desvíos y mejorar la fiabilidad de la planificación en ciclos sucesivos (Ballard G. , 2000).

Distintos estudios señalan que la aplicación del Last Planner System puede aumentar la estabilidad del flujo de trabajo, mejorar el cumplimiento de los planes semanales y reducir ciertas fuentes de desperdicio en obra, siempre que su implantación vaya acompañada de cambios en la cultura organizativa y en la forma de colaboración entre los agentes del proyecto (Ballard & Howell, 2003) (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).

3.5.2. Herramientas de organización del espacio de trabajo y gestión visual

5S

La metodología 5S se originó en el contexto de la manufactura japonesa como una forma de organizar y mantener ordenado el lugar de trabajo mediante la aplicación de cinco principios: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener (Hirano, 1996). En entornos Lean, 5S se considera una herramienta básica para mejorar la seguridad, reducir tiempos de búsqueda,

facilitar el flujo de materiales y crear condiciones más favorables para la detección de problemas.

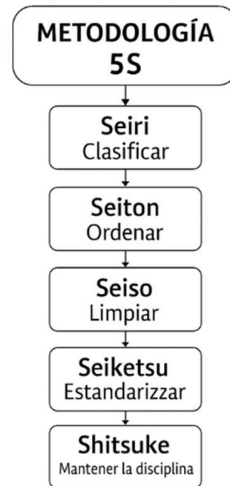


Figura 2. Metodología 5S. Elaboración propia.

En proyectos de construcción, la adaptación de 5S se orienta a organizar zonas de acopio, talleres de obra, frentes de trabajo y áreas de circulación, de modo que los materiales y equipos se encuentren fácilmente, se reduzcan desplazamientos innecesarios y se incremente la seguridad en obra. La aplicación sistemática de 5S suele complementarse con elementos de gestión visual, como señalización, marcaje de zonas, identificación de herramientas y estandarización de layouts temporales.

Gestión visual

La gestión visual (visual management) se refiere al uso de soportes gráficos, señales, paneles e indicadores visibles en el lugar de trabajo para comunicar de manera rápida el estado del proceso, las metas, los problemas y las responsabilidades. La literatura la reconoce como un elemento clave en entornos Lean, ya que aumenta la transparencia del proceso y permite que los equipos detecten desviaciones y actúen de forma más autónoma (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2015) (Koskela, Tezel, & Tzortzopoulos, Why visual management?., 2018)

En la construcción, la gestión visual se concreta en tableros de planificación (por ejemplo, paneles del Last Planner System), indicadores de avance, señalización de flujos de materiales, mapas de restricciones, controles de seguridad y otros soportes que ayudan a coordinar a

múltiples equipos en un entorno cambiante como la obra. En muchos casos, los tableros utilizados en el LPS combinan planificación de tareas, responsables, fechas y seguimiento del PPC en un soporte físico o digital visible para todo el equipo.

3.5.3. Herramientas de mejora continua y resolución de problemas

A3 y ciclos de mejora

El uso de informes A3 se originó en Toyota como un formato estructurado para analizar problemas, proponer soluciones y hacer seguimiento a la implementación, apoyando el ciclo de mejora continua PDCA (planificar–hacer–comprobar–actuar) (Sobek & Smalley, 2008). Más que un simple documento, el A3 se concibe como un proceso que obliga a clarificar el problema, analizar sus causas, definir objetivos, proponer contramedidas, planificar su implementación y verificar resultados.

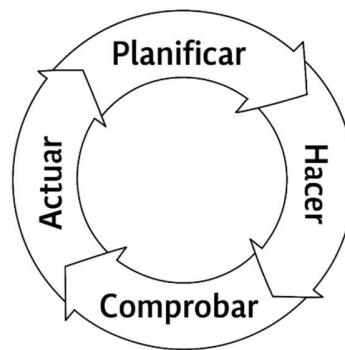


Figura 3. Ciclos de mejora. Elaboración propia.

En proyectos de construcción, los informes A3 pueden utilizarse para abordar problemas recurrentes de calidad, coordinación o seguridad en obra, documentando de forma clara el análisis de causas y las acciones de mejora acordadas por el equipo. Esta herramienta contribuye a crear una cultura en la que los problemas se hacen visibles y se abordan de manera sistemática, en lugar de tratarse como incidencias aisladas.

Kaizen y reuniones de mejora

El término Kaizen se asocia a la idea de mejora continua mediante pequeños cambios realizados de forma constante, con la participación de las personas que ejecutan el trabajo. En la práctica, esto puede tomar la forma de reuniones periódicas de mejora, talleres



específicos (kaizen events) o espacios estructurados para recoger propuestas de los equipos de obra. Integrar estas prácticas en la gestión de proyectos facilita la identificación de desperdicios, la estandarización de buenas prácticas y el aprendizaje colectivo.

3.5.4. Herramientas para la gestión del flujo y de los materiales

Sistemas pull y Kanban

La lógica pull se basa en que la producción se activa por la demanda real del proceso siguiente y no por decisiones unilaterales o previsiones rígidas. En la industria automotriz, esta lógica se materializa en herramientas como el Kanban, que coordina el suministro de materiales mediante tarjetas o señales que autorizan la reposición en función del consumo (Ohno, 1988).

En la construcción, la aplicación de sistemas pull suele articularse a través de la planificación colaborativa y de la preparación del trabajo en el Last Planner System, asegurando que las actividades solo se liberan cuando se cumplen las condiciones necesarias para su ejecución. En algunos casos, también se utilizan mecanismos inspirados en Kanban para gestionar el flujo de materiales y suministros hacia la obra, con el objetivo de reducir inventarios excesivos, evitar faltantes y mejorar la coordinación con proveedores y subcontratistas. Una representación simplificada de esta lógica muestra cómo cada proceso “tira” del anterior cuando necesita trabajo o materiales.

En la Tabla 1 se sintetizan las herramientas Lean Construction consideradas en este estudio, utilizando códigos que se retomarán posteriormente en el diseño de la investigación.

Código	Herramienta Lean	Enfoque
H1	Last Planner System (LPS)	Sistema de planificación y control de la producción basado en compromisos fiables y planificación colaborativa en distintos niveles de detalle.
H2	Metodología 5S	Metodología para ordenar, limpiar y estandarizar el lugar de trabajo, buscando un entorno más seguro, eficiente y fácil de gestionar.

Código	Herramienta Lean	Enfoque
H3	Gestión visual	Uso de elementos visuales (tableros, paneles, señales) que permiten entender rápidamente el estado del proceso, las metas y los problemas en obra.
H4	Informes A3 y ciclos PDCA	Formato estructurado que apoya el ciclo planificar–hacer–verificar–actuar, facilitando el análisis de problemas y la mejora continua.
H5	Kaizen y reuniones de mejora	Prácticas de mejora continua a partir de pequeños cambios frecuentes, impulsados por los propios equipos de trabajo.
H6	Sistemas pull y mecanismos tipo Kanban	Lógica de producción en la que las actividades y los suministros se activan en función de la demanda real del proceso siguiente, evitando acumulación e ineficiencias.

Tabla 1. Herramientas Lean Construction consideradas en el estudio.

3.6. Barreras para la implementación

La literatura coincide en que Lean Construction no se adopta de forma automática ni lineal en las organizaciones. Su implementación suele enfrentarse a un conjunto de barreras de naturaleza diversa que, si no se identifican y gestionan de manera explícita, limitan el alcance de los resultados esperados. Estas barreras pueden agruparse en varios niveles: organizacional y cultural, de conocimiento y formación, de procesos y herramientas, contractual y de cadena de suministro, tecnológico y del entorno externo (Ballard & Howell, 2003) (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018) (Koskela & Howell, The underlying theory of project management is obsolete., 2002).

3.6.1. Organizacional y cultural

Una de las barreras más frecuentes es la resistencia al cambio. Muchas empresas constructoras mantienen estructuras jerárquicas tradicionales, con toma de decisiones centralizada y una cultura orientada al cumplimiento mínimo de contratos más que a la mejora continua. Esto dificulta la adopción de prácticas que exigen transparencia en la



planificación, trabajo colaborativo entre áreas y discusión abierta de problemas. La visión de Lean como “moda” o como conjunto de herramientas puntuales, y no como un cambio de paradigma de gestión, también actúa como freno (Koskela L. , 2000) (Mejía-Plata C. , 2015)

3.6.2. Conocimiento y la formación

La falta de comprensión profunda de los principios Lean y de sus herramientas específicas limita su aplicación coherente. En numerosos contextos, los equipos de obra reciben capacitaciones puntuales o parciales, sin un programa sistemático que abarque mandos directivos, mandos intermedios y personal de campo. La ausencia de perfiles internos con experiencia práctica en Lean Construction obliga a depender de consultores externos o a implementar de manera fragmentada, lo que reduce la consolidación de la metodología (Alarcón L. F., 1997) (Mejía-Plata C. , 2015) (Mejía-Plata, y otros, 2016).

3.6.3. Procesos y herramientas

La implementación suele chocar con sistemas de planificación, control y seguimiento diseñados bajo lógicas tradicionales. La coexistencia de cronogramas rígidos, escasa integración entre planificación a largo, medio y corto plazo, ausencia de indicadores de fiabilidad de la planificación y limitada gestión visual genera conflictos con la lógica de Last Planner System, los sistemas pull o las rutinas de mejora continua. Además, la falta de estandarización de procesos y de datos dificulta medir y aprender de los resultados (Ballard G. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) (Formoso, Isatto, & Hirota, 1999) (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002)

3.6.4. Contractual y de la cadena de suministro

La predominancia de esquemas de contratación centrados en el precio y en la transferencia de riesgos, desincentiva la colaboración temprana y la transparencia. La relación con subcontratistas y proveedores suele basarse en negociaciones de corto plazo, con escaso intercambio de información y una débil alineación de objetivos. Esto entra en tensión con los principios Lean de integración de la cadena de valor y de coordinación temprana entre actores (Ballard & Howell, 2003)

3.6.5. Barreras tecnológicas

Se relacionan con la limitada digitalización de procesos, el uso fragmentado de herramientas de planificación y seguimiento, y la falta de integración entre plataformas (por ejemplo, entre modelos BIM, sistemas de planificación y sistemas de control de costos). Aunque Lean no depende estrictamente de la tecnología, la ausencia de soportes digitales adecuados puede dificultar la gestión de información necesaria para planificar, medir y retroalimentar los procesos de forma ágil. La literatura sobre gestión visual y transparencia en entornos Lean refuerza la importancia de disponer de soportes adecuados para el intercambio de información (Tezel, Koskela y Tzortzopoulos 2015).

3.6.6. Entorno externo

Marcos normativos, prácticas habituales del mercado, presión por plazos y precios— también puede actuar como barrera. En contextos donde la competencia se basa casi exclusivamente en el menor costo inicial y donde no se valoran explícitamente prácticas de colaboración, innovación o mejora continua, las empresas disponen de pocos incentivos para invertir en cambios estructurales de su forma de gestionar proyectos. En el caso colombiano, la sensibilidad del sector a los ciclos económicos, la informalidad y la variabilidad de la demanda refuerzan estas dificultades (BBVA, 2024) (Camacol, 2024) (Sarmiento-Rojas, González-Sanabria, & Hernández Carrillo, 2020).

En conjunto, estas barreras explican por qué muchas organizaciones declaran interés por Lean Construction, pero solo alcanzan niveles superficiales de implementación. Su identificación y priorización resulta clave para diseñar estrategias realistas de adopción en la industria de la construcción en Colombia.

A partir de la literatura revisada, en la Tabla 2 se recogen las principales barreras para la implementación de Lean Construction que se considerarán en este estudio.

Código	Barrera principal	Enfoque
B1	Resistencia al cambio	Preferencia por prácticas tradicionales y rechazo o desconfianza frente a nuevas formas de planificar y gestionar los proyectos.

Código	Barrera principal	Enfoque
B2	Falta de conocimiento y formación en Lean	Desconocimiento de los principios y herramientas de Lean Construction por parte de directivos, mandos intermedios y equipos de obra.
B3	Dificultad de integración con sistemas de planificación existentes	Problemas para articular herramientas Lean con cronogramas, sistemas de control y procedimientos ya implantados en la empresa.
B4	Esquemas contractuales centrados en el precio y reparto de riesgos	Contratos que priorizan el menor precio y la transferencia de riesgos, limitando la colaboración y la transparencia entre actores.
B5	Relación poco colaborativa con subcontratistas y proveedores	Vínculos de corto plazo y enfoque transaccional que dificultan la planificación conjunta y la integración de la cadena de suministro.
B6	Limitada digitalización e integración de la información de obra	Uso fragmentado de herramientas y sistemas, que impide contar con información integrada para gestionar el flujo de trabajo.
B7	Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros	

Tabla 2. Barreras para la implementación de Lean Construction.

3.7. Beneficios de la implementación

Diversos estudios de casos y experiencias internacionales resaltan que la implementación consistente de Lean Construction puede generar beneficios significativos en el desempeño de los proyectos y en el funcionamiento interno de las empresas constructoras. Estos beneficios se suelen agrupar en cuatro dimensiones principales: resultados de proyecto, procesos internos, personas y resultados de negocio (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).



3.7.1. Resultados de proyecto

Los beneficios más reportados se relacionan con la mejora en el cumplimiento de plazos, la reducción de costos asociados a desperdicios y retrabajos, y el incremento de la calidad del producto final. La mejora en la planificación colaborativa, la identificación temprana de restricciones y la gestión de la variabilidad permiten reducir desviaciones en cronograma y presupuesto. A su vez, la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor contribuye a optimizar recursos y a disminuir costos indirectos. (Thomas, Horman, L., & Zavřski, 2002) (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005).

3.7.2. Procesos internos

La implementación de herramientas como Last Planner System, 5S o la gestión visual favorece un mayor control del flujo de trabajo, una mejor coordinación entre equipos y una detección más temprana de problemas. Esto se traduce en una reducción de la variabilidad en producción, en una mayor confiabilidad de los compromisos de corto plazo y en una mayor capacidad de aprendizaje organizacional (Ballard G. , 2000) (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2015).

3.7.3. Dimensión de personas

Lean Construction promueve la participación activa de los equipos en la planificación y resolución de problemas, lo que puede mejorar la comunicación, el clima de trabajo y la motivación. La identificación y eliminación de condiciones inseguras o innecesarias, así como la mejora en la organización de espacios y procesos (por ejemplo, mediante 5S y gestión visual), contribuyen también a la seguridad y salud en el trabajo. En la medida en que los trabajadores perciben que sus aportes son tenidos en cuenta y que las mejoras tienen impacto real, aumenta el sentido de pertenencia hacia el proyecto y la empresa (Sobek & Smalley, 2008) (Ballard & Howell, 2003).

3.7.4. Resultados de negocio

La mejora en plazos, costos y calidad se traduce en mayor rentabilidad de los proyectos, mejor reputación frente a clientes y mayor capacidad para competir en licitaciones y procesos de selección. La capacidad de entregar proyectos con menos desviaciones y de manera más

confiable puede abrir oportunidades de contratos recurrentes y de relaciones de largo plazo con clientes y socios estratégicos (Alarcón, y otros 2005). En el contexto latinoamericano, se ha señalado que las empresas que consolidan prácticas Lean logran posicionarse como referentes en cuanto a productividad y desempeño de proyectos (Pavez, Alarcón y Salvatierra 2018).

En síntesis, los beneficios asociados a la implementación de Lean Construction van más allá de la reducción de desperdicios aislados. Cuando se integra en la forma de gestionar los proyectos y la organización, Lean puede convertirse en un motor de mejora integral del desempeño técnico, económico y humano en la industria de la construcción (Ballard & Howell, 2003).

La Tabla 3 resume los principales beneficios asociados en la literatura a la implementación de Lean Construction en proyectos de construcción.

Código	Beneficio principal	Enfoque
BE1	Mejora en el cumplimiento de plazos	Reducción de desviaciones respecto al cronograma previsto, gracias a una planificación más fiable y a un mejor control del flujo de trabajo.
BE2	Reducción de costos por desperdicios y retrabajos	Disminución de actividades que no agregan valor (esperas, movimientos innecesarios, retrabajos), con impacto en los costos del proyecto.
BE3	Mayor estabilidad del flujo de trabajo	Reducción de la variabilidad e interrupciones en la producción, facilitando una ejecución más continua y predecible.
BE4	Mejora de la calidad del producto entregado	Disminución de defectos, no conformidades y reclamaciones del cliente sobre el resultado de la obra.
BE5	Mejora del entorno de trabajo y de la seguridad	Organización más ordenada y segura del espacio de trabajo, con reducción de condiciones inseguras.

Código	Beneficio principal	Enfoque
BE6	Incremento de la rentabilidad de los proyectos	Mejora del desempeño económico de los proyectos como resultado combinado de mejores plazos, costos y calidad.

Tabla 3. Beneficios asociados a la implementación de Lean Construction.

3.8. Factores facilitadores de la implementación de Lean Construction

La presencia de barreras importantes no implica que la implementación de Lean Construction sea inviable. La experiencia acumulada en distintos países muestra que existe un conjunto de factores facilitadores que incrementan las probabilidades de éxito y aceleran la consolidación de la metodología en las empresas y en el sector (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018).

A continuación, se presentan los factores más relevantes:

3.8.1. Liderazgo y compromiso de la alta dirección

Cuando la dirección de la empresa asume Lean Construction como parte de su estrategia y no solo como un conjunto de herramientas de moda, se generan condiciones para asignar recursos, dar continuidad a las iniciativas y alinear los objetivos de los distintos niveles de la organización. El apoyo visible de la gerencia facilita también la superación de resistencias internas y legitima los cambios en la forma de planificar y controlar los proyectos (Ballard & Howell, 2003) (Mejía-Plata C. , 2015).

3.8.2. Formación y desarrollo de competencias

Constituye otro factor clave. Programas estructurados de capacitación, que combinen fundamentos teóricos con aplicaciones prácticas en proyectos reales, favorecen la apropiación de los conceptos Lean por parte de jefes de proyecto, jefes de obra, planificadores y equipos de campo. La existencia de “líderes Lean” internos —personas con mayor experiencia que acompañan a otros equipos— puede acelerar el aprendizaje y reducir la dependencia de asesorías externas (Hoyos-Restrepo y Botero 2021).



3.8.3. Consolidación de una cultura de mejora continua y trabajo colaborativo

La promoción de espacios formales para la reflexión sobre problemas, el análisis de causas raíz, la experimentación controlada de soluciones y la estandarización de buenas prácticas refuerza la lógica de ciclos de mejora (planificar–hacer–verificar–actuar). De igual forma, la generación de dinámicas colaborativas entre actores del proyecto —incluyendo subcontratistas y proveedores— facilita la implementación de sistemas pull, planificación colaborativa y coordinación temprana de interfaces (Sobek & Smalley, 2008) (Ballard & Howell, 2003).

3.8.4. Contractual y de gobernanza de proyectos

Los esquemas de contratación que promueven la transparencia, la alineación de incentivos y el reparto equilibrado de riesgos pueden favorecer la implementación de Lean. Mecanismos como la participación temprana de contratistas, acuerdos marco con proveedores, incentivos ligados a resultados globales del proyecto o contratos colaborativos pueden crear un entorno más propicio para la planificación conjunta y la gestión de la variabilidad (Ballard & Howell, 2003) (Pavez, Alarcón, & Salvatierra, 2018).

3.8.5. Soportes metodológicos y tecnológicos

Disponer de plantillas, guías internas, procedimientos claros y herramientas de apoyo para reuniones de planificación, seguimiento de restricciones, control de producción y visualización de información reduce la incertidumbre sobre “cómo aplicar” Lean en el día a día. La integración con herramientas digitales de planificación, control de obra y, eventualmente, con modelos BIM puede potenciar la capacidad de análisis y de toma de decisiones basada en datos, en línea con las recomendaciones sobre gestión visual y transparencia en procesos Lean. (Tezel, Koskela y Tzortzopoulos 2015).

3.8.6. Experiencias piloto y el acompañamiento externo

La ejecución de proyectos piloto —con objetivos y métricas definidos— permite demostrar resultados tangibles, generar casos de éxito internos y adaptar los enfoques a la realidad de cada empresa. El apoyo de consultores, asociaciones sectoriales, universidades u otras entidades puede aportar marcos de referencia, formación y espacios de intercambio de

experiencias entre organizaciones (Mejía-Plata, y otros 2016) (Pavez, Alarcón y Salvatierra 2018).

En el contexto de la industria de la construcción en Colombia, la combinación de estos factores facilitadores con un análisis realista de las barreras existentes resulta esencial para diseñar estrategias efectivas de implementación de Lean Construction a nivel de empresa y de sector (Hoyos-Restrepo & Botero, 2021). En la Tabla 4 se sintetizan los factores que, de acuerdo con la literatura, facilitan la implementación de Lean Construction en las empresas y proyectos de construcción.

Cód	Factor facilitador	Enfoque
F1	Liderazgo y compromiso de la alta dirección	Implicación explícita de la dirección en impulsar Lean Construction como parte de la estrategia de la empresa.
F2	Programas de formación en Lean	Existencia de acciones sistemáticas de capacitación en principios y herramientas Lean para distintos perfiles.
F3	Cultura de mejora continua y aprendizaje	Entorno organizativo en el que los problemas se hacen visibles, se analizan y se abordan mediante ciclos de mejora.
F4	Trabajo colaborativo con subcontratistas y proveedores	Prácticas de coordinación temprana y relaciones de colaboración con actores de la cadena de suministro.
F5	Esquemas contractuales e incentivos alineados	Contratos y mecanismos de incentivos que favorecen la transparencia y el logro de objetivos compartidos de proyecto.
F6	Soportes metodológicos y herramientas digitales de apoyo	Disponibilidad de procedimientos, plantillas y herramientas TIC que facilitan la aplicación de Lean en obra.
F7	Proyectos piloto y acompañamiento externo	Realización de proyectos piloto Lean con apoyo de consultores, universidades o asociaciones sectoriales.

Tabla 4. Factores facilitadores de la implementación de Lean Construction.

4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo describe el diseño metodológico de la investigación. En primer lugar, se detalla la fase teórica, centrada en la revisión de la literatura y en la definición de las variables de estudio. A continuación, se expone el diseño de la encuesta empleada para la recogida de datos, el trabajo de campo realizado y, finalmente, los criterios utilizados para el análisis de la información obtenida. El propósito es mostrar de forma transparente cómo se pasa del marco teórico desarrollado en el capítulo anterior a la obtención y tratamiento de la evidencia empírica sobre la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia.

4.1. Fase teórica: revisión de la literatura y definición de variables

La fase teórica de la investigación tuvo como objetivo identificar, a partir de la literatura especializada, los conceptos clave, herramientas, barreras, beneficios y factores facilitadores relacionados con la implementación de Lean Construction, y traducirlos en variables observables que pudieran medirse mediante una encuesta dirigida a profesionales del sector.

4.1.1. Revisión de la literatura

La fase teórica de la investigación se inicia con una revisión de la literatura orientada a identificar cómo se ha abordado la implementación de Lean Construction en distintos contextos, con especial atención a América Latina y a países con características socioeconómicas comparables a Colombia. Esta revisión permite establecer el marco conceptual sobre el que se apoyan las decisiones de diseño de la encuesta y la interpretación posterior de los resultados.

En una primera etapa se revisan trabajos que analizan la implementación de Lean Construction a nivel de país o región, incluyendo tesis de máster recientes desarrolladas en la Universitat Politècnica de València sobre los casos de Perú, Ecuador e Iberoamérica. Estos estudios ofrecen diagnósticos estructurados sobre el nivel de conocimiento y uso de herramientas Lean, las barreras y desafíos para su adopción y los beneficios percibidos en la industria de la construcción de cada contexto.



En una segunda etapa se incorporan artículos publicados en congresos y revistas especializadas en Lean Construction y gestión de proyectos, que documentan experiencias de implementación y análisis de impacto en distintos países. Entre ellos se incluyen estudios de caso y análisis cuantitativos sobre el uso del Last Planner System y otras herramientas Lean, así como revisiones específicas de la situación en América Latina y en Colombia.

A partir de este conjunto de trabajos se identifican cuatro bloques temáticos coherentes con los objetivos de la investigación:

- (i) herramientas de Lean Construction utilizadas en obra;
- (ii) barreras o desafíos para su implementación;
- (iii) beneficios percibidos en términos de plazos, costos, productividad, calidad, seguridad y satisfacción del cliente; y
- (iv) factores facilitadores que incrementan las probabilidades de éxito.

Estos bloques guían el análisis sistemático de los estudios seleccionados y la posterior definición de las variables incluidas en la encuesta.

4.1.2. Selección y análisis de artículos

A partir de la revisión general de la literatura se seleccionó un conjunto de estudios considerados especialmente relevantes para los objetivos de esta investigación, por su enfoque en la implementación de Lean Construction a nivel de sector o de país y por el detalle con el que abordan herramientas, barreras, beneficios y factores facilitadores.

La selección se realizó aplicando los siguientes criterios:

- Pertinencia temática: estudios que analizan explícitamente la implementación de Lean Construction o de sus principales herramientas en la industria de la construcción.
- Enfoque geográfico: prioridad a trabajos desarrollados en América Latina o en contextos próximos a Colombia, sin excluir aportes internacionales de referencia.
- Rigor metodológico: uso de métodos explícitos de obtención y análisis de datos (encuestas, estudios de caso, análisis estadístico, revisiones estructuradas).



- Contribución a las variables del estudio: identificación clara de herramientas, barreras, beneficios y/o facilitadores, susceptibles de ser operacionalizados en ítems de encuesta.

Con los estudios que cumplen estos criterios se elaboró una matriz de análisis, en la que para cada referencia se registra el tipo de documento, el país o ámbito de aplicación, las dimensiones analizadas (herramientas, barreras, beneficios, facilitadores) y los principales aportes para el diseño de la encuesta. Esta matriz permite justificar de forma transparente la selección de variables y asegurar la coherencia entre el marco teórico y los instrumentos de recogida de datos.

La Tabla 5 resume los estudios incluidos en esta matriz y su contribución a la definición de las variables de investigación.

Cód.	Referencia	País/ ámb	Tipo de estudio	Dimensiones analizadas	Principales aportes para la investigación
E1	Casas Candia, M. (2022). TFM UPV sobre implementación de Lean Construction en Perú.	Perú	Tesis de máster. Revisión bibliográfica + encuesta a profesionales de la construcción. Análisis estadístico (RII, análisis factorial, chi-cuadrado).	Herramientas Lean, barreras/desafíos, beneficios.	Proporciona una estructura clara de cuestionario basada en literatura previa, combinando bloques de herramientas concretas, grupos de barreras y beneficios operativos/de negocio. Referencia directa para el diseño de bloques H, B y BE y para el uso de RII y análisis factorial.
E2	Pavez, I., Alarcón, L. F., & Salvatierra, J. L. (2018). Artículo IGLC sobre Lean en Latinoamérica.	América Latina	Revisión de experiencias de Lean Construction en distintos países latinoamericanos.	Estado de adopción, herramientas utilizadas, barreras y retos.	Ofrece una visión de conjunto sobre la adopción de Lean Construction en América Latina, identificando herramientas más difundidas, barreras recurrentes y vacíos de investigación. Justifica la necesidad de un diagnóstico específico para Colombia y valida los cuatro bloques H, B, BE y F.
E3	Mejía-Plata, C. (2015). Trabajo de	Colombia	Estudio empírico sobre nivel de madurez de LPS	Madurez LPS, barreras,	Aporta evidencia directa del contexto colombiano sobre el grado de

Cód.	Referencia	País/ ámb	Tipo de estudio	Dimensiones analizadas	Principales aportes para la investigación
	grado sobre madurez del Last Planner System en Bogotá.	(Bogotá)	en empresas de Bogotá. Encuesta a profesionales.	condiciones organizativas.	implementación de LPS, barreras internas (cultura, formación, procesos) y necesidades de soporte. Sirve para ajustar los ítems de herramientas (H1) y barreras (B1–B3) a la realidad de empresas colombianas.
E4	Mejía-Plata, C., et al. (2016). Artículo IGLC “A route map for implementing Last Planner® System in Bogotá, Colombia”.	Colombia (Bogotá)	Estudio aplicado con propuesta de hoja de ruta para la implantación de LPS.	Herramienta LPS, barreras, factores facilitadores.	Propone una hoja de ruta de implementación de LPS y detalla factores facilitadores (liderazgo, formación, acompañamiento, estandarización). Referencia clave para definir el bloque de facilitadores F1–F7 y para conectar resultados de la encuesta con la futura hoja de ruta para Colombia.
E5	Hoyos-Restrepo, M. F., & Botero, L. F. (2021). Artículo en revista sobre	Colombia	Estudio de caso en proyectos colombianos con implementación de LPS. Análisis de	Beneficios (plazos, coordinación, desperdicio),	Reafirma que LPS es la herramienta Lean más difundida en Colombia y documenta beneficios (mejor cumplimiento de planes, reducción de desperdicios) y barreras (integración con planificación tradicional,

Cód.	Referencia	País/ ámb	Tipo de estudio	Dimensiones analizadas	Principales aportes para la investigación
	implementación de LPS en Colombia.		desempeño y percepciones.	barreras prácticas, facilitadores.	cultura, contratos). Apoya la selección de beneficios BE1–BE3 y de barreras B3–B5.
E6	Alarcón, L. F., et al. (2005). Artículo IGLC “Assessing the impacts of implementing Lean Construction”.	Proyectos en América Latina (principalmente Chile)	Evaluación cuantitativa de impactos de la implantación de Lean en proyectos piloto.	Beneficios en plazos, costos, productividad, calidad.	Aporta evidencia empírica de mejoras en indicadores de desempeño (PPC, plazos, costos, productividad) tras implementar Lean Construction. Justifica la inclusión de beneficios BE1–BE3 y BE6 y orienta la definición de indicadores de desempeño que se mencionarán en la hoja de ruta.
E7	Formoso, C. T., Isatto, E. L., & Hirota, E. H. (1999). Artículo IGLC sobre control de desperdicios en edificación.	Proyectos de edificación (Brasil)	Desarrollo de método para identificar y controlar desperdicios en obras de edificación.	Desperdicios, medición y control, impacto en costos.	Fundamenta la importancia de los desperdicios y retrabajos como componente clave de los beneficios de Lean (BE2) y apoya la inclusión de variables relacionadas con reducción de desperdicios y mejora en el control de costos en el cuestionario.
E8	Thomas, H. R., et al. (2002). Artículo J. Constr. Eng.	Proyectos de construcción	Estudio sobre la relación entre variabilidad de	Variabilidad, estabilidad del	Refuerza el vínculo entre reducción de variabilidad y mejora del desempeño, lo que sustenta la variable “mayor estabilidad

Cód.	Referencia	País/ ámb	Tipo de estudio	Dimensiones analizadas	Principales aportes para la investigación
	Manage. sobre reducción de variabilidad.	cción (EE. UU.)	producción y desempeño de los proyectos.	flujo, desempeño de proyecto.	del flujo de trabajo” (BE3) y la atención a herramientas que controlan el flujo (H1, H6).
E9	Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2015). Artículo sobre gestión visual en construcción industrial.	Constru cción industri al (caso internac ional)	Estudio de caso sobre prácticas de gestión visual y sus efectos.	Herramientas de gestión visual, beneficios operativos, condiciones de implementación.	Aporta un marco específico para la gestión visual, reforzando su papel como herramienta Lean (H3) y su relación con beneficios en comunicación, coordinación y detección temprana de problemas. Ayuda a definir ítems sobre uso de tableros y paneles visuales en la encuesta.

Tabla 5. Matriz de análisis de estudios previos sobre implementación de Lean Construction.

4.1.3. Definición de variables de la investigación

A partir de los estudios sintetizados en la Tabla 5 y del marco teórico desarrollado en el capítulo 3, se definieron las variables que estructuran el análisis de esta investigación. El objetivo de esta fase fue traducir en variables observables los conceptos de herramientas de Lean Construction, barreras para su implementación, beneficios percibidos y factores facilitadores, de forma que pudieran medirse mediante una encuesta dirigida a profesionales del sector de la construcción en Colombia.

En una primera etapa se elaboró, a partir de la literatura y de los trabajos de referencia, un listado amplio de posibles herramientas, barreras, beneficios y facilitadores. Este listado inicial incluía prácticamente todos los elementos que aparecen en los estudios previos sobre implementación de Lean Construction a nivel de país o región. Posteriormente, el listado se depuró aplicando tres criterios:

- Pertinencia respecto a los objetivos del estudio: se priorizaron las variables relacionadas con el grado de implementación de Lean Construction, las dificultades para su adopción y los resultados percibidos en proyectos de construcción.
- Evitar solapamientos entre variables muy similares, agrupando formulaciones próximas en categorías más generales.
- Viabilidad del cuestionario: se limitó el número de ítems por bloque para que el instrumento fuera manejable para los encuestados, sin perder representatividad de las dimensiones clave.

Como resultado de este proceso, las variables de la investigación se organizaron en cinco bloques principales:

1. **Variables descriptivas del encuestado y de la empresa/proyecto:** Incluyen información sobre el perfil del participante (cargo, formación, años de experiencia en el sector), las características de la empresa (tipo de empresa, tamaño, ámbito geográfico de actuación) y de los proyectos en los que participa (tipo de obra, rol principal, experiencia previa con Lean Construction, etc.). Estas variables permiten

caracterizar la muestra, identificar posibles sesgos de representación y analizar diferencias en función de perfil y contexto.

2. **Bloque de herramientas Lean Construction (H1–H6):** Este bloque recoge seis variables que representan las herramientas Lean más citadas en los estudios previos y con mayor potencial de aplicación en obra: Last Planner System, 5S, gestión visual, informes A3 y ciclos de mejora, Kaizen y reuniones de mejora, y sistemas pull/Kanban. Para cada herramienta se mide el grado de uso en los proyectos de la empresa mediante una escala tipo Likert de cinco puntos, desde “nunca” hasta “siempre”. Estas variables permiten estimar el nivel de implementación de Lean Construction en la práctica y compararlo entre distintos tipos de empresas y proyectos.
3. **Bloque de barreras para la implementación (B1–B7):** Las barreras seleccionadas agrupan los obstáculos más relevantes identificados en estudios sobre Iberoamérica y sobre Colombia, en particular aquellos de naturaleza cultural y organizativa (resistencia al cambio, falta de formación), de procesos (dificultad de integrar Lean con sistemas existentes), de entorno contractual (enfoque centrado en precio y transferencia de riesgos), de relaciones con la cadena de suministro (relaciones poco colaborativas con subcontratistas y proveedores) y tecnológicos (limitada digitalización e integración de la información). Cada barrera se mide mediante el grado de acuerdo con una afirmación específica, utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos (desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”). Estas variables se utilizan como factores explicativos del nivel de implementación de Lean y de los beneficios percibidos.
4. **Bloque de beneficios percibidos (BE1–BE6):** Este bloque recoge seis beneficios asociados en la literatura a la implementación de Lean Construction: mejora en el cumplimiento de plazos, reducción de costos por desperdicios y retrabajos, mayor estabilidad del flujo de trabajo, mejora de la calidad del producto, mejora del entorno de trabajo y de la seguridad, e incremento de la rentabilidad de los proyectos. De nuevo, se emplea una escala tipo Likert de cinco puntos para que los encuestados indiquen su grado de acuerdo con afirmaciones del tipo “la aplicación de prácticas

Lean mejora el cumplimiento de los plazos de los proyectos”. Estas variables se interpretan principalmente como **resultados** vinculados al grado de implementación de Lean y a las condiciones organizativas existentes.

5. **Bloque de factores facilitadores (F1–F7):** Por último, se consideran siete factores que la literatura identifica como facilitadores de la implementación de Lean Construction: compromiso de la alta dirección, existencia de programas de formación específicos, cultura de mejora continua, trabajo colaborativo con subcontratistas y proveedores, esquemas contractuales e incentivos alineados, disponibilidad de soportes metodológicos y herramientas digitales, y desarrollo de proyectos piloto con acompañamiento externo. Al igual que en el bloque de barreras y beneficios, se solicita a los encuestados que valoren su grado de acuerdo con afirmaciones que describen la situación actual en sus empresas, utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos. Estas variables permiten caracterizar el entorno organizativo y de proyecto en el que se intenta implementar Lean, y se emplean como factores facilitadores potenciales del uso de herramientas Lean y de la obtención de beneficios.

En conjunto, la combinación de estos cinco bloques de variables permite, por un lado, describir el estado de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia y, por otro, explorar posibles relaciones entre el uso de herramientas Lean, las barreras y facilitadores percibidos, los beneficios asociados y las características de las empresas y proyectos.

4.1.4. Definición de la población y la muestra de estudio

La población objetivo de esta investigación está constituida por profesionales que trabajan en empresas del sector de la construcción en Colombia y que participan en la gestión, planificación o ejecución de proyectos de edificación e infraestructura. Se incluyen perfiles como directivos, jefes de proyecto, jefes de obra, responsables de planificación y otros profesionales técnicos con capacidad para opinar de manera informada sobre las prácticas de gestión de proyectos y la implementación de metodologías Lean Construction.

La unidad de observación es el profesional que responde la encuesta, mientras que la unidad de análisis es la empresa y sus proyectos, dado que las preguntas recogen información tanto



del perfil del encuestado como de las características organizativas y del nivel de implementación de Lean Construction en la organización. Esta distinción permite analizar la relación entre prácticas Lean y variables asociadas a la empresa, aun cuando la información se obtenga a través de individuos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Debido a la inexistencia de un marco muestral completo, actualizado y accesible que permita identificar y seleccionar de forma aleatoria a todos los profesionales del sector de la construcción en Colombia con roles comparables, no fue posible aplicar un muestreo probabilístico. En particular, no existe una base de datos pública que integre simultáneamente información sobre profesión, rol desempeñado, tipo de empresa, participación en proyectos y datos de contacto que permita garantizar probabilidades conocidas y distintas de cero para cada unidad de la población. En este contexto, se optó por un muestreo no probabilístico de tipo intencional y por conveniencia, basado en la participación voluntaria de los encuestados. (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019) (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

La encuesta se difundió a través de redes profesionales, contactos académicos y canales relacionados con el sector de la construcción, con el objetivo de alcanzar profesionales de distintas regiones del país y de diferentes tipos y tamaños de empresa. Este enfoque es habitual en estudios exploratorios y descriptivos en el ámbito de la gestión de la construcción y de Lean Construction, cuando el acceso a la población es limitado y el interés principal se centra en identificar patrones, percepciones y relaciones entre variables más que en la inferencia estadística estricta. (Malhotra, 2008) (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019)

En consecuencia, la muestra obtenida no permite la generalización estadística de los resultados al conjunto del sector de la construcción en Colombia. No obstante, los datos recopilados permiten describir el estado de la implementación de Lean Construction en las organizaciones representadas, identificar barreras, beneficios y facilitadores percibidos, y explorar relaciones entre variables relevantes. Esta limitación se tiene en cuenta en la interpretación de los resultados y en la formulación de conclusiones.

En cuanto al tamaño muestral, aunque no se aplica un cálculo clásico basado en error muestral y nivel de confianza —propio de diseños probabilísticos—, se estableció un tamaño objetivo con base en criterios metodológicos habitualmente empleados en investigaciones exploratorias con encuestas. En particular, se consideraron la necesidad de asegurar estabilidad en los resultados descriptivos, la posibilidad de realizar comparaciones básicas entre subgrupos (por ejemplo, según tipo o tamaño de empresa) y la viabilidad de análisis de fiabilidad interna de las escalas utilizadas. Diversos autores señalan que, para este tipo de análisis, tamaños muestrales del orden de 100 respuestas válidas constituyen un umbral práctico y razonable, siempre que se reconozcan las limitaciones inherentes al muestreo no probabilístico. (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2019) (Field, 2018)

4.2. Diseño de la encuesta (elaboración + validación)

4.2.1. Estructura de la encuesta

El instrumento de recogida de datos utilizado en esta investigación fue un cuestionario estructurado, dirigido a profesionales del sector de la construcción en Colombia que participan en la gestión, planificación o ejecución de proyectos de edificación e infraestructura. El cuestionario se diseñó en formato electrónico, de manera que pudiera difundirse mediante correo electrónico y redes profesionales.

El contenido del cuestionario se organizó en bloques coherentes con las variables definidas en el apartado 4.1.3:

- **Bloque A. Datos generales del encuestado y de la empresa/proyecto:** Incluye preguntas sobre el cargo del encuestado, su formación, años de experiencia en el sector, tipo y tamaño de la empresa, ámbito geográfico de actuación y tipo de proyectos en los que participa. También se recoge si la empresa ha aplicado o no prácticas de Lean Construction y, en caso afirmativo, desde cuándo.
- **Bloque B. Nivel global de implementación de Lean Construction:** Incluye una pregunta de autoevaluación en la que el encuestado valora, en una escala numérica, el nivel de implementación de Lean Construction en su empresa.



- **Bloque C. Uso de herramientas Lean Construction (H1–H6):** Contiene una serie de ítems que recogen la frecuencia de uso de las herramientas identificadas en el capítulo 3 (Last Planner System, 5S, gestión visual, informes A3 y ciclos de mejora, Kaizen y sistemas pull/Kanban).
- **Bloque D. Barreras para la implementación (B1–B6):** Incluye ítems que recogen el grado de acuerdo del encuestado con diferentes afirmaciones sobre posibles barreras a la implementación de Lean Construction en su empresa.
- **Bloque E. Beneficios percibidos (BE1–BE6):** Integrado por ítems que evalúan la percepción de los encuestados sobre los beneficios asociados a la implementación de Lean Construction en los proyectos.
- **Bloque F. Factores facilitadores (F1–F7):** Recoge el grado de acuerdo con afirmaciones relativas a condiciones organizativas y de proyecto que pueden facilitar la implementación de Lean Construction.
- **Bloque G. Valoración de barreras críticas y propuesta de mejora:** Incluye una pregunta en la que se pide al encuestado que identifique las barreras que considera más críticas y una pregunta abierta sobre las acciones que, en su opinión, serían más relevantes para mejorar la implementación de Lean Construction en su empresa o en el sector.

4.2.2. Tipos de preguntas y escalas de respuesta

En el cuestionario se emplearon principalmente preguntas cerradas de tipo Likert, complementadas con una pregunta de escala numérica y una pregunta abierta. Esta combinación busca equilibrar la comparabilidad cuantitativa de las respuestas con la posibilidad de recoger aportes cualitativos que enriquezcan la interpretación de los resultados.

En el bloque B, relativo al nivel global de implementación de Lean Construction, se utilizó una escala numérica de 0 a 5, en la que 0 corresponde a “ausencia total de prácticas Lean” y 5 a “implementación muy avanzada de Lean Construction en la empresa”. Esta pregunta



proporciona un indicador sintético que permite comparar la percepción de los encuestados sobre el grado de implementación Lean entre distintos perfiles y tipos de empresa.

En los bloques C, D, E y F se utilizaron escalas tipo Likert, diferenciadas según el tipo de variable evaluada:

- Para las herramientas Lean (bloque C), se empleó una escala de frecuencia de uso de cinco puntos, con las categorías: “nunca”, “rara vez”, “a veces”, “a menudo” y “siempre”.
- Para las barreras, beneficios y factores facilitadores (bloques D, E y F), se utilizó una escala de grado de acuerdo de cinco puntos, con las categorías: “totalmente en desacuerdo”, “en desacuerdo”, “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”.

Las escalas tipo Likert permiten tratar las respuestas como variables ordinales y realizar análisis descriptivos y exploratorios (frecuencias, medias, rankings, correlaciones, agrupación en dimensiones), de forma similar a lo realizado en estudios previos sobre la implementación de Lean Construction a nivel de país (E1–E3). La utilización de la misma estructura de escala en los distintos bloques facilita la comparación de resultados y contribuye a reducir el esfuerzo cognitivo para los encuestados.

Finalmente, en el bloque G se incluyó:

- una pregunta en la que se solicita al encuestado que indique cuáles son, a su juicio, las barreras más críticas para la implementación de Lean Construction,
- y una pregunta abierta en la que se le pide que proponga las acciones que considera prioritarias para mejorar dicha implementación en su empresa o en el sector.

Las respuestas a estas preguntas permiten complementar el análisis cuantitativo con una perspectiva cualitativa, identificar matices que no se recogen en las escalas cerradas y aportar insumos directos para la propuesta de hoja de ruta que se desarrolla en los capítulos finales del trabajo.

4.2.3. Encuesta



Encuesta nacional: Estado actual de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia – 2025

Estimado/a profesional,

Esta encuesta forma parte del Trabajo de Fin de Máster “Análisis de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia”, realizado en la Universidad Politècnica de Valencia.

Sus respuestas son completamente anónimas y se utilizarán exclusivamente con fines académicos.

¡Muchas gracias por su valioso aporte!

BLOQUE A. DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO Y DE LA EMPRESA

1. Tipo de organización en la que trabaja actualmente:

- ☐ Empresa constructora de edificación
- ☐ Empresa constructora de infraestructura
- ☐ Consultoría/ Diseño
- ☐ Oficina de gerencia / interventoría / project management
- ☐ Otro (especificar): _____

2. Cargo principal que desempeña en la organización:

- ☐ Dirección / Gerencia general
- ☐ Director/a de proyectos
- ☐ Jefe/a de obra
- ☐ Responsable de planificación / programación
- ☐ Ingeniero/a residente / coordinador/a de producción
- ☐ Profesional de SST / calidad
- ☐ Otro (especificar): _____

3. Años de experiencia profesional en el sector de la construcción:

- ☐ Menos de 3 años
- ☐ Entre 3 y 5 años
- ☐ Entre 6 y 10 años
- ☐ Más de 10 años

4. Máximo nivel de estudios alcanzado:

- ☐ Técnico / Tecnólogo
- ☐ Pregrado
- ☐ Especialización
- ☐ Maestría
- ☐ Doctorado

5. Tamaño aproximado de la empresa (número de empleados):

- ☐ Menos de 20



BLOQUE A. DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO Y DE LA EMPRESA

- ☐ Entre 20 y 50
☐ Entre 51 y 100
☐ Entre 100 y 249
☐ 250 o más

6. Ciudad principal de operación de la empresa:

- ☐ Bogotá
☐ Medellín
☐ Cali
☐ Barranquilla
☐ Cartagena
☐ Otras (especificar) _____

7. Tipo de proyectos en los que participa principalmente:

- ☐ Edificación residencial
☐ Edificación no residencial (oficinas, hospitales, educativos, etc.)
☐ Infraestructura vial (carreteras, puentes, metro, etc.)
☐ Infraestructura hidráulica / saneamiento
☐ Mixto (más de uno de los anteriores)

8. ¿Ha escuchado hablar de Lean Construction?

- ☐ Sí
☐ No

BLOQUE B. NIVEL GLOBAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION

9. En una escala de 0 a 5, donde 0 significa “no se aplican prácticas Lean” y 5 significa “Lean Construction está muy implantado en la empresa”, ¿cómo valoraría el nivel actual de implementación de Lean Construction en su empresa?

	0
	1
	2
	3
	4
	5



BLOQUE C. USO DE HERRAMIENTAS LEAN (H1–H6)

10. A continuación, se presentan distintas herramientas asociadas a Lean Construction. Indique con qué frecuencia se utilizan en los proyectos de su empresa.

Afirmación	Nunca	Rara vez	A veces	A menudo	Siempre
En los proyectos de su empresa se utiliza el sistema Last Planner System (LPS) para planificar y controlar la producción. (H1)					
En los frentes de obra, talleres y zonas de acopio se aplican prácticas de orden y limpieza tipo 5S . (H2)					
Se utilizan tableros, paneles u otros soportes de gestión visual para hacer visible el estado del proyecto (planificación, avances, restricciones, indicadores, etc.). (H3)					
Se emplean informes A3 u otros formatos estructurados para analizar problemas y definir acciones de mejora. (H4)					
Se realizan reuniones específicas y periódicas de mejora continua (Kaizen) con los equipos de obra. (H5)					
Se utilizan sistemas pull o mecanismos tipo Kanban para coordinar el inicio de actividades y el suministro de materiales en función de la demanda real del proceso siguiente. (H6)					



BLOQUE D. BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN (B1–B6)

11. Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre posibles barreras para implementar Lean Construction en su empresa.

Afirmación	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
En mi empresa existe resistencia a cambiar las formas tradicionales de planificar y gestionar los proyectos de construcción. (B1)					
El personal de mi empresa no está suficientemente formado en principios y herramientas de Lean Construction. (B2)					
Resulta difícil integrar herramientas Lean con los sistemas de planificación y control que actualmente utiliza la empresa. (B3)					
Los contratos que se utilizan se centran principalmente en el menor precio y en transferir riesgos, más que en promover la colaboración. (B4)					
La relación con subcontratistas y proveedores es principalmente de corto plazo y poco colaborativa. (B5)					
Los sistemas de información que utilizamos en obra están poco integrados y dificultan la gestión del flujo de trabajo. (B6)					
Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros. (B7)					



BLOQUE E. BENEFICIOS PERCIBIDOS (BE1-BE6)

12. Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre posibles beneficios de aplicar Lean Construction.

Afirmación	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La implementación de prácticas Lean mejora el cumplimiento de los plazos de los proyectos. (BE1)					
Lean Construction ayuda a reducir desperdicios y retrabajos en los proyectos. (BE2)					
Con la aplicación de Lean se logra un flujo de trabajo más estable y con menos interrupciones. (BE3)					
La aplicación de Lean contribuye a reducir defectos y no conformidades en las obras. (BE4)					
Lean contribuye a mejorar la organización del entorno de trabajo y la seguridad en obra. (BE5)					
En general, la rentabilidad de los proyectos mejora cuando se aplican prácticas Lean. (BE6)					

BLOQUE F. FACTORES FACILITADORES (F1-F7)

13. Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre condiciones que pueden facilitar la implementación de Lean Construction en su empresa.

Afirmación	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La alta dirección de mi empresa está comprometida con la implementación de Lean Construction. (F1)					
En mi empresa existen programas de formación específicos en Lean Construction para distintos perfiles. (F2)					
En mi empresa se fomenta de forma sistemática la mejora continua y el aprendizaje a partir de los problemas. (F3)					
En los proyectos se trabaja de forma colaborativa con subcontratistas y proveedores desde etapas tempranas. (F4)					
Los contratos e incentivos utilizados favorecen la transparencia y el logro de objetivos comunes de proyecto. (F5)					
La empresa dispone de procedimientos, plantillas y herramientas digitales que facilitan la aplicación de Lean en obra. (F6)					
Se han desarrollado proyectos piloto Lean con algún tipo de acompañamiento externo (consultores, universidades, asociaciones, etc.). (F7)					

BLOQUE G. BARRERAS CRÍTICAS Y PROPUESTAS DE MEJORA (MIXTO)

14. De las siguientes barreras, seleccione las tres que considera más críticas para la implementación de Lean Construction en su empresa.

- ☐ Resistencia al cambio en mandos y equipos
- ☐ Falta de conocimiento y formación en Lean Construction
- ☐ Dificultad de integrar Lean con los sistemas actuales de planificación y control
- ☐ Esquemas contractuales centrados en precio y transferencia de riesgo
- ☐ Relación poco colaborativa con subcontratistas y proveedores
- ☐ Limitada digitalización e integración de la información de obra
- ☐ Otra (especificar): _____

15. En su opinión, ¿qué acciones serían más importantes para mejorar la implementación de Lean Construction en su empresa o en el sector de la construcción en Colombia?

Figura 4. Encuesta realizada. Elaboración propia

4.2.4. Validación de la encuesta

El instrumento de recogida de datos utilizado en esta investigación consistió en un cuestionario estructurado, diseñado específicamente para analizar el nivel de implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, así como las barreras, beneficios y factores facilitadores asociados a su adopción.

El diseño del cuestionario se basó en la revisión de la literatura académica relacionada con Lean Construction y con estudios empíricos previos desarrollados en el ámbito de la gestión de proyectos de construcción, especialmente en contextos latinoamericanos. A partir de dicha revisión, se identificaron las variables clave del estudio y se definieron los ítems incluidos en cada bloque del cuestionario, procurando asegurar la coherencia entre el marco teórico, los objetivos de la investigación y las preguntas formuladas.

El cuestionario se estructuró en siete bloques temáticos: (A) información general del encuestado, (B) nivel de conocimiento y aplicación de Lean Construction, (C) uso de herramientas Lean, (D) barreras para la implementación, (E) beneficios percibidos, (F) factores facilitadores y (G) preguntas abiertas orientadas a recoger opiniones y sugerencias

adicionales. Esta estructura permitió abordar el fenómeno de estudio de forma integral y facilitó el posterior análisis de los resultados.

En cuanto a las escalas de medición, se emplearon escalas tipo Likert de cinco puntos para evaluar la frecuencia de uso de herramientas Lean y el grado de acuerdo con afirmaciones relacionadas con barreras, beneficios y factores facilitadores. Este tipo de escalas permitió recoger de manera sistemática las percepciones y valoraciones de los encuestados.

Previo a su aplicación, el cuestionario fue revisado y aprobado por el tutor académico del Trabajo Final de Máster, quien evaluó su coherencia con los objetivos de la investigación, la claridad de las preguntas y la adecuación de las escalas empleadas.

Finalmente, se reconoce que, al tratarse de un instrumento basado en la autopercepción de los encuestados, los resultados pueden estar sujetos a sesgos derivados de la experiencia individual o del grado de familiaridad con la metodología Lean Construction. Estas limitaciones se tendrán en cuenta en la interpretación de los resultados.

4.3. Población objetivo, muestra y muestreo

4.3.1. Población objetivo:

La población objetivo del estudio está compuesta por ingenieros civiles y roles afines que participan en proyectos de construcción en Colombia y que, por su experiencia y funciones, se encuentran en capacidad de valorar el estado de adopción de Lean Construction en su organización. Para efectos del estudio, se consideran roles afines aquellos cargos con responsabilidad directa sobre la planificación, programación, producción, control y mejora del desempeño del proyecto (por ejemplo: residente de obra, jefe/director de obra, coordinador de planificación/programación, calidad, SST, control de costos o mejora continua), independientemente de la profesión base, siempre que su desempeño esté vinculado al proceso constructivo y a la gestión del proyecto.

Dado que en Colombia no existe un registro público único que identifique y permita contactar a todos los profesionales que cumplen simultáneamente con: (i) profesión/cargo, (ii) participación en proyectos de construcción y (iii) datos de contacto, no es posible conocer con precisión el tamaño real de la población objetivo definida. Por tanto, para dimensionar



el universo de referencia (orden de magnitud) se utiliza como proxy verificable el número de profesionales matriculados en Ingeniería Civil reportado por el COPNIA. En El COPNIA en cifras 2021, Ingeniería Civil registra 122.831 matriculados (histórico 1939–2021). (COPNIA, 2021)

Esta cifra no equivale al total de profesionales actualmente activos en construcción, ni incluye la totalidad de roles afines (p. ej., arquitectos u otros perfiles), por lo que se emplea únicamente como referencia contextual del tamaño potencial del universo asociado a proyectos de construcción y no como conteo exacto de la población accesible del estudio.

4.3.2. Tipo de muestreo

El estudio se desarrolló mediante un muestreo no probabilístico (por conveniencia y difusión dirigida), dado que no se dispone de un marco muestral completo y accesible que permita seleccionar participantes aleatoriamente (por ejemplo, un listado único y actualizado de profesionales del sector con datos de contacto). En este contexto, el enfoque aplicado es coherente con estudios exploratorios basados en encuestas, donde el acceso a participantes depende de disponibilidad y redes de contacto.

4.3.3. Determinación del tamaño de muestra (referencial)

Dado que el muestreo del presente estudio es no probabilístico, no se plantea un error muestral formal ni se busca estimar parámetros poblacionales con inferencia estadística estricta. No obstante, se incluye un cálculo referencial para justificar el orden de magnitud de respuestas obtenidas.

Para estimar el tamaño muestral en estudios de proporciones se emplea la fórmula de Cochran para poblaciones grandes:

$$n_0 = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Donde Z es el valor crítico asociado al nivel de confianza, p la proporción esperada del atributo en la población, $q = 1 - p$ y e es el error máximo tolerable. (Cochran, 1977)

Considerando un nivel de confianza del 95% ($Z=1,96$) y máxima variabilidad ($p=0.5$; $q=0.5$), el cálculo produce un tamaño aproximado de:

- Para $e=10\%$: $n_0 = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)}{0.10^2} = 96.04 \approx 96$
- Para $e=11\%$: $n_0 = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)}{0.11^2} = 79.37 \approx 80$

Si se aplica la corrección por población finita

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

usando como referencia $N=122.831$ (COPNIA, 2021), el ajuste es mínimo por el gran tamaño del universo.

En este marco, el tamaño logrado en el estudio ($N=79$ respuestas válidas) se considera coherente para análisis descriptivos y exploratorios, orientados a identificar tendencias, percepciones y relaciones internas en la muestra, manteniendo explícitamente las limitaciones de generalización propias del muestreo no probabilístico.

4.3.4. Limitaciones del muestreo

El estudio se basa en un muestreo no probabilístico por conveniencia y difusión dirigida, condicionado por la inexistencia de un marco muestral completo, actualizado y accesible que permita selección aleatoria y probabilidades conocidas para cada unidad de la población. En consecuencia, los resultados no pueden generalizarse estadísticamente al conjunto del sector de la construcción en Colombia, sino que describen patrones y percepciones en las organizaciones y perfiles efectivamente representados en la muestra. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019)

Entre las principales limitaciones asociadas se consideran: (i) sesgo de selección/autoselección (participan con mayor probabilidad quienes tienen interés o exposición previa a Lean Construction), (ii) sesgo de cobertura (no todos los profesionales del sector tuvieron la misma probabilidad real de enterarse y responder), y (iii) subrepresentación potencial de ciertos tipos de empresa o regiones. Para mitigar estos riesgos, la encuesta se difundió en redes profesionales y contactos de diferentes perfiles,



buscando diversidad regional y organizacional; adicionalmente, la interpretación de resultados se realiza con enfoque descriptivo–exploratorio, y se reportan explícitamente los tamaños válidos por ítem cuando existen valores omitidos.

4.4. Trabajo de campo (difusión + recolección de datos)

La recogida de datos se llevó a cabo mediante un cuestionario en formato online, con el objetivo de facilitar la participación de profesionales del sector de la construcción ubicados en distintas regiones de Colombia y permitir una difusión amplia del instrumento.

El cuestionario fue difundido a través de redes profesionales, contactos académicos y canales relacionados con el ámbito de la ingeniería civil y la gestión de proyectos de construcción. La participación fue voluntaria y anónima, garantizando en todo momento la confidencialidad de la información proporcionada por los encuestados.

El periodo de recogida de datos se desarrolló durante los meses de noviembre, diciembre del año 2025 y parte de enero de 2026, manteniéndose el cuestionario abierto durante varias semanas con el fin de maximizar el número de respuestas y favorecer la participación de profesionales con diferentes perfiles y niveles de experiencia en el sector.

Como criterio de inclusión, se consideraron válidas únicamente las respuestas de profesionales que indicaron trabajar en empresas del sector de la construcción en Colombia y que participan, directa o indirectamente, en la gestión, planificación o ejecución de proyectos. Las respuestas incompletas o aquellas que no cumplieran estos criterios fueron excluidas del análisis.

En relación con los aspectos éticos, se informó a los participantes sobre el propósito académico del estudio y sobre el uso exclusivamente investigativo de los datos, de acuerdo con los principios de confidencialidad y consentimiento informado.

4.5. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis exploratorio, con el objetivo de caracterizar el nivel de implementación de Lean Construction



en las empresas representadas y analizar las percepciones de los profesionales encuestados en relación con las barreras, beneficios y factores facilitadores asociados a su adopción.

En una primera etapa, se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables, utilizando frecuencias y porcentajes para las variables categóricas, así como medidas de tendencia central y dispersión para las variables medidas mediante escalas tipo Likert. Este análisis permitió identificar patrones generales y tendencias en las respuestas obtenidas.

Se calcularon los siguientes estadísticos descriptivos: media, mediana, primer cuartil (Q1), tercer cuartil (Q3), rango intercuartílico (IQR) y desviación estándar, los cuales se muestran a continuación.

Media

La media aritmética representa el valor promedio de un conjunto de datos y se utiliza para identificar la tendencia central de las respuestas obtenidas. Este estadístico es sensible a valores extremos, por lo que se complementa con otros indicadores.

Formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$ es la media

x_i es cada uno de los valores observados

n es el número total de observaciones

Mediana

La mediana es el valor central del conjunto de datos cuando estos se ordenan de menor a mayor. A diferencia de la media, no se ve afectada por valores extremos, por lo que resulta especialmente útil en distribuciones asimétricas o en escalas tipo Likert.

Definición matemática:



$$\bar{x} = x \frac{n+1}{2}$$

Primer cuartil Q1

El primer cuartil (Q1) corresponde al valor por debajo del cual se encuentra el 25 % de las observaciones. Permite analizar el comportamiento del grupo con respuestas más bajas dentro del conjunto de datos.

Formula:

$$Q1 = \frac{n+1}{4}$$

Tercer cuartil Q3

El tercer cuartil (Q3) representa el valor por debajo del cual se encuentra el 75 % de los datos, reflejando el comportamiento del grupo con respuestas más altas.

Formula:

$$Q3 = \frac{3(n+1)}{4}$$

Rango intercuartílico (IQR)

El rango intercuartílico (IQR) mide la dispersión de la parte central de los datos, excluyendo los valores extremos. Es especialmente útil para analizar la variabilidad de respuestas en encuestas.

Fórmula:

$$IQR=Q3-Q1$$

Desviación estándar

La desviación estándar mide el grado de dispersión de los datos respecto a la media, indicando qué tan alejadas están las respuestas del valor promedio. Valores altos indican mayor variabilidad entre las respuestas de los encuestados.

Fórmula:



$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Donde:

S es la desviación estándar muestral

X_i es cada observación

$\bar{x}$ es la media

n es el número de observaciones

Posteriormente, se realizaron análisis exploratorios orientados a comparar los resultados entre distintos grupos de interés, tales como el tipo de empresa, el tamaño de la organización o el nivel de conocimiento de Lean Construction, siempre desde un enfoque descriptivo y no inferencial.

Con el fin de evaluar la consistencia interna de los bloques de preguntas relacionados con barreras, beneficios y factores facilitadores, se analizó la fiabilidad de las escalas empleadas, siempre que el tamaño muestral y la distribución de los datos lo permitieran.

Asimismo, las respuestas a las preguntas abiertas fueron analizadas mediante un enfoque de análisis cualitativo básico, identificando temas recurrentes y patrones comunes que complementan los resultados cuantitativos y aportan una visión más contextualizada del fenómeno estudiado.

En todo momento, los resultados se interpretaron considerando las limitaciones derivadas del muestreo no probabilístico y del carácter exploratorio del estudio.

Se obtuvieron 79 respuestas válidas. Algunas preguntas presentan valores perdidos, especialmente en las preguntas abiertas, lo cual es habitual en encuestas online. Para el análisis se empleó el criterio de exclusión por pares, utilizando en cada caso el número de respuestas válidas disponibles.

4.6. Fiabilidad de los datos

Con el fin de garantizar la calidad de la información recolectada y sustentar el análisis posterior, se evaluó la fiabilidad interna de los bloques de ítems tipo Likert incluidos en el cuestionario. En particular, se analizaron los bloques correspondientes a Barreras (P11), Beneficios (P12) y Factores facilitadores (P13), debido a que cada uno está compuesto por múltiples ítems que pretenden medir un constructo común asociado a la implementación de Lean Construction.

La fiabilidad interna se estimó mediante el alfa de Cronbach (α), coeficiente ampliamente utilizado para evaluar la consistencia de escalas multi-ítem. Para el cálculo, las respuestas se recodificaron a una escala ordinal 1–5, donde los valores mayores representan una mayor intensidad de la percepción evaluada (por ejemplo, mayor acuerdo con la afirmación). El alfa de Cronbach se define como:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

donde k es el número de ítems del bloque, σ_i^2 es la varianza de cada ítem y σ_T^2 es la varianza del puntaje total (suma de ítems) por encuestado. Este coeficiente permite evaluar si un conjunto de ítems presenta coherencia suficiente para considerarse una escala que mide un constructo común.

Dado que el cálculo de α requiere un conjunto de datos completo por bloque (sin valores faltantes en ninguno de los ítems), se adoptó el criterio de casos completos para la estimación del coeficiente en cada dimensión. En consecuencia, el tamaño muestral utilizado para α puede diferir del número de respuestas válidas reportado por ítem. En el bloque de Beneficios (P12), aunque cada afirmación presenta entre 78 y 79 respuestas válidas, existen valores omitidos en ítems diferentes (en dos participantes distintos), lo que reduce el número de casos con respuestas completas en los seis ítems a $N=77$ para el cálculo de α . Este procedimiento evita distorsiones en la varianza total y garantiza la comparabilidad interna entre ítems.

Los resultados obtenidos muestran consistencia interna aceptable a alta en las dimensiones analizadas: Barreras (P11) $\alpha = 0,758$, Beneficios (P12) $\alpha = 0,955$ y Facilitadores (P13) $\alpha =$

0,900. Estos valores respaldan que los ítems de cada bloque presentan un comportamiento coherente y pueden interpretarse como una dimensión agregada. En particular, el valor alto en Beneficios refleja una percepción ampliamente alineada sobre los impactos positivos de Lean; no obstante, al ser un valor muy elevado, puede sugerir también cierta similitud entre ítems, aspecto que se considera aceptable en el marco de este estudio aplicado.

A partir de esta evidencia, se construyeron índices agregados por dimensión para cada encuestado, calculados como el promedio de los ítems del bloque recodificados a escala 1–5. El promedio permite mantener la interpretación en la misma escala original y facilita la comparación entre dimensiones con distinto número de ítems. Para el índice se adoptó el criterio de incluir registros con al menos el 80% de ítems respondidos en cada bloque (≥ 6 de 7 ítems en P11 y P13; ≥ 5 de 6 ítems en P12). Debido al bajo nivel de omitidas, este criterio permitió conservar prácticamente la totalidad de la muestra para los índices. La Tabla 6 resume los resultados de fiabilidad.

Pregunta	No de ítems	Escala	Criterio para α	N para α (casos completos)	α de Cronbach	Media índice	DE
Barreras (P11)	7	1–5 (1=total desacuerdo; 5=total acuerdo)	Casos completos	78	0,758	3,253	0,719
Beneficios (P12)	6	1–5 (1=total desacuerdo; 5=total acuerdo)	Casos completos	77	0,955	3,927	0,813
Facilitadores (P13)	7	1–5 (1=total desacuerdo; 5=total acuerdo)	Casos completos	79	0,900	2,942	0,982

Tabla 6. Resultados de fiabilidad, bloques de ítems tipo Likert en encuesta.



Nota: Se observa un número de respuestas válidas por ítem entre 77–79 debido a valores omitidos. Para el cálculo de α se utilizaron únicamente casos completos del bloque. Para el cálculo del índice agregado se admitieron registros con al menos el 80% de ítems respondidos, manteniéndose $N=79$.

Finalmente, estos índices agregados se emplearán en el análisis posterior como variables resumen de cada dimensión, permitiendo realizar comparaciones y asociaciones con el nivel de implementación Lean y con variables de caracterización de los encuestados, reduciendo la fragmentación del análisis por ítems individuales y mejorando la interpretabilidad de los resultados.



5. RESULTADOS

5.1. Caracterización de la muestra

La muestra analizada estuvo compuesta por 79 respuestas válidas. Para las variables de caracterización (tipo de organización, cargo, experiencia, nivel de estudios, tamaño de empresa, ciudad principal, tipo de proyectos y conocimiento previo de Lean Construction) no se registraron valores perdidos, por lo que el análisis descriptivo se realizó sobre el total de la muestra ($N = 79$).

A continuación, se presenta la distribución de la muestra según las variables de perfil consideradas, con el fin de contextualizar los resultados del nivel de implementación de Lean Construction y las percepciones sobre herramientas, barreras, beneficios y facilitadores.

5.1.1. Tamaño y completitud de la muestra

La muestra analizada en esta investigación estuvo compuesta por 79 respuestas válidas, correspondientes a profesionales que trabajan en el sector de la construcción en Colombia. Todas las respuestas fueron consideradas válidas para el análisis, al cumplir con los criterios de inclusión establecidos en el diseño metodológico del estudio.

En relación con las variables de caracterización de la muestra (P1 a p8)—tipo de organización, cargo principal, años de experiencia, nivel de estudios, tamaño de la empresa, ciudad principal de operación, tipo de proyectos y conocimiento previo de Lean Construction— no se registraron valores perdidos. En consecuencia, el análisis descriptivo del perfil de los encuestados se realizó sobre el total de la muestra ($N=79$), lo que aporta solidez y consistencia a la caracterización inicial de los participantes.

Por otra parte, en los apartados posteriores, pregunta P9 a P15 se evidenciaron algunas preguntas sin responder por parte de los encuestados, por lo que N varía entre 78 y 79 según el ítem; los porcentajes y estadísticos se calcularon sobre respuestas válidas por pregunta

La ausencia de valores perdidos en las variables de perfil permite contextualizar adecuadamente los resultados presentados en los apartados posteriores, al contar con



información completa sobre las características profesionales y organizativas de los encuestados.

5.2. Datos generales del encuestado y de la empresa (P1 a P8)

5.2.1. Tipo de organización (P1)

En relación con el tipo de organización en la que trabajan los profesionales encuestados, la muestra está compuesta mayoritariamente por participantes vinculados directamente a empresas constructoras, tanto del ámbito de la infraestructura como de la edificación. En conjunto, estos dos tipos de organización representan la mayor parte de las respuestas obtenidas.

Asimismo, una proporción relevante de los encuestados trabaja en empresas de consultoría y diseño, mientras que un porcentaje menor corresponde a profesionales que desempeñan su labor en oficinas de gerencia, interventoría o project management. Esta distribución refleja la participación de distintos agentes involucrados en las diferentes fases del ciclo de vida de los proyectos de construcción, aportando diversidad de perspectivas al análisis del nivel de implementación de Lean Construction.

Tipo de organización	Frecuencia	Porcentaje (%)
Empresa constructora de infraestructura	32	40,5%
Empresa constructora de edificación	29	36,7%
Consultoría/ Diseño	12	15,2%
Oficina de gerencia / interventoría / project management	6	7,6%
Total general	79	100%

Tabla 7. Tipo de organización en la que trabajan los encuestados (N=79)

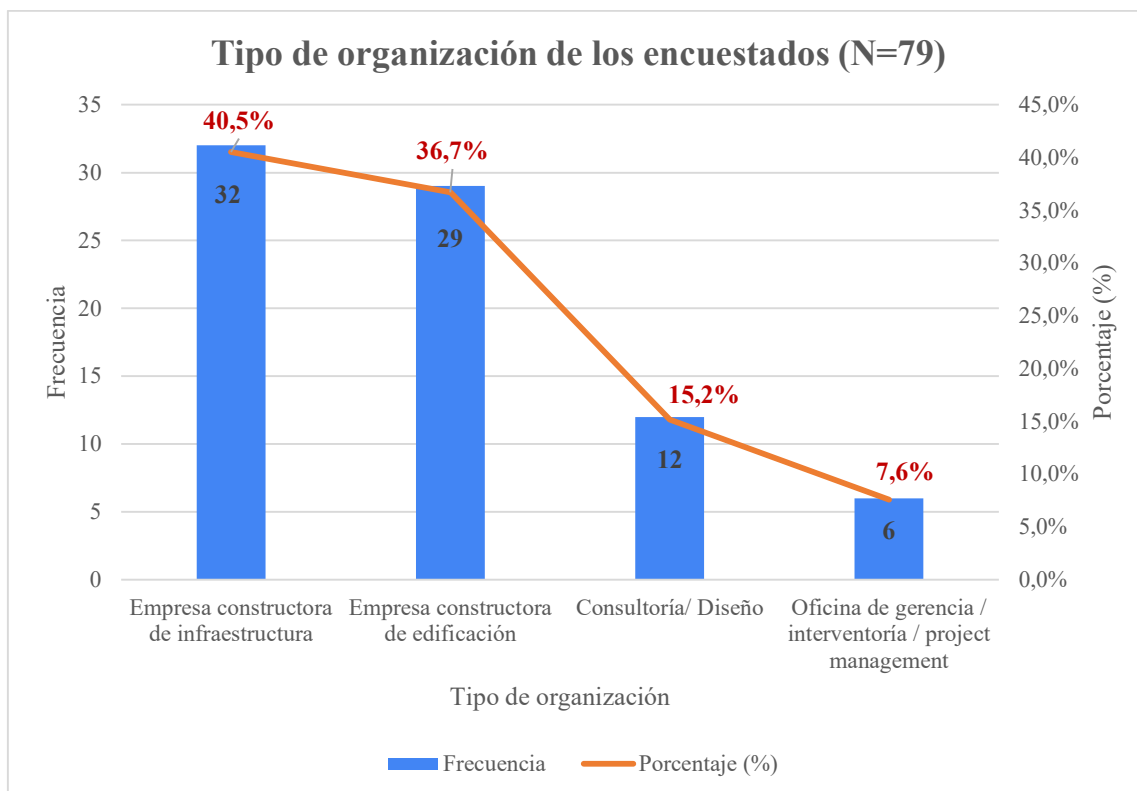


Figura 5. Tipo de organización de los encuestados (N=79).

La mayor proporción de encuestados trabaja en empresas constructoras de infraestructura (40,5%) y edificación (36,7%), seguidas de consultoría/diseño (15,2%) y oficinas de gerencia/interventoría/project management (7,6%).

5.2.2. Cargo principal que desempeñan los encuestados (P2)

En cuanto al cargo principal desempeñado dentro de la organización, la muestra está compuesta mayoritariamente por perfiles vinculados a la ejecución y control de obra. El grupo más representado corresponde a ingenieros/as residentes o coordinadores/as de producción (39,2%), seguido de responsables de planificación/programación (30,4%).

En menor proporción se incluyen jefes/as de obra (11,4%), directores/as de proyectos (7,6%) y cargos de dirección/gerencia general (5,1%). Otros perfiles aparecen con representación puntual ($\leq 2,5\%$). Esta distribución aporta una perspectiva principalmente operativa y de planificación, relevante para analizar el uso de herramientas y prácticas asociadas a Lean Construction.

Cargo principal	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Ingeniero/a residente / coordinador/a de producción	31	39,2%	39,2%
Responsable de planificación / programación	24	30,4%	69,6%
Jefe/a de obra	9	11,4%	81,0%
Director/a de proyectos	6	7,6%	88,6%
Dirección / Gerencia general	4	5,1%	93,7%
Responsable de diseños	2	2,5%	96,2%
I+D	1	1,3%	97,5%
Profesional de SST / calidad	1	1,3%	98,7%
Arquitecto diseñador	1	1,3%	100,0%
Total general	79	100%	100%

Tabla 8. Cargo principal desempeñado por los encuestados (N = 79).

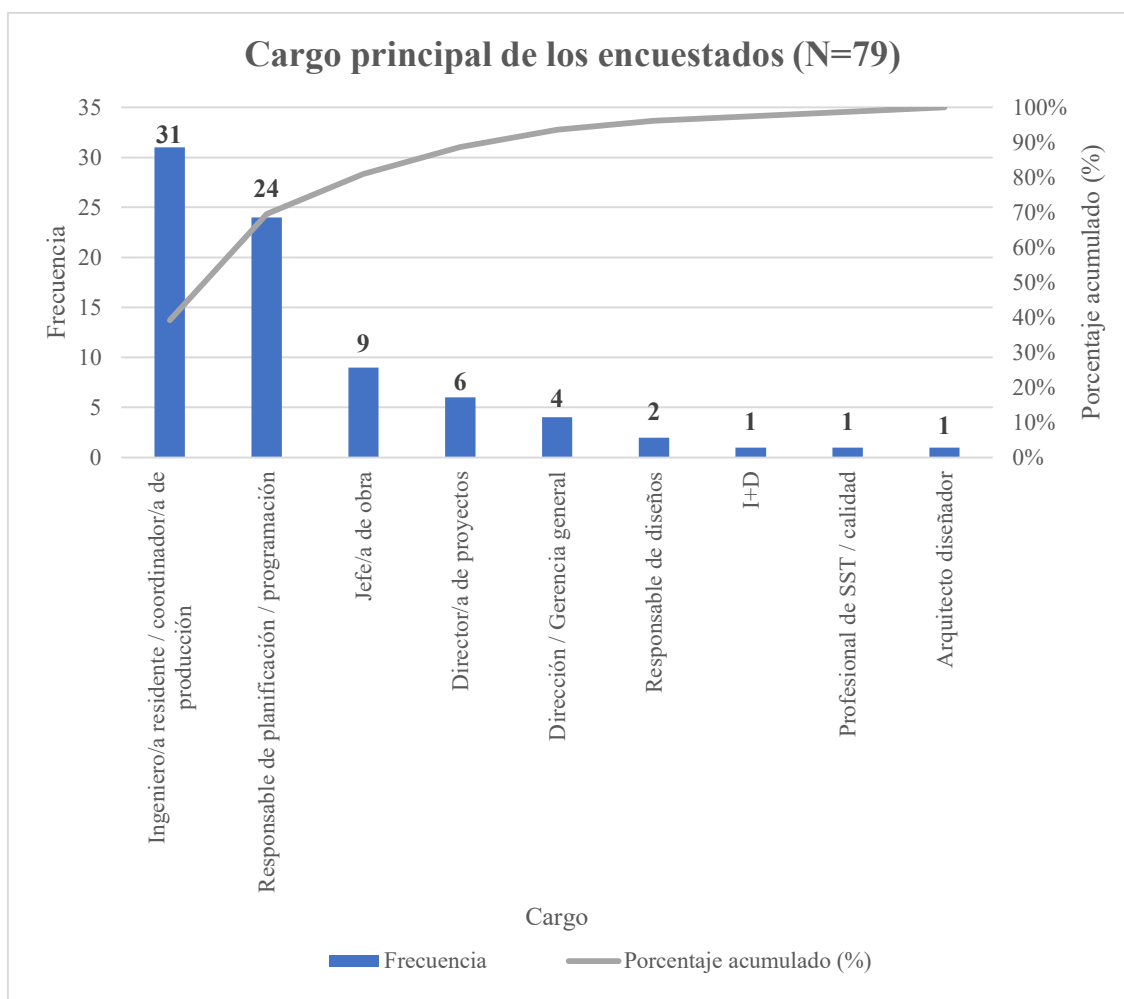


Figura 6. Cargo principal de los encuestados (N = 79).



5.2.3. Años de experiencia profesional en el sector de la construcción (P3)

En relación con los años de experiencia profesional en el sector de la construcción, la muestra presenta una distribución heterogénea. El grupo más representado corresponde a profesionales con entre 3 y 5 años de experiencia (46,8%). Asimismo, se identifican proporciones equivalentes de participantes con menos de 3 años (22,8%) y con entre 6 y 10 años de experiencia (22,8%). Finalmente, un 7,6% de los encuestados reportó contar con más de 10 años de experiencia.

En conjunto, estos resultados indican que la muestra está compuesta principalmente por perfiles con experiencia intermedia, complementados con una representación relevante de profesionales con trayectorias más recientes y con mayor experiencia, lo que aporta diversidad en la perspectiva de los encuestados.

Años de experiencia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menos de 3 años	18	22,8%
Entre 3 y 5 años	37	46,8%
Entre 6 y 10 años	18	22,8%
Más de 10 años	6	7,6%
Total general	79	100%

Tabla 9. Años de experiencia profesional en el sector de la construcción (N = 79).

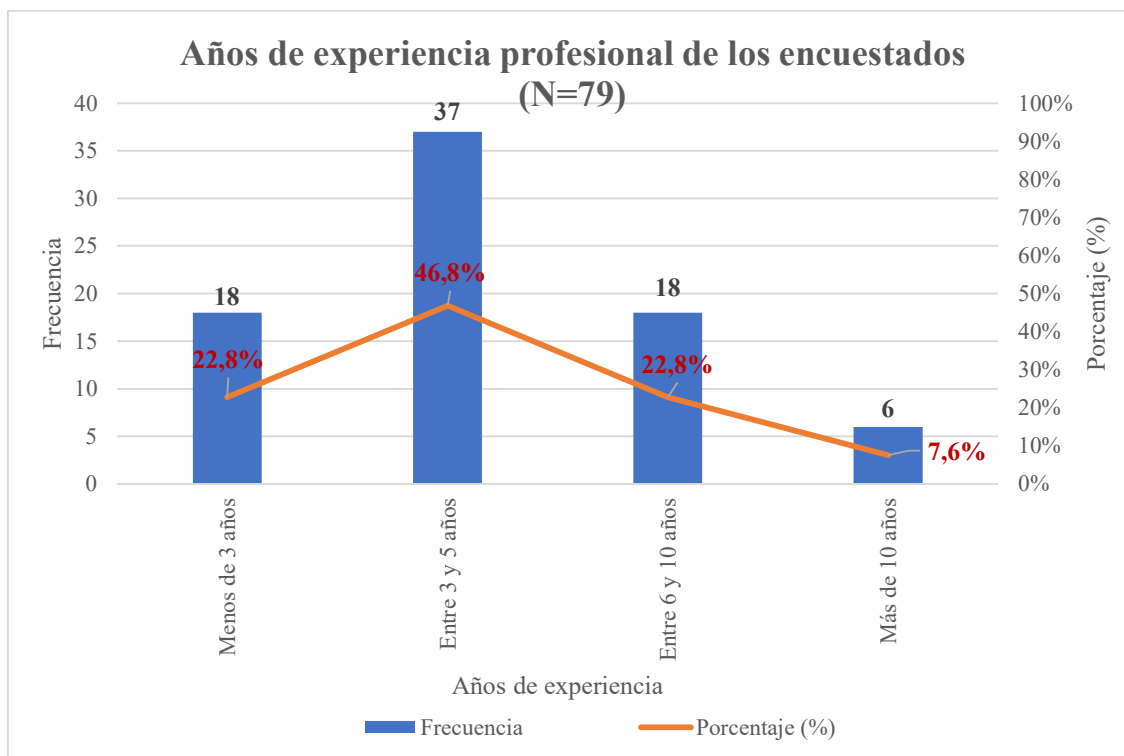


Figura 7. Años de experiencia profesional de los encuestados (N = 79).

5.2.4. Nivel de formación académica alcanzado (P4)

En relación con el nivel de estudios, la muestra presenta un perfil altamente cualificado. La mayor proporción de encuestados reportó contar con Maestría (41,8%), seguida de Especialización (38,0%). Por su parte, un 20,3% indicó como máximo nivel de estudios el Pregrado.

Esta distribución refleja una participación significativa de profesionales con formación de posgrado, lo cual aporta un nivel técnico y académico relevante para valorar prácticas de gestión y metodologías como Lean Construction en el contexto de proyectos de construcción.

Nivel de estudios	Frecuencia	Porcentaje (%)
Pregrado	16	20,3%
Especialización	30	38,0%
Maestría	33	41,8%
Total general	79	100%

Tabla 10. Máximo nivel de estudios alcanzado por los encuestados (N = 79)

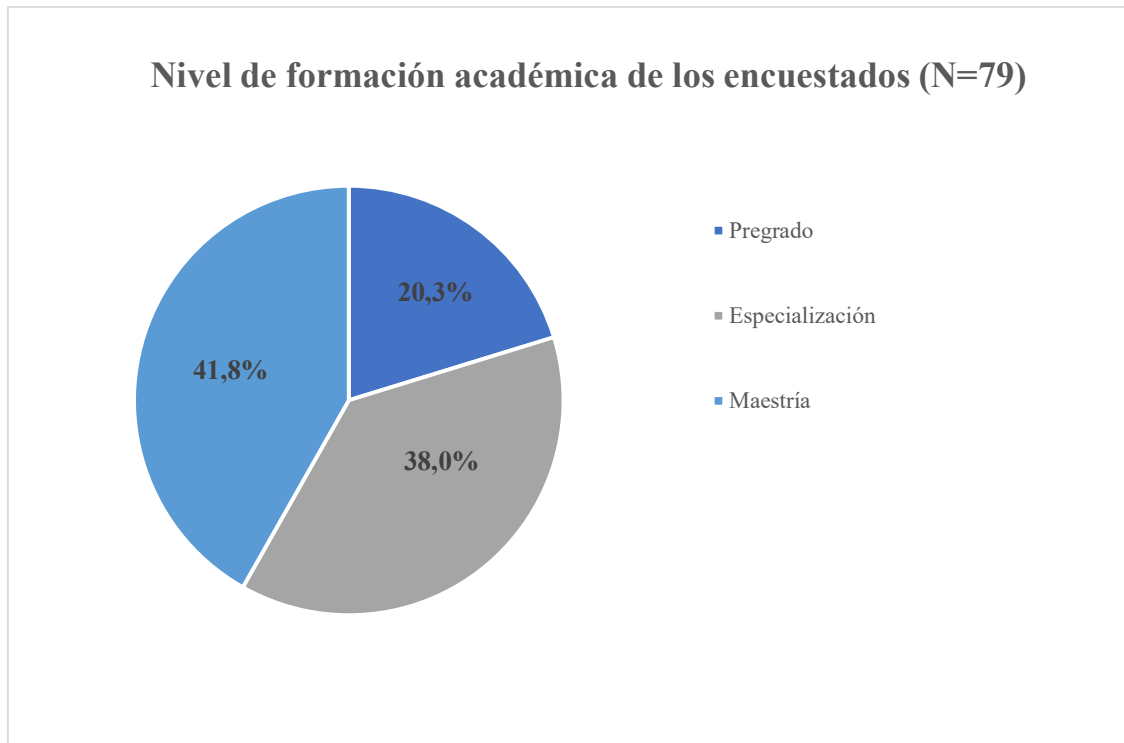


Figura 8. Máximo nivel de estudios alcanzado por los encuestados (N = 79).

5.2.5. Tamaño de la empresa (número de empleados) (P5)

En cuanto al tamaño aproximado de la empresa, la categoría con mayor representación corresponde a organizaciones de 250 empleados o más (44,3%). En segundo lugar, se encuentran las empresas con menos de 20 empleados (21,5%).

El resto de la muestra se distribuye entre empresas de 20 a 50 empleados (11,4%), 51 a 100 empleados (12,7%) y 100 a 249 empleados (10,1%). En conjunto, las empresas de hasta 50 empleados representan el 32,9% de la muestra, lo que evidencia la participación tanto de pequeñas/medianas empresas como de compañías de gran tamaño.

Esta distribución permite analizar posteriormente posibles diferencias en el nivel de implementación de Lean Construction y en la adopción de herramientas según el tamaño organizativo.

Tamaño de la empresa	Frecuencia	Porcentaje (%)
250 o más	35	44,3%
Entre 100 y 249	8	10,1%
Entre 51 y 100	10	12,7%
Entre 20 y 50	9	11,4%
Menos de 20	17	21,5%
Total general	79	100%

Tabla 11. Tamaño aproximado de la empresa (número de empleados) (N = 79).

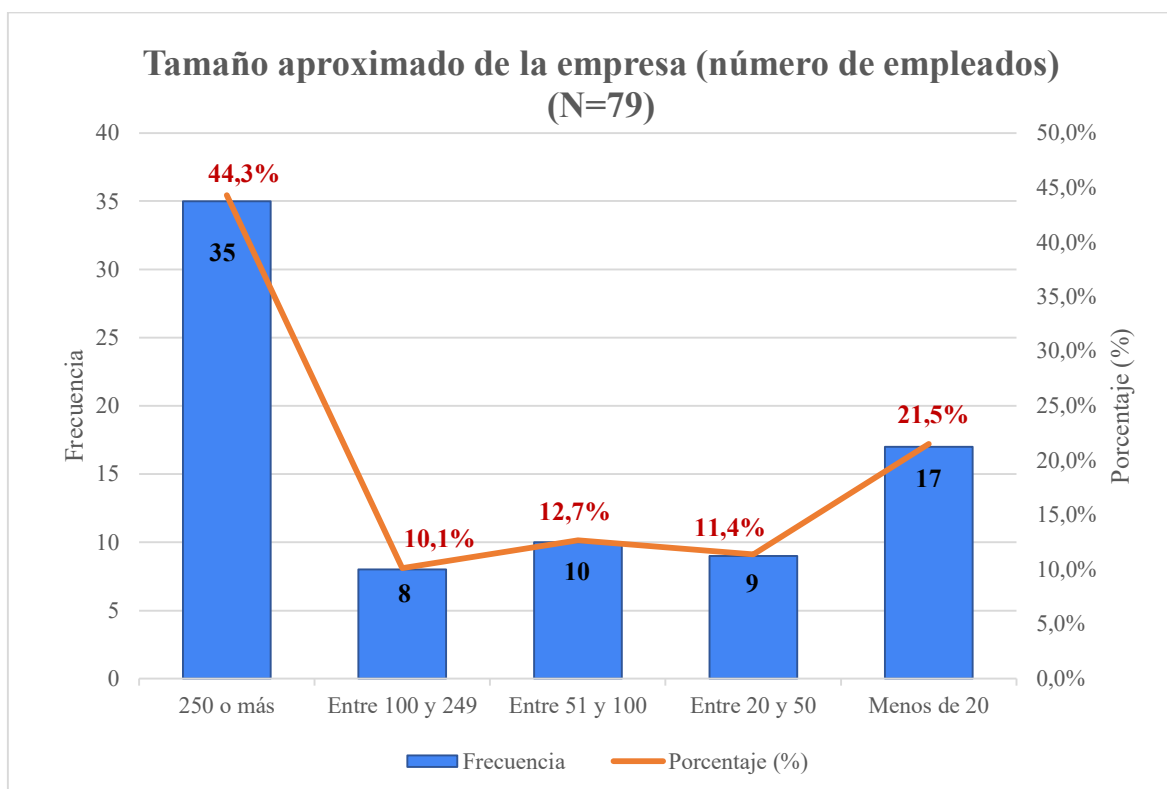


Figura 9. Tamaño aproximado de la empresa (N = 79).

5.2.6. Ciudad principal de operación de la empresa (P6)

En relación con la ciudad principal de operación, la muestra presenta una distribución geográfica diversa; sin embargo, se observa una concentración relevante en Bogotá (55,7%) y Barranquilla (20,3%). En menor proporción, Medellín representa el 6,3% y el resto de respuestas se distribuye entre otras ciudades con participaciones individuales inferiores o iguales al 3,8%, lo que sugiere presencia de profesionales en distintas regiones del país.



Nota metodológica (P6): Se identificaron respuestas con ubicación fuera de Colombia (p. ej., ciudad/país de residencia actual), pero los encuestados confirmaron que sus respuestas se basaron en su experiencia profesional en Bogotá (Colombia). Para asegurar comparabilidad del contexto, estas respuestas se recodificaron a Bogotá en la variable “Ciudad principal de operación”. Se conservó el dato original únicamente en el archivo bruto para trazabilidad.

A continuación, se presenta la distribución completa por ciudad:

Ciudad	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Bogotá	44	55,7%	55,7%
Barranquilla	16	20,3%	75,9%
Medellín	5	6,3%	82,3%
Pasto	3	3,8%	86,1%
San Gil	2	2,5%	88,6%
Pereira	2	2,5%	91,1%
Bucaramanga	2	2,5%	93,7%
Tocancipá	2	2,5%	96,2%
Montería	2	2,5%	98,7%
Todas las anteriores	1	1,3%	100,0%
Total general	79	100%	100%

Tabla 12. Ciudad principal de operación de la empresa (ajustada) (N=79).

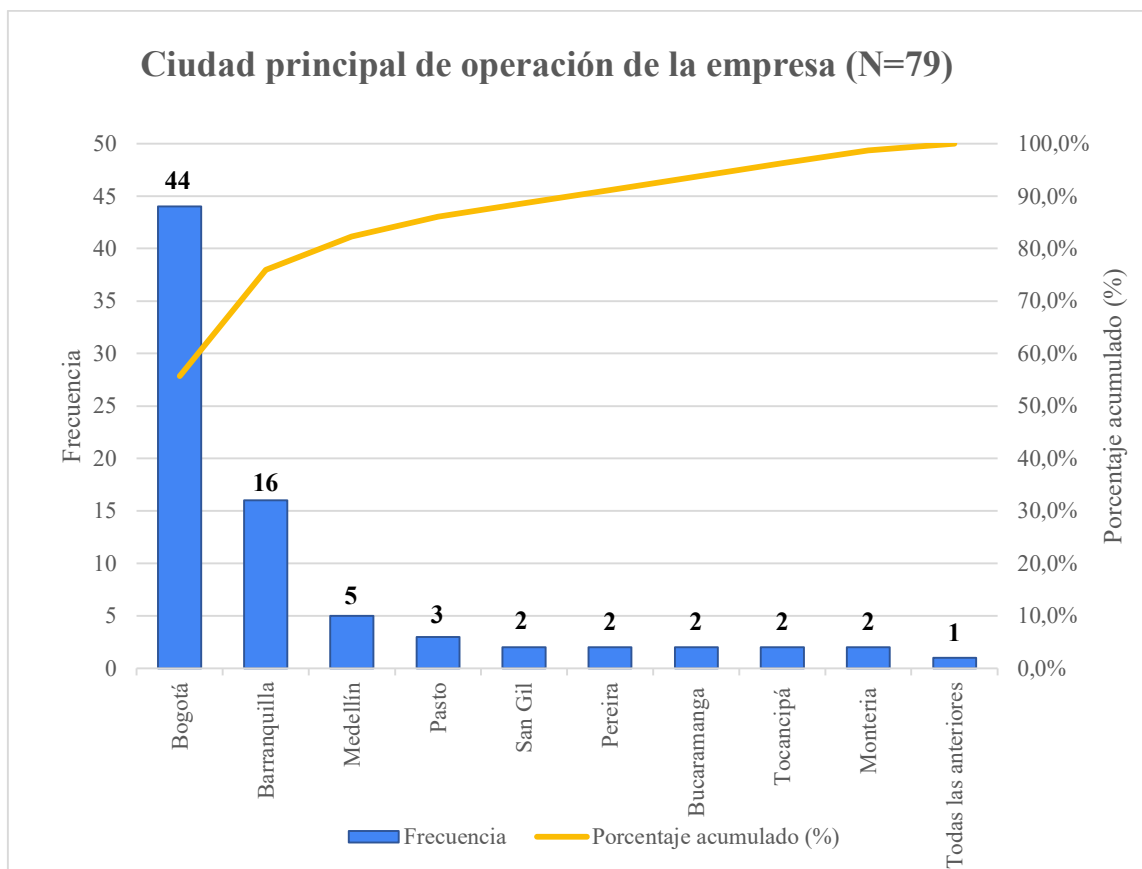


Figura 10. Ciudad principal de operación de la empresa (N=79).

5.2.7. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (P7)

En cuanto al tipo de proyectos en los que participan los encuestados, la mayor proporción corresponde a edificación residencial (39,2%). En segundo lugar, se identifican profesionales que participan en proyectos mixtos (32,9%), entendidos como aquellos que abarcan más de una tipología.

Asimismo, un 17,7% de los encuestados reportó participar principalmente en infraestructura vial (carreteras, puentes, metro, entre otros). Finalmente, con menor representación se encuentran la edificación no residencial (5,1%) y la infraestructura hidráulica/saneamiento (5,1%). Esta distribución evidencia la presencia de encuestados en diferentes tipologías de proyecto, con predominio del ámbito edificatorio y de proyectos de naturaleza mixta.

Tipo de proyectos	Frecuencia	Porcentaje (%)
Edificación residencial	31	39,2%
Mixto (más de uno de los anteriores)	26	32,9%
Infraestructura vial (carreteras, puentes, metro, etc.)	14	17,7%
Edificación no residencial (oficinas, hospitales, educativos, etc.)	4	5,1%
Infraestructura hidráulica / saneamiento	4	5,1%
Total general	79	100%

Tabla 13. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (N=79)

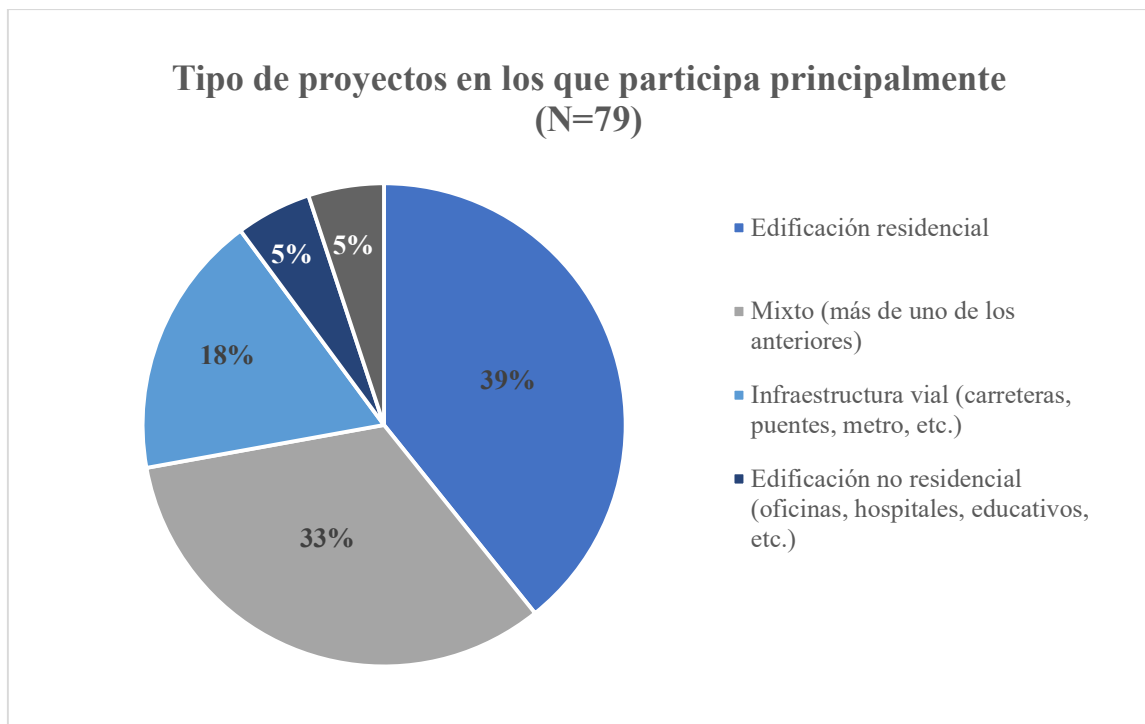


Figura 11. Tipo de proyectos en los que participa principalmente (N=79).

5.2.8. Conocimiento previo de Lean Construction (P8)

En relación con el conocimiento previo de Lean Construction, del total de respuestas analizadas (N = 79), la mayoría de los encuestados indicó haber escuchado hablar previamente de esta metodología (84,8%), mientras que un 15,2% manifestó no haber escuchado sobre Lean Construction.

Este resultado sugiere que, dentro de la muestra analizada, existe un nivel de familiaridad inicial elevado con el concepto de Lean Construction, lo que permite profundizar en el

apartado siguiente en el nivel de implementación reportado y en el uso de herramientas asociadas.

Conocimientos previos de Lean Construction	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	67	84,8%
No	12	15,2%
Total general	79	100%

Tabla 14. Conocimiento previo de Lean Construction (N=79).

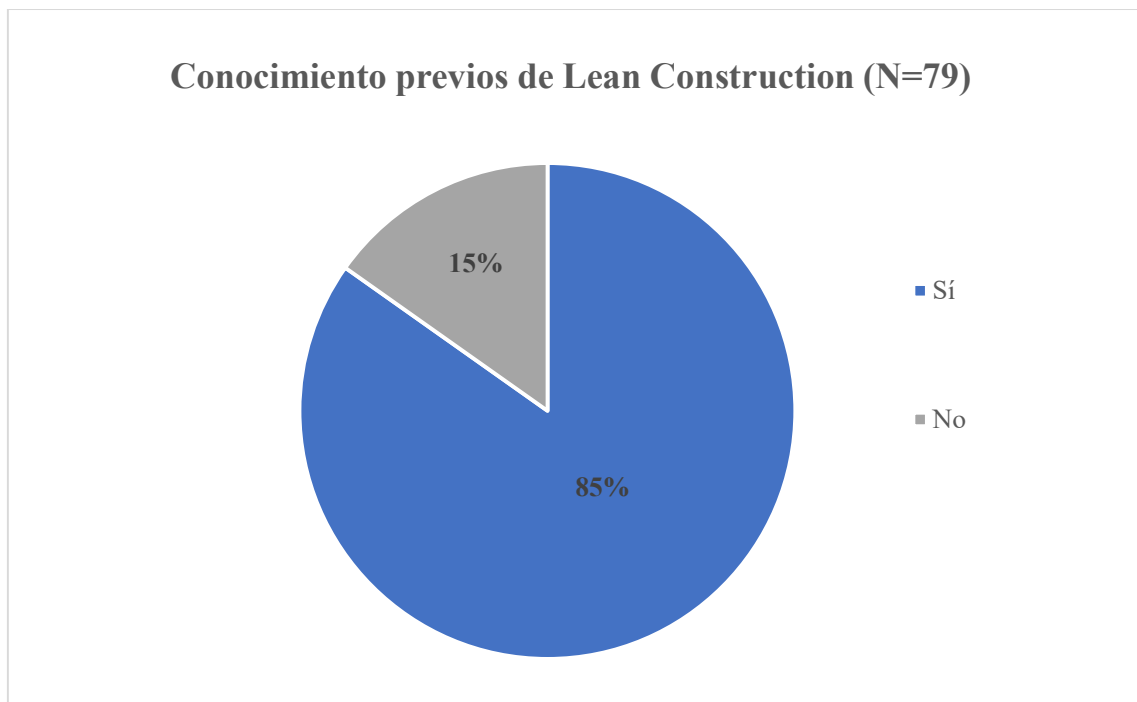


Figura 12. Conocimiento previo de Lean Construction (N=79).

5.3. Nivel global de implementación de Lean Construction (P9)

El nivel de implementación de Lean Construction se evaluó mediante una escala de 0 a 5, donde 0 indica ausencia de aplicación y 5 indica implementación completa. Se analizaron 79 respuestas válidas (N=79), sin valores perdidos en esta variable.

La distribución de respuestas muestra una concentración relevante en los valores 0 (29,1%) y 4 (26,6%), lo que sugiere una percepción heterogénea del estado de implementación entre las organizaciones representadas. Los niveles intermedios también presentan frecuencias

notables: 3 (16,5%), 2 (12,7%) y 1 (10,1%), mientras que el nivel máximo 5 fue reportado por un 5,1% de los encuestados.

Nivel (0-5)	Frecuencia	Porcentaje (%)
0	23	29,1%
1	8	10,1%
2	10	12,7%
3	13	16,5%
4	21	26,6%
5	4	5,1%
Total general	79	100%

Tabla 15. Distribución del nivel de implementación de Lean Construction (escala 0-5) (N=79).

A partir de los resultados obtenidos en las encuestas, se realizaron análisis estadísticos descriptivos, con el objetivo de resumir, organizar e interpretar el comportamiento de las variables estudiadas relacionadas con la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia.

El análisis descriptivo permite obtener una visión general de la tendencia central y la dispersión de los datos recopilados, facilitando la identificación de patrones, variabilidad y posibles diferencias entre las respuestas de los encuestados.

Para este fin, se calcularon los siguientes estadísticos descriptivos: media, mediana, primer cuartil (Q1), tercer cuartil (Q3), rango intercuartílico (IQR) y desviación estándar, los cuales se muestran a continuación.

	Resultados
Media	2,16
Desviación estándar	1,72
Mediana	2
Q1	0
Q3	4
IQR	4

Tabla 16. Resultados estadísticos(P9)

La distribución del nivel de implementación de Lean Construction (escala 0-5) evidencia una alta heterogeneidad en las respuestas. Por un lado, se observa una proporción considerable de participantes que reporta ausencia de implementación (nivel 0 = 29,1%),

mientras que, por otro, un porcentaje también elevado ubica a su organización en niveles altos de implementación (nivel 4 = 26,6% y nivel 5 = 5,1%). En términos de estadísticos descriptivos, la mediana se sitúa en 2, y el rango intercuartílico (IQR) es 4 (Q1 = 0; Q3 = 4), lo cual confirma una dispersión amplia en el nivel reportado. De manera complementaria, la media fue 2,16 con una desviación estándar de 1,72, lo que refuerza la existencia de variabilidad considerable entre los encuestados respecto al grado de implementación percibido. Dado el carácter ordinal de la escala y el enfoque exploratorio del estudio, en los apartados posteriores se prioriza el uso de técnicas no paramétricas para analizar asociaciones con otras variables.

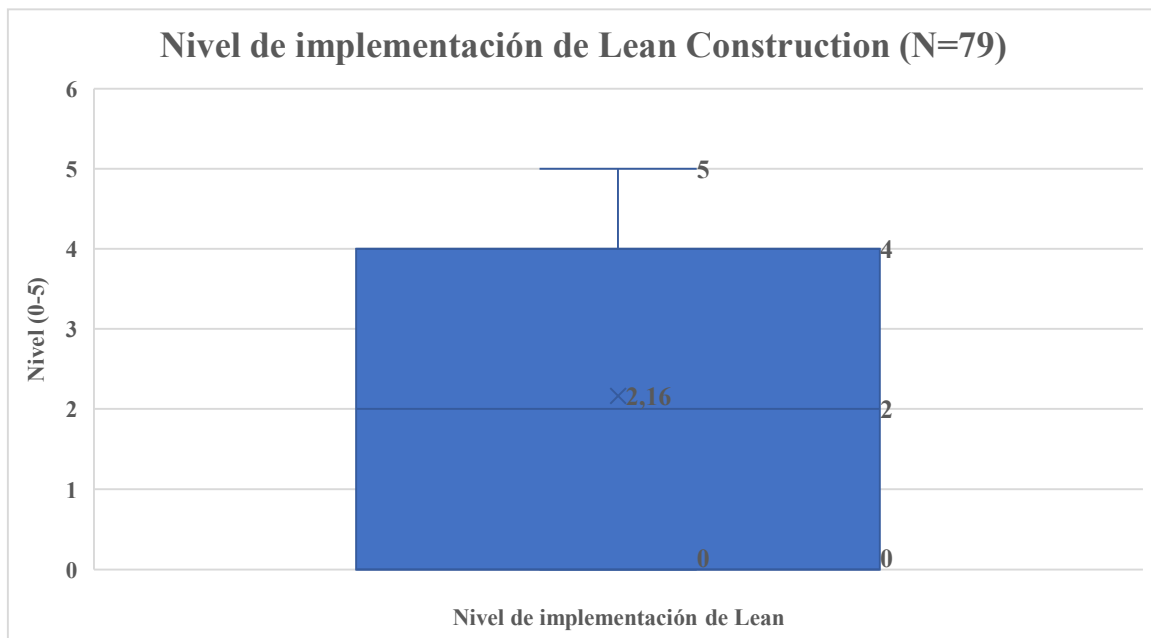


Figura 13. Nivel de implementación de Lean Construction.

5.4. Uso de herramientas Lean (P10)

La pregunta P10 evalúa la frecuencia de uso de seis herramientas Lean mediante una escala tipo Likert de cinco categorías: Nunca, Rara vez, A veces, A menudo, Siempre. Para el análisis descriptivo, estas respuestas se recodificaron a una escala ordinal de 1 a 5 (Nunca = 1; Rara vez = 2; A veces = 3; A menudo = 4; Siempre = 5), de manera que pudieran calcularse estadísticos de tendencia central y dispersión, manteniendo la interpretación ordinal de la medida.

En este segmento de la encuesta se obtuvo N válido = 78 (1 participante no respondió esta sección), por lo que los porcentajes y estadísticos presentados se calculan sobre $N=78$.

		Frecuencia					Total
	Herramienta	Siempre	A Menudo	A Veces	Rara vez	Nunca	
H1	Last Planner System (LPS)	0	20	16	15	27	78
H2	5S (orden y limpieza)	6	17	24	17	14	78
H3	Gestión visual	8	21	21	18	10	78
H4	A3 (resolución de problemas)	12	15	13	20	18	78
H5	Kaizen (mejora continua)	8	25	24	9	12	78
H6	Pull/Kanban	4	17	12	20	25	78

Tabla 17. Frecuencia del uso de herramientas Lean (P10). N válido=78

		Porcentaje (%)					Total
	Herramienta	Siempre	A Menudo	A Veces	Rara vez	Nunca	
H1	Last Planner System (LPS)	0	25,6%	20,5%	19,2%	34,6%	100%
H2	5S (orden y limpieza)	7,7%	21,8%	30,8%	21,8%	17,9%	100%
H3	Gestión visual	10,3%	26,9%	26,9%	23,1%	12,8%	100%
H4	A3 (resolución de problemas)	15,4%	19,2%	16,7%	25,6%	23,1%	100%
H5	Kaizen (mejora continua)	10,3%	32,1%	30,8%	11,5%	15,4%	100%
H6	Pull/Kanban	5,1%	21,8%	15,4%	25,6%	32,1%	100%

Tabla 18 Distribución porcentual del uso de herramientas Lean (P10) (%). N válido=78

	Herramienta	Media	Desviación estándar	Mediana	Q1	Q3	IQR
H1	Last Planner System (LPS)	2,37	1,21	2	1	3	2
H2	5S (orden y limpieza)	2,79	1,20	3	2	4	2
H3	Gestión visual	2,99	1,20	3	2	4	2
H4	A3 (resolución de problemas)	2,78	1,40	3	2	4	2
H5	Kaizen (mejora continua)	3,10	1,21	3	2	4	2
H6	Pull/Kanban	2,42	1,28	2	1	4	3

Tabla 19. Estadísticos descriptivos del uso de herramientas Lean (P10) (N válido=78).

En la Tabla 19 se presentan los estadísticos descriptivos del uso reportado de cada herramienta. De forma general, se observa un mayor uso de herramientas asociadas a mejora continua y gestión visual, mientras que herramientas vinculadas a planificación colaborativa y sistemas pull presentan un uso menor.

En términos de tendencia central, las herramientas con mayor adopción relativa son Kaizen (media 3,10; mediana 3) y Gestión visual (media 2,99; mediana 3). En un nivel intermedio

se ubican 5S (media 2,79) e Informes A3 (media 2,78). Las herramientas con menor adopción son Last Planner System (LPS) (media 2,37; mediana 2) y Pull/Kanban (media 2,42; mediana 2), lo que sugiere un uso más limitado de prácticas vinculadas a planificación colaborativa y sistemas pull.

Complementariamente, la Tabla 18 resume indicadores de adopción en los extremos de la escala: el porcentaje de uso frecuente (A menudo/Siempre) y el porcentaje de no uso (Nunca). Los resultados muestran que Kaizen y Gestión visual alcanzan los mayores porcentajes de adopción frecuente (42,3% y 37,2%), mientras que LPS y Pull/Kanban concentran los mayores porcentajes de “Nunca” (34,6% y 32,1%). En conjunto, los datos sugieren una adopción moderada de prácticas de mejora continua, y mayores dificultades o menor madurez en herramientas que requieren cambios organizativos más profundos (planificación colaborativa y sistemas pull).

Recodificación a escala ordinal	
Nunca	1
Rara vez	2
A Veces	3
A Menudo	4
Siempre	5

Tabla 20. Recodificación ordinal de la escala de uso (P10)

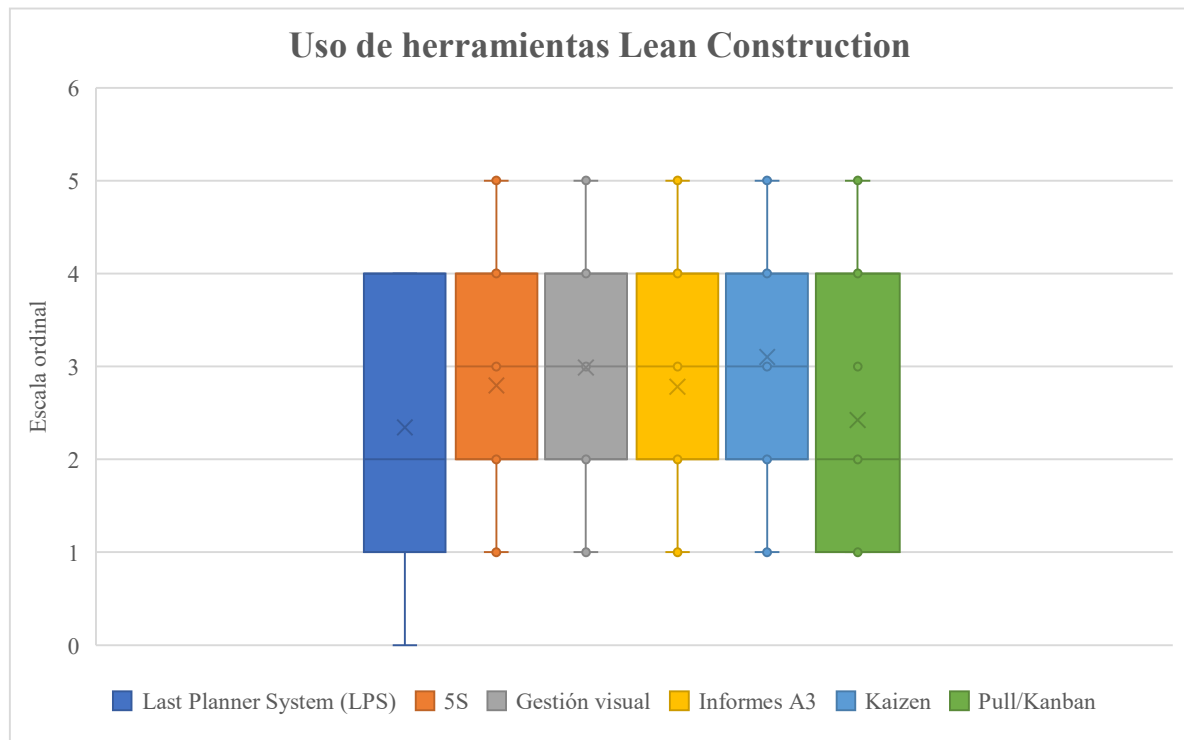


Figura 14. Adopción frecuente de herramientas Lean (P10)

5.5. Barreras para la implementación de Lean Construction (P11)

La pregunta P11 evaluó el grado de acuerdo con siete afirmaciones relacionadas con posibles barreras para la implementación de Lean Construction, usando una escala Likert de cinco categorías: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, Totalmente de acuerdo. Para el análisis descriptivo, estas categorías se recodificaron a una escala ordinal de 1 a 5 (1=Totalmente en desacuerdo; 5=Totalmente de acuerdo), priorizando medidas robustas para datos ordinales (frecuencias/porcentajes, mediana y rango intercuartílico) y utilizando la media y desviación estándar como indicadores complementarios.

En esta sección de la encuesta se obtuvo N válido = 78 (1 respuesta faltante), por lo que los estadísticos y porcentajes se calcularon sobre $N=78$.

La Tabla 21 resume el grado de acuerdo con las afirmaciones asociadas a barreras. En general, se identifican niveles de acuerdo relevantes en varias dimensiones organizacionales y de gestión. La barrera con mayor respaldo es la insuficiente formación del personal en Lean

Construction, con un 57,7% de respuestas en “De acuerdo/Totalmente de acuerdo”. Asimismo, aproximadamente la mitad de los encuestados manifiesta acuerdo con la existencia de resistencia al cambio (50,0%) y con la falta de integración de sistemas de información en obra que dificultan la gestión del flujo de trabajo (50,0%).

Por otro lado, cerca de la mitad de los participantes también reporta acuerdo con barreras vinculadas a la estructura contractual y la gestión: contratos orientados a menor precio y transferencia de riesgos (47,4%) y dificultad para integrar herramientas Lean con los sistemas actuales de planificación y control (47,4%). Finalmente, aunque con porcentajes algo menores, se evidencian barreras asociadas a relaciones de corto plazo con subcontratistas/proveedores (44,9%) y a la percepción de que Lean incrementa la carga administrativa sin beneficios claros (41,0%). En conjunto, los resultados sugieren que las barreras percibidas se concentran principalmente en capacidades internas (formación y cambio cultural), integración de sistemas y entorno contractual/colaborativo.

Barreras	Frecuencia					Total
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
B1	4	21	14	30	9	78
B2	3	15	15	33	12	78
B3	2	26	13	28	9	78
B4	9	9	23	25	12	78
B5	7	17	19	28	7	78

		Frecuencia					Total
Barreras		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
B6	Los sistemas de información que utilizamos en obra están poco integrados y dificultan la gestión del flujo de trabajo.	4	17	18	32	7	78
B7	Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros.	4	22	20	21	11	78

Tabla 21. Frecuencia de barreras percibidas (P11).

		Porcentaje (%)					Total
Barreras		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
B1	En mi empresa existe resistencia a cambiar las formas tradicionales de planificar y gestionar los proyectos de construcción.	5,1%	26,9%	17,9%	38,5%	11,5%	100%
B2	El personal de mi empresa no está suficientemente formado en principios y herramientas de Lean Construction.	3,8%	19,2%	19,2%	42,3%	15,4%	100%
B3	Resulta difícil integrar herramientas Lean con los sistemas de planificación y control que actualmente utiliza la empresa.	2,6%	33,3%	16,7%	35,9%	11,5%	100%
B4	Los contratos que se utilizan se centran principalmente en el menor precio y en transferir riesgos, más que en promover la colaboración.	11,5%	11,5%	29,5%	32,1%	15,4%	100%
B5	La relación con subcontratistas y proveedores es principalmente de corto plazo y poco colaborativa.	9,0%	21,8%	24,4%	35,9%	9,0%	100%

		Porcentaje (%)					Total
Barreras		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
B6	Los sistemas de información que utilizamos en obra están poco integrados y dificultan la gestión del flujo de trabajo.	5,1%	21,8%	23,1%	41,0%	9,0%	100%
B7	Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros.	5,1%	28,2%	25,6%	26,9%	14,1%	100%

Tabla 22. Distribución porcentual de barreras percibidas (P11). (%)

Barreras		Media	Desviación estándar	Mediana	Q1	Q3	IQR
B1	En mi empresa existe resistencia a cambiar las formas tradicionales de planificar y gestionar los proyectos de construcción.	3,24	1,13	3,5	2	4	2
B2	El personal de mi empresa no está suficientemente formado en principios y herramientas de Lean Construction.	3,46	1,09	4,0	3	4	1
B3	Resulta difícil integrar herramientas Lean con los sistemas de planificación y control que actualmente utiliza la empresa.	3,21	1,11	3,0	2	4	2
B4	Los contratos que se utilizan se centran principalmente en el menor precio y en transferir riesgos, más que en promover la colaboración.	3,28	1,20	3,0	3	4	1
B5	La relación con subcontratistas y proveedores es principalmente de corto plazo y poco colaborativa.	3,14	1,14	3,0	2	4	2
B6	Los sistemas de información que utilizamos en obra están poco integrados y dificultan la gestión del flujo de trabajo.	3,27	1,07	3,5	2	4	2
B7	Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros.	3,17	1,14	3,0	2	4	2

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de las barreras percibidas (P11)

A nivel estadístico, las barreras evaluadas presentan valores de media principalmente entre 3,14 y 3,46, lo que indica que, en general, las respuestas tienden a ubicarse alrededor del punto medio de la escala y ligeramente hacia el acuerdo. La afirmación sobre la falta de formación en Lean Construction es la que muestra una tendencia más marcada, ya que presenta la media más alta (3,46) y una mediana de 4, lo que sugiere que, para la mayoría, esta barrera es más relevante.

En el resto de afirmaciones, la mediana se sitúa en 3 o alrededor de 3,5, lo que refleja que las opiniones se concentran entre la neutralidad y el acuerdo, dependiendo del caso. Los cuartiles (Q1 y Q3) permiten ver la dispersión de las respuestas: en varias barreras el Q1 se ubica en 2 y el Q3 en 4, es decir, que el 50% central de respuestas se mueve entre “En desacuerdo” y “De acuerdo”. Esto se confirma con valores de IQR de 2 en la mayoría de ítems, lo que indica una variabilidad moderada en las percepciones.

En contraste, la barrera de formación insuficiente presenta un $IQR = 1$, lo que muestra que las respuestas están más concentradas (mayor consistencia entre participantes). Por último, la desviación estándar se mantiene aproximadamente entre 1,07 y 1,20 en la mayoría de afirmaciones, lo cual sugiere que, aunque existe una tendencia general, las percepciones no son totalmente homogéneas y pueden variar según el contexto de cada empresa o proyecto.

Recodificación a escala ordinal	
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Tabla 24. Recodificación ordinal de barreras (P11)

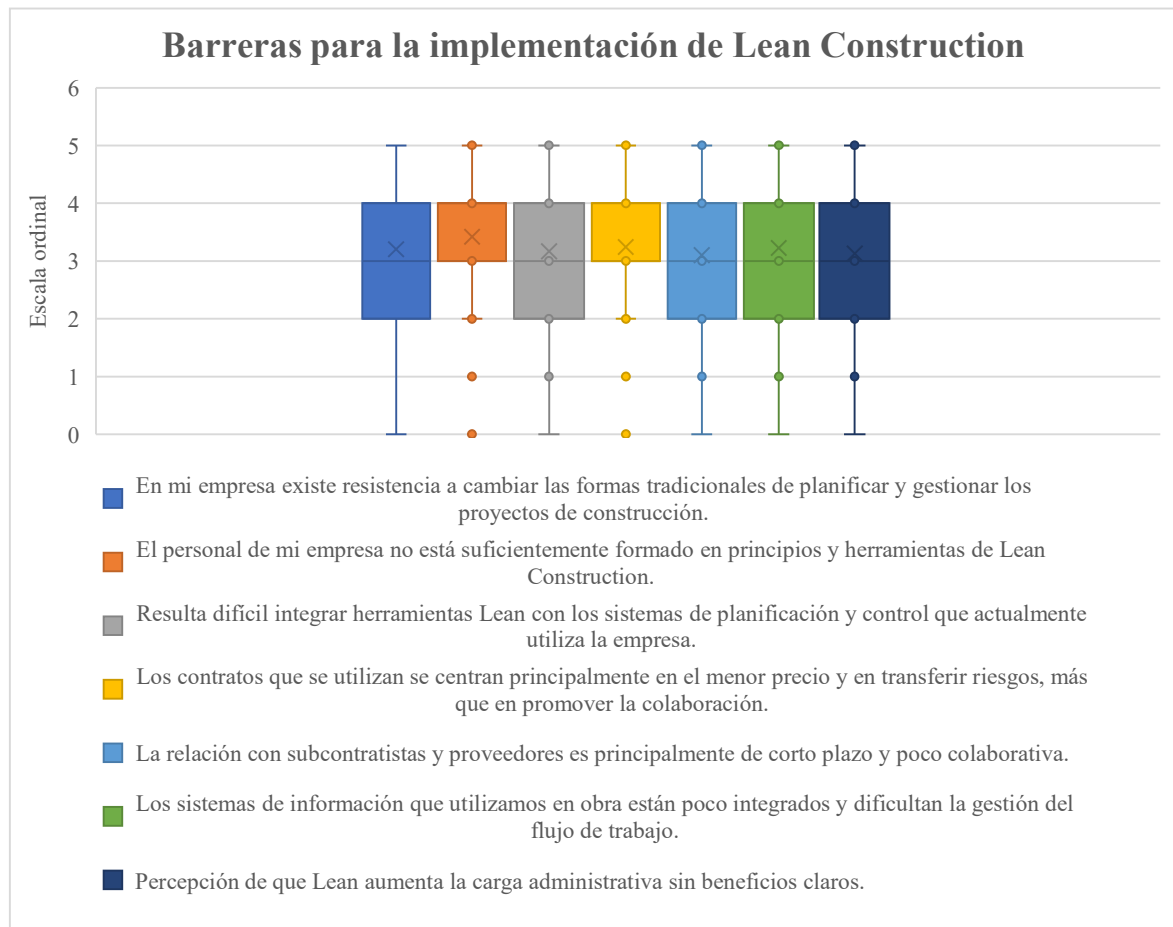


Figura 15. Nivel de acuerdo con barreras en la implementación de Lean. (P11)

5.6. Beneficios percibidos en la aplicación de Lean Construction (P12)

La pregunta P12 evalúa el nivel de acuerdo con seis afirmaciones relacionadas con los beneficios percibidos de Lean Construction, mediante una escala Likert de cinco categorías: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, Totalmente de acuerdo. Para el análisis descriptivo se recodificó la escala a valores ordinales de 1 a 5 (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo), priorizando medidas adecuadas para variables ordinales (frecuencias/porcentajes, mediana, cuartiles e IQR) y utilizando media y desviación estándar como apoyo.

Nota general: N varía entre 78 y 79 según el ítem; se calculó sobre respuestas válidas.

Beneficios	Frecuencia					Total
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
BE 1	1	4	10	39	24	78
BE 2	3	2	7	44	23	79
BE 3	1	5	12	45	16	79
BE 4	3	5	10	44	16	78
BE 5	3	2	11	44	19	79
BE 6	1	6	17	37	18	79

Tabla 25. Frecuencia de beneficios percibidos (P12).

Beneficios	Porcentaje (%)					Total
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
BE 1	1,3%	5,1%	12,8%	50,0%	30,8%	100%
BE 2	3,8%	2,5%	8,9%	55,7%	29,1%	100%
BE 3	1,3%	6,3%	15,2%	57,0%	20,3%	100%

		Porcentaje (%)					Total
Beneficios		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
BE 4	La aplicación de Lean contribuye a reducir defectos y no conformidades en las obras.	3,8%	6,4%	12,8%	56,4%	20,5%	100%
BE 5	Lean contribuye a mejorar la organización del entorno de trabajo y la seguridad en obra.	3,8%	2,5%	13,9%	55,7%	24,1%	100%
BE 6	En general, la rentabilidad de los proyectos mejora cuando se aplican prácticas Lean.	1,3%	7,6%	21,5%	46,8%	22,8%	100%

Tabla 26. Distribución porcentual de beneficios percibidos (P12) (%)

Beneficios		Media	Desviación estándar	Mediana	Q1	Q3	IQR
BE1	La implementación de prácticas Lean mejora el cumplimiento de los plazos de los proyectos.	4,04	0,87	4	4	5	1
BE2	Lean Construction ayuda a reducir desperdicios y retrabajos en los proyectos.	4,04	0,91	4	4	5	1
BE3	Con la aplicación de Lean se logra un flujo de trabajo más estable y con menos interrupciones.	3,89	0,85	4	4	4	0
BE4	La aplicación de Lean contribuye a reducir defectos y no conformidades en las obras.	3,83	0,96	4	4	4	0
BE5	Lean contribuye a mejorar la organización del entorno de trabajo y la seguridad en obra.	3,94	0,91	4	4	4	0
BE6	En general, la rentabilidad de los proyectos mejora cuando se aplican prácticas Lean.	3,82	0,92	4	3	4	1

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de los beneficios percibidos (P12)

En general, los resultados muestran una percepción positiva de los beneficios asociados a Lean Construction. En todas las afirmaciones, la mediana se sitúa en 4, lo que indica que la

respuesta típica se ubica en “De acuerdo”. Además, los cuartiles reflejan una concentración importante de respuestas en niveles altos: en varios ítems el Q1 es 4 y el Q3 es 4 o 5, lo que significa que la mitad central de la muestra se mantiene principalmente entre el acuerdo y el acuerdo total. Esto se confirma también por los IQR bajos (0–1) y por desviaciones estándar moderadas, lo que sugiere un nivel de consenso relativamente alto en torno a los beneficios percibidos.

Los beneficios mejor valorados son los relacionados con resultados operativos, especialmente la reducción de desperdicios y retrabajos y la mejora del cumplimiento de plazos, que presentan medias alrededor de 4. En cambio, el beneficio con menor valoración relativa es la mejora de la rentabilidad, donde el Q1 baja a 3, lo cual indica que un grupo mayor de encuestados se mantiene en una postura neutral frente a este punto. En conjunto, los resultados sugieren que los encuestados perciben con mayor claridad los impactos de Lean en el desempeño del proceso (plazos, desperdicios, organización) que los efectos financieros directos (rentabilidad).

Recodificación a escala ordinal	
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Tabla 28. Recodificación ordinal de los beneficios percibidos (P12)

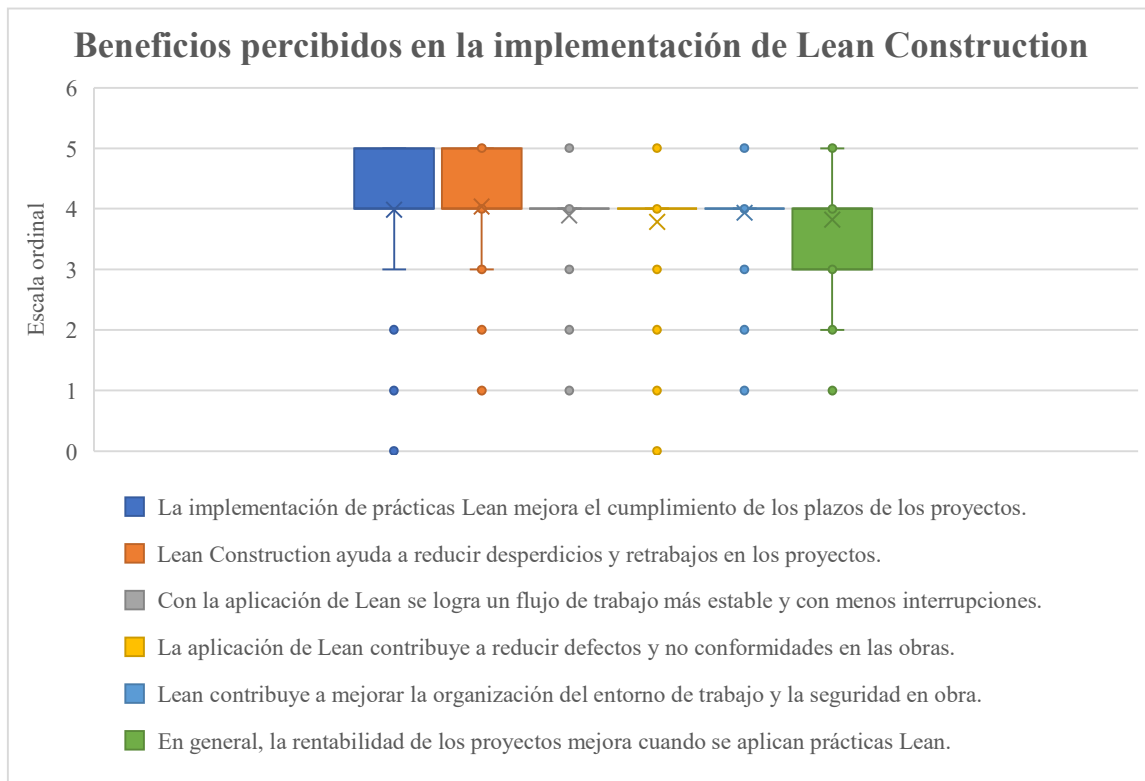


Figura 16. Beneficios percibidos de Lean Construction (P12)

5.7. Factores facilitadores en la implementación de Lean (P13)

La pregunta P13 evalúa el grado de acuerdo con siete afirmaciones relacionadas con condiciones internas y externas que pueden facilitar la implementación de Lean Construction. Las respuestas se recogieron mediante una escala Likert de cinco categorías (Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, Totalmente de acuerdo). Para el análisis descriptivo, la escala se recodificó en valores ordinales de 1 a 5 (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo). Se presentan frecuencias y porcentajes por categoría, así como medidas descriptivas (media, desviación estándar, mediana, cuartiles e IQR), priorizando la interpretación ordinal (mediana y cuartiles) y utilizando la media/DE como apoyo.

Facilitadores		Frecuencia					Total
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
F1	La alta dirección de mi empresa está comprometida con la implementación de Lean Construction.	14	20	10	22	13	79
F2	En mi empresa existen programas de formación específicos en Lean Construction para distintos perfiles.	18	26	14	17	4	79
F3	En mi empresa se fomenta de forma sistemática la mejora continua y el aprendizaje a partir de los problemas.	10	14	18	30	7	79
F4	En los proyectos se trabaja de forma colaborativa con subcontratistas y proveedores desde etapas tempranas.	6	19	16	28	10	79
F5	Los contratos e incentivos utilizados favorecen la transparencia y el logro de objetivos comunes de proyecto.	11	9	24	30	5	79
F6	La empresa dispone de procedimientos, plantillas y herramientas digitales que facilitan la aplicación de Lean en obra.	17	18	13	23	8	79
F7	Se han desarrollado proyectos piloto Lean con algún tipo de acompañamiento externo (consultores, universidades, asociaciones, etc.).	13	24	17	18	7	79

Tabla 29. Frecuencia de factores facilitadores para la implementación de Lean (P13)

Facilitadores		Porcentaje (%)					Total
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
F1	La alta dirección de mi empresa está comprometida con la implementación de Lean Construction.	17,7%	25,3%	12,7%	27,8%	16,5%	100%

		Porcentaje (%)					Total
Facilitadores		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
F2	En mi empresa existen programas de formación específicos en Lean Construction para distintos perfiles.	22,8%	32,9%	17,7%	21,5%	5,1%	100%
F3	En mi empresa se fomenta de forma sistemática la mejora continua y el aprendizaje a partir de los problemas.	12,7%	17,7%	22,8%	38,0%	8,9%	100%
F4	En los proyectos se trabaja de forma colaborativa con subcontratistas y proveedores desde etapas tempranas.	7,6%	24,1%	20,3%	35,4%	12,7%	100%
F5	Los contratos e incentivos utilizados favorecen la transparencia y el logro de objetivos comunes de proyecto.	13,9%	11,4%	30,4%	38,0%	6,3%	100%
F6	La empresa dispone de procedimientos, plantillas y herramientas digitales que facilitan la aplicación de Lean en obra.	21,5%	22,8%	16,5%	29,1%	10,1%	100%
F7	Se han desarrollado proyectos piloto Lean con algún tipo de acompañamiento externo (consultores, universidades, asociaciones, etc.).	16,5%	30,4%	21,5%	22,8%	8,9%	100%

Tabla 30. Distribución porcentual de factores facilitadores para la implementación de Lean (PI3) (%)

	Facilitadores	Media	Desviación estándar	Mediana	Q1	Q3	IQR
F1	La alta dirección de mi empresa está comprometida con la implementación de Lean Construction.	3,00	1,39	3,0	2	4	2
F2	En mi empresa existen programas de formación específicos en Lean Construction para distintos perfiles.	2,53	1,21	2,0	2	4	2
F3	En mi empresa se fomenta de forma sistemática la mejora continua y el aprendizaje a partir de los problemas.	3,13	1,19	3,0	2	4	2
F4	En los proyectos se trabaja de forma colaborativa con subcontratistas y proveedores desde etapas tempranas.	3,22	1,17	3,0	2	4	2
F5	Los contratos e incentivos utilizados favorecen la transparencia y el logro de objetivos comunes de proyecto.	3,11	1,14	3,0	2	4	2
F6	La empresa dispone de procedimientos, plantillas y herramientas digitales que facilitan la aplicación de Lean en obra.	2,84	1,33	3,0	2	4	2
F7	Se han desarrollado proyectos piloto Lean con algún tipo de acompañamiento externo (consultores, universidades, asociaciones, etc.).	2,77	1,23	3,0	2	4	2

Tabla 31. Estadísticos descriptivos de los factores facilitadores (P13)

A nivel descriptivo, la mayoría de afirmaciones presentan mediana = 3, lo que indica que la respuesta típica se ubica cerca de la neutralidad, con una tendencia moderada hacia el acuerdo en algunos casos. En general, los valores de $Q1 \approx 2$ y $Q3 \approx 4$ ($IQR \approx 2$) muestran que la mitad central de respuestas se mueve entre “En desacuerdo” y “De acuerdo”, lo que refleja percepciones heterogéneas según empresa o proyecto.

Las condiciones con mayor nivel de acuerdo relativo son la colaboración temprana con subcontratistas y proveedores (media = 3,22) y el fomento de la mejora continua y aprendizaje (media = 3,13), aunque ambas mantienen mediana 3, lo que confirma que no hay consenso total. En contraste, el ítem con menor tendencia al acuerdo es la existencia de programas de formación específicos en Lean, que presenta mediana = 2 y la media más baja (2,53), lo cual sugiere que esta condición aún no está consolidada en muchas empresas.

Además, la desviación estándar es relativamente alta en varios ítems (por ejemplo, compromiso de alta dirección DE = 1,39), lo que indica que las opiniones están divididas y que la realidad varía de forma importante entre organizaciones.

Recodificación a escala ordinal	
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Tabla 32. Recodificación ordinal de los factores facilitadores (P13)

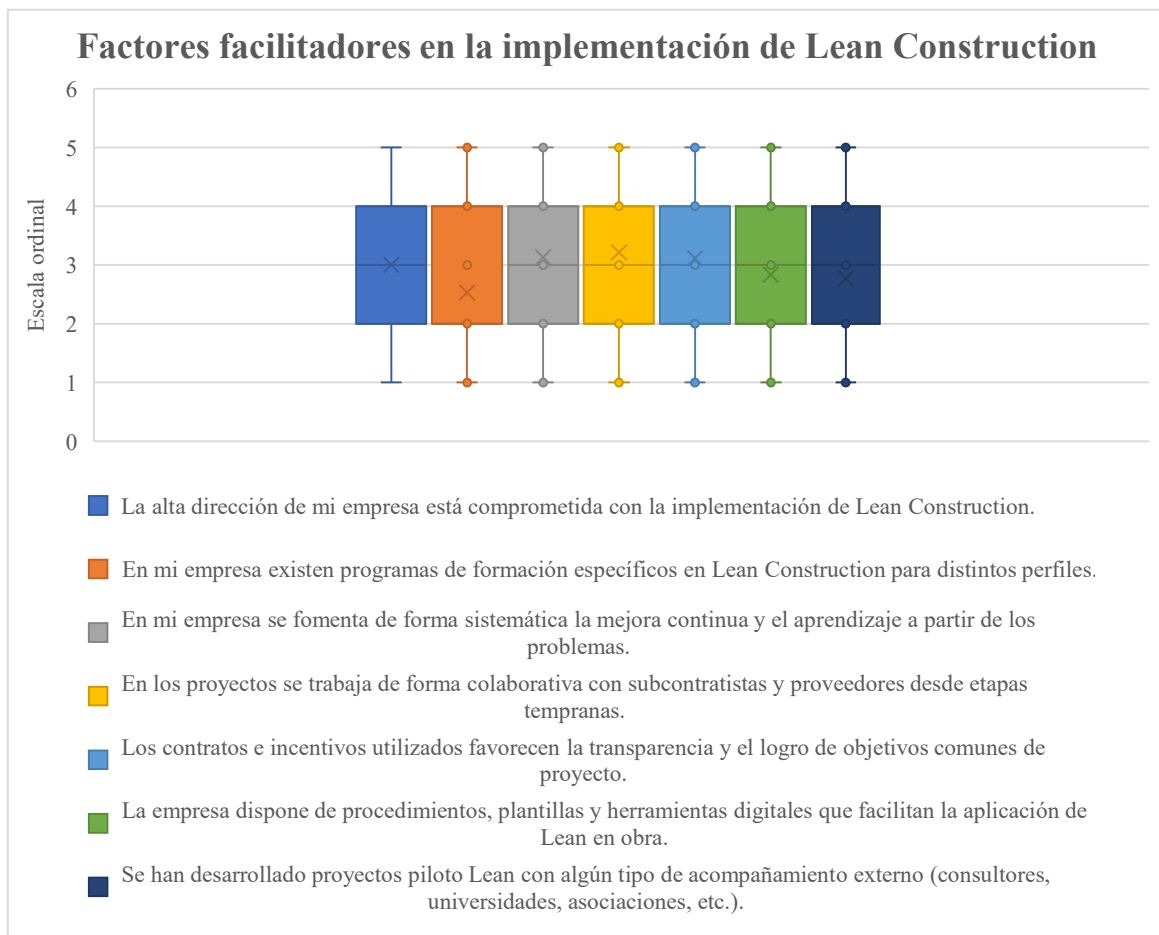


Figura 17. Factores facilitadores para la implementación de Lean Construction (P13)

5.8. Barreras críticas y propuestas de mejora en la implementación de Lean Construction. (P14 y P15)

5.8.1. Barreras críticas para la implementación de Lean (P14)

La pregunta P14 es una pregunta de respuesta múltiple, cada encuestado seleccionó hasta tres barreras, consideradas las más críticas para la implementación de Lean Construction. Para el análisis descriptivo se contabilizó la frecuencia con la que cada barrera fue seleccionada y se calculó su porcentaje respecto al total de encuestados.

Barreras críticas	Frecuencia	% sobre N=79	Porcentaje (%) sobre total	Porcentaje (%) sobre total. Acumulado
Resistencia al cambio en mandos y equipos	55	69,6%	24,4%	24,4%
Falta de conocimiento y formación en Lean Construction	53	67,1%	23,6%	48,0%
Dificultad de integrar Lean con los sistemas actuales de planificación y control	38	48,1%	16,9%	64,9%
Relación poco colaborativa con subcontratistas y proveedores	26	32,9%	11,6%	76,4%
Limitada digitalización e integración de la información de obra	25	31,6%	11,1%	87,6%
Esquemas contractuales centrados en precio y transferencia de riesgo	24	30,4%	10,7%	98,2%
Otros	4	5,1%	1,8%	100,0%
Total	225		100%	

Tabla 33. Barreras más críticas seleccionadas (P14)

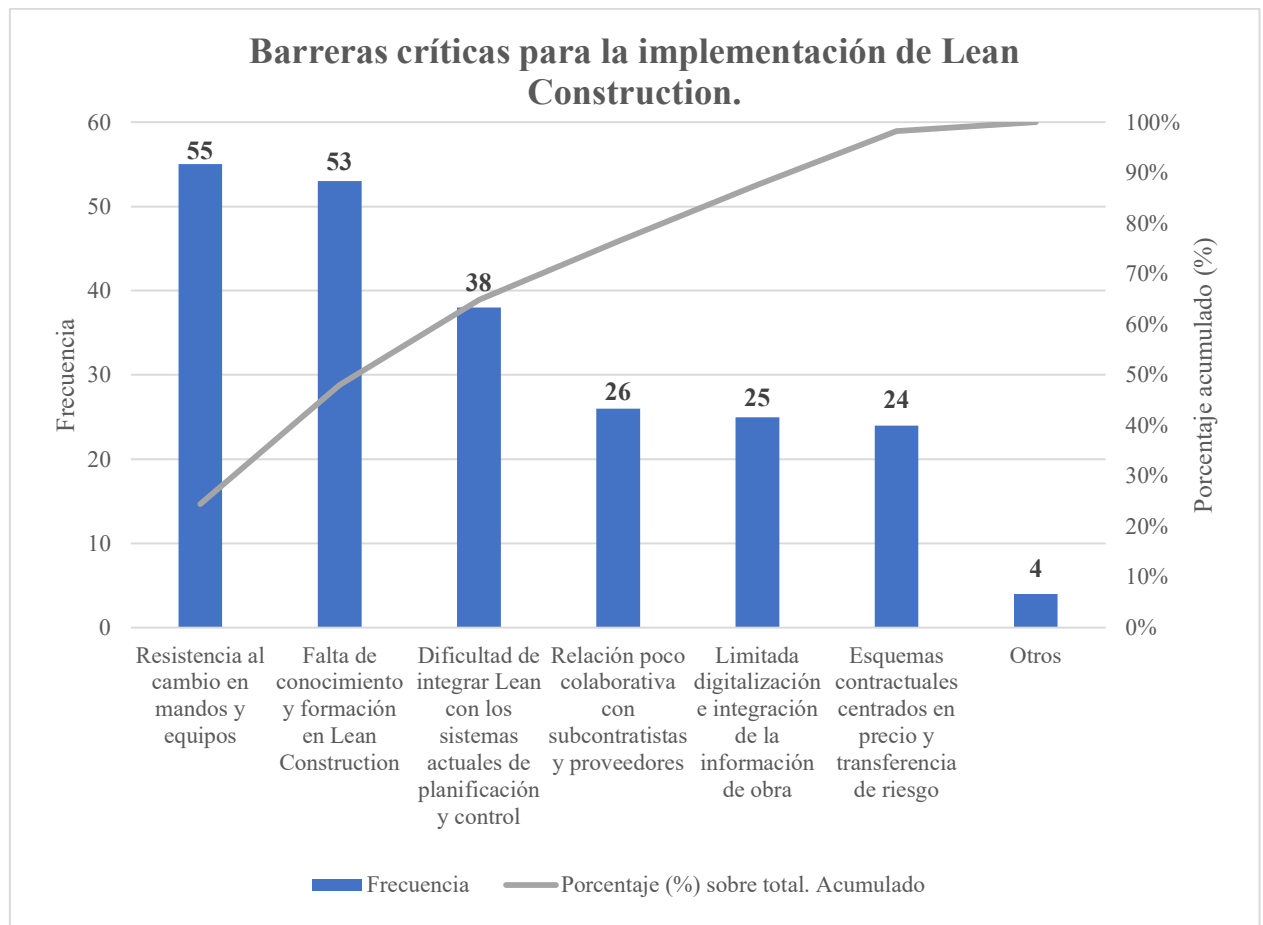


Figura 18. Barreras más críticas seleccionadas (P14)

Los resultados muestran que las barreras más críticas se concentran principalmente en factores humanos y de capacidades internas. La opción más seleccionada fue la resistencia al cambio, seguida muy de cerca por la falta de formación en Lean, lo que indica que, para la mayoría, el principal reto no es tanto conocer la metodología a nivel teórico, sino lograr que equipos y mandos adopten nuevas formas de trabajo con el conocimiento suficiente para aplicarlas.

En un segundo nivel aparece la dificultad para integrar Lean con los sistemas actuales de planificación y control, lo que sugiere problemas de compatibilidad entre la forma tradicional de gestionar proyectos y los enfoques Lean. Finalmente, con porcentajes similares, se ubican barreras relacionadas con el contexto organizacional y del proyecto: colaboración limitada con subcontratistas/proveedores, baja digitalización y esquemas contractuales orientados a



precio/transferencia de riesgos. En conjunto, estos resultados reflejan que la priorización de barreras se explica más por temas de cultura, formación e integración de gestión que por factores puntuales aislados.

5.8.2. Propuestas de mejora (P15)

La P15 corresponde a una pregunta abierta (texto libre). Para su análisis se aplicó un análisis de contenido, codificando las respuestas en categorías temáticas según el tipo de acción sugerida. De las 79 encuestas, 35 participantes respondieron P15. Posteriormente, se excluyeron 4 respuestas no válidas/no analizables (por ser respuestas no aplicables o sin contenido interpretable), por lo que el análisis cualitativo se realizó sobre N=31 respuestas válidas.

Se excluyeron respuestas: (i) vacías o con solo signos; (ii) ininteligibles; (iii) no aplicables al contexto del estudio; o (iv) sin acciones/ideas interpretables relacionadas con la pregunta.

Estado	Frecuencia	Porcentaje (%)
N total encuestas	79	
Respondió P15 (texto)	35	
No respondió P15	44	55,7%
Excluidas por no válidas	4	5,1%
N final analizado (P15)	31	39,2%
		100%

Tabla 34. Auditoría de respuestas. Propuestas de mejora.

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
1	Creo que enfocar los esfuerzos en la capacitación continua del personal sería fundamental, fomentar una cultura de mejora constante y la eliminación de desperdicios podría también tener un impacto significativo. Lo anterior, ya que muchos de los procesos/herramientas de la metodología Lean no requieren de gran infraestructura o inversión, pero si generan un gran impacto positivo.	V	F	V	V	F	V	F	F	F	F
2	Capacitación y práctica aplicada desde la planificación de los proyectos	V	F	F	F	V	F	F	F	F	F
3	Integración desde la alta gerencia hacia las áreas de apoyo en las obras, Descentralización de áreas de presupuestos y compras	F	V	F	F	F	F	V	F	F	F
4	Más marketing para la metodología	F	F	F	V	F	F	F	F	F	V
5	La toma de decisiones asertivas por parte de la gerencia, y el trabajo colaborativo.	F	V	F	F	F	F	V	F	F	F
6	Apropiación de buenas prácticas no solo a nivel empresa sino nivel contratista que permita una micro gestión y aplicación	F	F	F	F	F	F	V	V	F	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
	Lean desde el trabajador que ejecuta y así generar valor.										
7	Para que Lean Construction sea exitoso en Colombia, debe ser visto como un cambio cultural dentro de la empresa o el sector de la construcción. La clave está en la educación, la colaboración y la mejora continua. Al adoptar estas acciones, las empresas pueden mejorar la eficiencia, reducir los costos y entregar proyectos de mayor calidad en plazos más cortos. Además, la adaptación local de estas prácticas será fundamental para superar desafíos específicos del entorno colombiano, como la informalidad en el sector o las condiciones del mercado de materiales y mano de obra.	V	F	V	F	F	F	V	F	V	F
8	Integrar a los contratistas desde el principio de las implementaciones y también llevar un registro y mostrar los resultados de manera clara y fácil de socializar	F	F	F	F	F	F	V	V	F	V

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
9	La implementación de Lean Construction en mi actual compañía requiere de un cambio cultural profundo desde la gerencia hasta los niveles más operativos de obra, con el fin de masificar el entendimiento de los conceptos propios de este tipo de pensamiento y el seguimiento a indicadores necesarios para optimizar la gestión de resultados.	F	V	V	F	V	F	F	F	V	F
10	Insumos y bases de datos locales	F	F	F	F	F	V	F	F	F	F
11	Implementar estrategias para generar consciencia del impacto en la aplicación de la metodología en los proyectos de construcción y sus beneficios	F	F	F	V	F	F	F	F	F	F
12	Alinear pensamiento de mejora desde la alta gerencia hacia abajo	F	V	V	F	F	F	F	F	F	F
13	Estudios de correlación con indicadores sobre la implementación de Lean	F	F	F	F	F	F	F	F	V	F
14	Reducción de costos, reducción de mano de obra o profesionales que no requiera participar en el proyecto. Mejorar el ámbito de costos o utilidad de la empresa ,es la manera mas interesante para una empresa	F	F	F	V	V	F	F	F	F	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
	participar con estas metodologías, y apuntar a grandes proyectos para su total planificación, control y utilidad. Que por lo general uno no intenta participar por qué en grandes proyectos no se ve mucha ganancia como en los pequeños que se puede ejercer más control.										
15	Lean no funciona si se aplica solo como herramienta de campo. Debe ser un cambio cultural, y para eso se requiere que la gerencia: • Defina Lean como parte de la estrategia corporativa. • Mida formalmente indicadores Lean (PPC, variabilidad, lead time, flujo, retrabajos). • Recompense comportamientos colaborativos, no solo velocidad de ejecución.	F	V	V	F	V	V	V	F	V	F
16	En mi opinión, en Colombia aún existe un conocimiento limitado sobre Lean Construction y sobre la aplicación de metodologías modernas de planificación.	F	F	V	V	V	F	F	F	F	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
	Considero que el sector todavía está “verde” en la adopción de estas prácticas, lo cual dificulta su implementación efectiva. Además, no se le otorga la relevancia necesaria a la planificación continua: suele hacerse una planificación inicial, pero no se realiza un seguimiento sistemático que permita ajustar, aprender y mejorar durante la ejecución del proyecto.										
17	Realizar una transferencia previa de conocimiento sobre las metodologías a aplicar, asegurando que la información no se centre en una sola área o persona, sino que sea compartida con los principales miembros en el desarrollo de los proyectos.	V	F	F	V	F	F	F	F	F	F
18	*promover el pensamiento sistémico que hay detrás de la implementación Lean. Las personas lo toman más como una carga laboral adicional.	F	F	V	F	F	F	F	F	F	F
19	Foco en capacitación a contratistas, subcontratistas y trabajadores. Definición de esquema de incentivos y mejora de condiciones en obra. Integración de	V	F	F	F	V	F	V	V	F	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
	programación y su sistema de control con costos, abastecimiento, etc										
20	Crear un espacio educativo donde se instruya a la alta gerencia de las empresas colombianas en el mundo e implementación de Lean Construction. De esta manera, hacer notar la importancia de esta nueva tecnología, y así contrarrestar la resistencia a la implementación en sistemas de planificación y construcción tradicional.	V	V	V	F	V	V	F	F	F	F
21	La disponibilidad al cambio	F	F	V	F	F	F	F	F	F	F
22	Considero que en Colombia la mayoría de empresas pequeñas y medianas, no implementan Lean Construcción por lo cual los procesos para alcanzar los resultados son más difíciles y desordenados para los trabajadores	F	F	F	V	F	F	F	F	F	F
23	La primera causa es la resistencia al cambio debido a que los procesos están controlados y dirigidos por personas de experiencia con metodologías antiguas, además la cultura de trabajo es diferente en Colombia y todo Sudamérica	F	F	V	V	V	F	F	F	F	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
24	Partir desde la implementación en la universidad y que las empresas cambien el chip de pensar que solo generara entorpecimiento en las operaciones y sobrecostos.	V	F	F	F	F	F	F	F	F	F
25	Capacitación y Esparcimiento de la información, conocimiento	V	F	F	F	F	F	F	F	F	F
26	La organización en la planificación y los recursos, igualmente que la capacitación de los personales para implantar este método.	V	F	F	F	V	F	F	F	F	F
27	Capacitación	V	F	F	F	F	F	F	F	F	F
28	Realmente no lo he escuchado en mi empresa, pero es porque no se dedica a obras como tal, sino a vender ciertos pre ensamblajes. Pero, si creo que el aplicarlo ayudaría a agilizar ciertos procesos y mejorar la calidad	F	F	F	V	F	F	F	F	F	F
29	Dar más capacitaciones para implementar el nuevo conocimiento y las ventajas que trae en construcción	V	F	F	F	F	F	F	F	F	F
30	Formación y cambio cultural (directivos, ingenieros, maestros y cuadrillas); compromiso real de la alta dirección;	V	V	V	V	F	F	V	V	V	F

ID	Respuesta	Capacitación y formación	Compromiso de alta dirección y liderazgo	Cultura organizacional y resistencia al cambio	Estandarización y procesos	Planificación y control (LPS / PPC / segui.)	Digitalización y herramientas (BIM / software)	Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	Contratación e incentivos	Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	Comunicación y difusión
	implementación progresiva y enfocada (proyectos piloto); involucrar en la ejecución desde etapas tempranas a diseñadores, contratistas, subcontratistas y proveedores; documentar procesos, mejores prácticas y estándares constructivos; impulso sectorial y académico (mayor participación de universidades, gremios y cámaras de la construcción; casos de éxito locales que sirvan como referencia; incluir obligatorio Lean Construction en la formación de ingenieros y arquitectos).										
31	Integrar de manera progresiva sistemas y cultura de trabajo colaborativo, para implementar prácticas Lean en determinados proyectos. Una vez iniciado el proceso realizar acompañamiento y capacitación para desarrollar herramientas asociadas a Lean que se adapte al modelo de trabajo y cumplimiento de la empresa.	V	F	V	V	F	V	V	F	F	F

Tabla 35. Clasificación en categoría de acciones sugeridas. (N=31)

Categoría	Frecuencia	% sobre N válido
Capacitación y formación	13	41,9%
Cultura organizacional y resistencia al cambio	12	38,7%
Estandarización y procesos	11	35,5%
Planificación y control (LPS / PPC / seguimiento)	9	29,0%
Colaboración e integración con subcontratistas/proveedores	9	29,0%
Compromiso de alta dirección y liderazgo	7	22,6%
Digitalización y herramientas (BIM / software / datos)	5	16,1%
Pilotos, casos de éxito y aprendizaje	5	16,1%
Contratación e incentivos	4	12,9%
Comunicación y difusión	2	6,5%

Tabla 36. Resumen categoría de acciones sugeridas. (N=31)

En las respuestas válidas de este apartado (N=31), las acciones sugeridas se concentran principalmente en fortalecer capacidades internas. Las menciones más frecuentes se relacionan con capacitaciones/formación, lo que indica que muchos encuestados ven necesario mejorar el conocimiento práctico de Lean dentro de los equipos. En segundo lugar, aparecen acciones ligadas a la estandarización de procesos, lo cual sugiere que la implementación necesita procedimientos claros y repetibles para sostenerse en el tiempo.

Además, varias respuestas apuntan a elementos culturales y organizacionales, como la resistencia al cambio y la necesidad de mayor liderazgo/compromiso dentro de las empresas, lo que refuerza que Lean no se percibe solo como un conjunto de herramientas, sino como un cambio en la forma de gestionar y trabajar. También aparecen acciones relacionadas con la planificación y control del proyecto y con mejorar la colaboración con subcontratistas y proveedores, lo que muestra que, para los encuestados, la implementación requiere coordinación interna y también alineación con actores externos.

Los resultados descriptivos presentados hasta este punto permiten obtener una visión general del estado actual de la implementación de Lean Construction en la muestra analizada. Se observa un nivel moderado de conocimiento previo (84,8 %), pero una implementación global heterogénea (mediana = 2 en escala 0-5), con mayor adopción de herramientas de mejora continua (Kaizen y gestión visual) frente a las de planificación colaborativa (LPS y Pull/Kanban). Las barreras más relevantes se concentran en aspectos humanos (resistencia al

cambio y falta de formación) y organizacionales (integración con sistemas existentes y esquemas contractuales), mientras que los beneficios son ampliamente percibidos, especialmente en reducción de desperdicios y mejora de plazos. Las propuestas de los encuestados refuerzan la necesidad de fortalecer la formación y el cambio cultural.

5.9. Asociaciones y correlaciones entre el nivel de implementación (P9) y variables clave (criterio por magnitud)

En este subcapítulo se explora la existencia de asociaciones entre el nivel de implementación de Lean Construction reportado por los encuestados (P9, escala 0–5) y otras variables relacionadas con el uso de herramientas Lean (P10), la percepción de barreras (P11), beneficios (P12), facilitadores (P13) y el tamaño de la empresa (P5). Este análisis se plantea con un enfoque exploratorio, orientado a identificar patrones consistentes que aporten comprensión sobre qué factores se relacionan con mayores niveles de implementación.

5.9.1. Método y criterio de interpretación

Dado que P9 y la mayoría de variables analizadas provienen de escalas ordinales tipo Likert, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para evaluar asociaciones monotónicas entre pares de variables.

Para el bloque de asociaciones se trabajó con $N=78$ casos completos en las variables incluidas, de modo que todas las correlaciones reportadas comparten el mismo tamaño muestral.

Con el fin de evitar interpretaciones excesivas derivadas de la evaluación simultánea de múltiples relaciones, se adoptó un criterio de magnitud:

- Se consideran asociaciones relevantes aquellas con $|\rho| \geq 0,30$, por representar relaciones al menos débiles-moderadas en términos prácticos.
- Valores con $|\rho| < 0,30$ se interpretan como asociaciones débiles o no relevantes para efectos de discusión, aun cuando puedan sugerir tendencias.

5.9.2. Cálculo de correlaciones (Spearman)

Con el fin de explorar asociaciones entre el nivel de implementación de Lean Construction reportado por los participantes (P9, escala ordinal 0–5) y variables relacionadas con el uso de herramientas (P10), la percepción de barreras (P11), beneficios (P12), facilitadores (P13) y el tamaño de la empresa (P5), se estimó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ). Este coeficiente se considera adecuado para variables medidas en escalas ordinales (p. ej., Likert), dado que evalúa relaciones monotónicas basadas en el orden relativo de los valores y no requiere asumir normalidad ni intervalos equidistantes.

Debido a que Microsoft Excel no incorpora una función específica para calcular directamente el coeficiente de Spearman, su estimación se realizó mediante el procedimiento estándar consistente en: (i) transformar las variables originales a rangos (ranking) y (ii) calcular la correlación de Pearson entre dichos rangos. En términos formales, Spearman (ρ) equivale a la correlación entre los rangos de dos variables.

Transformación a rangos. Para cada variable X incluida en el análisis (P9 y cada variable comparada), se generó una columna de rangos R_X asignando a cada observación su posición dentro de la distribución de X . Considerando la presencia esperable de empates en escalas Likert, se aplicó un ranking con promedio de empates. En Excel, este paso se implementó mediante la función JERARQUIA.PROMEDIO aplicada sobre el conjunto de observaciones de cada variable. De este modo se obtuvo, para cada registro, un valor de rango R_{P9} y un valor R_X correspondiente a la variable comparada.

Cálculo del coeficiente de Spearman. Una vez generados los rangos, el coeficiente de Spearman entre P9 y una variable X se calculó como la correlación entre R_{P9} y R_X , utilizando la función COEF.DE.CORREL en Excel. Es decir, para cada par de variables se estimó:

$$\rho_{P9, X} = \text{corr}(R_{P9}, R_X)$$

donde valores de ρ positivos indican que mayores niveles de implementación (P9) se asocian con mayores valores de X , valores negativos indican una asociación inversa, y valores cercanos a cero sugieren ausencia de una relación monotónica apreciable.

Tratamiento de valores faltantes y tamaño muestral. Para cada correlación se consideraron únicamente los registros con información disponible en ambas variables (P9 y X). El tamaño muestral efectivo se documentó mediante un conteo de casos válidos por relación, a fin de garantizar trazabilidad y consistencia en los resultados reportados.

Criterio de interpretación por magnitud. Dado el carácter exploratorio del análisis y el número de relaciones evaluadas, los resultados se interpretaron priorizando la magnitud del coeficiente. Se adoptó un umbral práctico de relevancia: asociaciones con $|\rho| \geq 0,30$ se consideraron de magnitud al menos débil-moderada y, por tanto, relevantes para la discusión; valores inferiores se reportaron como asociaciones débiles o no relevantes. En todos los casos, se asume que las correlaciones estimadas no implican causalidad y únicamente describen patrones de asociación en la muestra analizada.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para las variables analizadas:

P9	Variable	rho	N	t	p-valor bilateral
R_Tamano	Tamano	0,110	78	0,967	0,337
R_LPS	LPS	0,358	78	3,342	0,001
R_5S	5S	0,192	78	1,707	0,092
R_Gvisual	Gvisual	0,398	78	3,780	0,000
R_A3	A3	0,350	78	3,259	0,002
R_Kaizen	Kaizen	0,352	78	3,277	0,002
R_PullKanban	PullKanban	0,462	78	4,541	0,000
R_B1 Resistencia	B1 Resistencia	0,043	78	0,373	0,710
R_B2 Formacion	B2 Formacion	-0,239	78	2,144	0,035
R_B3 Integracion	B3 Integracion	0,060	78	0,526	0,600
R_B4 ContratosPrecio	B4 ContratosPrecio	-0,066	78	0,580	0,563
R_B5 Subcontratos	B5 Subcontratos	-0,153	78	1,353	0,180
R_B6 SistInfo	B6 SistInfo	-0,180	78	1,591	0,116
R_B7 CargaAdmin	B7 CargaAdmin	-0,356	78	3,322	0,001
R_Ben1 Plazos	Ben1 Plazos	-0,103	78	0,902	0,370
R_Ben2 Desperdicios	Ben2 Desperdicios	-0,003	78	0,030	0,976
R_Ben3 Flujo	Ben3 Flujo	-0,081	78	0,710	0,480
R_Ben4 Defectos	Ben4 Defectos	-0,027	78	0,233	0,816
R_Ben5 Seguridad	Ben5 Seguridad	-0,027	78	0,234	0,815

P9	Variable	rho	N	t	p-valor bilateral
R_Ben6_Rentabilidad	Ben6_Rentabilidad	-0,043	78	0,376	0,708
R_F1_AltaDir	F1_AltaDir	0,209	78	1,860	0,067
R_F2_FormacionLean	F2_FormacionLean	0,062	78	0,545	0,587
R_F3_MejoraContinua	F3_MejoraContinua	-0,085	78	0,745	0,459
R_F4_ColaboracionTemprana	F4_ColaboracionTemprana	0,006	78	0,051	0,960
R_F5_ContratosTransparencia	F5_ContratosTransparencia	0,027	78	0,233	0,817
R_F6_Procedimientos	F6_Procedimientos	0,083	78	0,722	0,473
R_F7_Pilotos	F7_Pilotos	0,194	78	1,724	0,089

Tabla 37. Cálculo de correlaciones (Spearman)

Respecto al análisis presentado, es importante mencionar que:

- Dado que las variables analizadas provienen de escalas tipo Likert (ordinales), se emplearon medidas robustas de tendencia central y dispersión (mediana e IQR). Para evaluar asociaciones entre el nivel de implementación (P9) y las variables de herramientas, barreras, beneficios y facilitadores (P10–P13), se utilizó la correlación de Spearman (ρ), calculada sobre rangos con tratamiento de empates mediante asignación de rangos promedio.
- Los p-valores se interpretan de forma indicativa, dado el carácter aproximado del contraste bajo empates y el número de asociaciones exploradas; por ello, la interpretación se centra principalmente en el sentido y magnitud del efecto. En particular, se consideran asociaciones de interés práctico aquellas con $|\rho| \geq 0,30$, complementadas por la coherencia con la evidencia reportada en la literatura.

5.9.3. Resultados principales: uso de herramientas Lean (P10) y nivel de implementación (P9)

Los resultados muestran que el nivel de implementación (P9) se asocia de forma consistente y positiva con el uso de varias herramientas Lean evaluadas. Bajo el criterio de magnitud adoptado, se identificaron asociaciones relevantes con cinco herramientas:

- Pull/Kanban ($\rho = 0,462$): asociación positiva de magnitud moderada, siendo la herramienta con mayor relación con P9.

- Gestión visual ($\rho = 0,398$): asociación positiva débil-moderada.
- Last Planner System (LPS) ($\rho = 0,358$): asociación positiva débil-moderada.
- Kaizen ($\rho = 0,352$) y Informes A3 ($\rho = 0,350$): asociaciones positivas débil-moderadas.

Por el contrario, 5S mostró una relación positiva pero de magnitud baja ($\rho = 0,192$), por lo que no se considera una asociación relevante según el criterio establecido. En conjunto, estos resultados sugieren que, dentro de la muestra analizada, mayores niveles de implementación reportados se relacionan con un mayor uso de herramientas Lean, especialmente aquellas asociadas a planificación/flujo (Pull/Kanban, LPS) y a control visual del trabajo (gestión visual).

5.9.4. Resultados principales: barreras percibidas (P11) y nivel de implementación (P9)

En el bloque de barreras, la mayoría de relaciones con P9 se situaron en magnitudes bajas. Sin embargo, se observó una asociación relevante con una barrera específica:

- Percepción de que Lean aumenta la carga administrativa sin beneficios claros ($\rho = -0,356$): asociación negativa débil-moderada.

Este resultado indica que, a medida que el nivel de implementación de Lean Construction es mayor, tiende a reducirse la percepción de que su aplicación implica un aumento de carga administrativa sin retornos claros. En cambio, otras barreras comúnmente mencionadas en la literatura, como la resistencia al cambio ($\rho = 0,043$) o la dificultad para integrar herramientas Lean con sistemas existentes ($\rho = 0,060$), no mostraron asociación relevante con el nivel de implementación en esta muestra.

Adicionalmente, la falta de formación en Lean ($\rho = -0,239$) presentó una relación negativa, coherente con la lógica esperada, pero de magnitud insuficiente para considerarse relevante bajo el criterio adoptado.

5.9.5. Beneficios (P12) y facilitadores (P13) frente al nivel de implementación (P9)

En el bloque de beneficios (mejora de plazos, reducción de desperdicios, mejora del flujo, reducción de defectos, seguridad y rentabilidad), las asociaciones con P9 fueron



prácticamente nulas (ρ cercanos a 0), por lo que no se identificaron relaciones relevantes según el criterio de magnitud. Esto puede explicarse por un posible efecto de consenso: la percepción de beneficios de Lean tiende a ser alta y relativamente homogénea independientemente del nivel de implementación real, reduciendo la capacidad del bloque para discriminar entre organizaciones con diferente grado de implantación.

En cuanto a facilitadores, se observaron asociaciones positivas de baja magnitud con el compromiso de la alta dirección ($\rho = 0,209$) y la realización de proyectos piloto ($\rho = 0,194$), pero sin alcanzar el umbral definido para relevancia. En consecuencia, en esta muestra los facilitadores analizados no muestran una relación suficientemente marcada con el nivel de implementación como para ser destacados como factores diferenciadores.

5.9.6. Tamaño de empresa y nivel de implementación

El tamaño de la empresa presentó una correlación positiva de magnitud baja con P9 ($\rho = 0,110$), lo que sugiere que en la muestra analizada el tamaño organizacional no constituye un factor asociado de forma clara al nivel de implementación de Lean Construction.

5.9.7. Síntesis e implicaciones para el estudio

En síntesis, bajo un criterio de magnitud ($|\rho| \geq 0,30$), el análisis exploratorio muestra que el uso de herramientas Lean es el bloque con asociaciones más consistentes con el nivel de implementación reportado, destacando Pull/Kanban, gestión visual, LPS, Kaizen y A3. En contraste, en el bloque de barreras solo destaca la percepción de carga administrativa como una barrera asociada negativamente con la implementación, mientras que beneficios, facilitadores y tamaño de empresa no muestran relaciones relevantes.

Estos hallazgos tienen implicaciones directas para la hoja de ruta propuesta en capítulos posteriores: por un lado, sugieren priorizar la introducción y consolidación de herramientas asociadas a flujo y planificación colaborativa; por otro, indican que abordar la percepción de “carga administrativa” puede ser un punto crítico para aumentar la adopción efectiva de Lean Construction en el contexto colombiano.

5.10. Respuestas a las preguntas de investigación

En este capítulo se presentan las respuestas a las preguntas de investigación formuladas, integrando los resultados descriptivos y el análisis de asociaciones realizadas.

5.10.1. ¿Cuál es el nivel de conocimiento y el grado de uso de las principales herramientas de Lean Construction en las empresas de construcción colombianas?

Los resultados evidencian un nivel de implementación predominantemente incipiente de Lean Construction en la muestra, lo que sugiere que el conocimiento existente se expresa, en mayor medida, como adopción parcial y no como aplicación sistemática a nivel organizacional. En cuanto al grado de uso de herramientas, se observa una preferencia por prácticas de menor complejidad y más inmediatas, destacando Kaizen (mejora continua) y gestión visual como las más utilizadas. En contraste, herramientas de carácter más estructural y demandantes en coordinación y disciplina de planificación, como el Last Planner System (LPS) y los enfoques Pull/Kanban, presentan menor uso relativo. Este patrón es consistente con organizaciones en fases iniciales de madurez Lean, donde la implementación suele iniciarse con herramientas visibles y de rápida adopción antes de evolucionar hacia sistemas de planificación colaborativa y control de flujo.

Específicamente, el conocimiento declarado sobre Lean Construction es elevado (más del 80 % afirma haberlo escuchado), pero esto no se traduce en un uso sistemático de herramientas. El análisis de asociaciones revela que sólo un subconjunto reducido de herramientas presenta una correlación relevante con el nivel de implementación: Pull/Kanban ($\rho=0,462$), gestión visual ($\rho=0,398$), LPS ($\rho=0,358$), Kaizen ($\rho=0,352$) y A3 ($\rho=0,350$). Estas asociaciones sugieren que el despliegue de Lean no está vinculado a una adopción amplia y equilibrada de herramientas, sino a la utilización selectiva de ciertas prácticas enfocadas en la gestión del flujo y la visualización del trabajo. La herramienta 5S, pese a su presencia histórica en programas de mejora, no muestra una capacidad discriminante significativa ($\rho=0,192$), posiblemente por su uso generalizado o desvinculado de un enfoque Lean integral.

5.10.2. ¿Cuáles son las principales barreras y factores facilitadores para la adopción de Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia?

Las barreras identificadas se concentran principalmente en el plano humano–organizacional, destacándose la resistencia al cambio y la insuficiente formación del personal como obstáculos críticos para la adopción. Sin embargo, el análisis de asociaciones sugiere que no todas las barreras declaradas discriminan de forma equivalente el nivel de implementación; en particular, la percepción de carga administrativa asociada a Lean muestra una relación negativa con la implementación, lo cual indica que, cuando la adopción se interpreta como un incremento de burocracia o documentación, tiende a limitarse su despliegue operativo.

En cuanto a los facilitadores, los resultados apuntan a la relevancia de condiciones internas que habilitan la adopción, especialmente el liderazgo y compromiso directivo, la capacitación, la estandarización de procesos y la coordinación entre actores del proyecto. En conjunto, la evidencia sugiere que la adopción Lean requiere simultáneamente capacidades técnicas (formación, método y rutinas) y condiciones organizativas (liderazgo, alineación y gestión del cambio) para sostenerse en el tiempo.

5.10.3. ¿Qué beneficios perciben las organizaciones que aplican Lean Construction en términos de plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente?

Los beneficios asociados a Lean Construction son valorados de forma ampliamente positiva en las dimensiones evaluadas (plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente), observándose un patrón de respuestas homogéneo con tendencia a puntuaciones altas. No obstante, al contrastar estas percepciones con el nivel de implementación, no se identifican asociaciones relevantes entre el grado de implementación y los ítems de beneficios. Una interpretación plausible es la presencia de un efecto de consenso o techo, dado que la baja variabilidad en las respuestas reduce la capacidad del análisis para discriminar diferencias entre niveles de implementación. En términos sustantivos, esto sugiere que existe una expectativa positiva generalizada sobre los beneficios de Lean, incluso cuando la implementación es todavía incipiente.

5.10.4. ¿Se observan diferencias en el nivel de implementación de Lean Construction en función de las características de las empresas (tamaño, tipo de actividad, ubicación, entre otras)?

Con base en los análisis realizados, no se dispone de evidencia concluyente para establecer diferencias sistemáticas del nivel de implementación según características empresariales (tamaño, tipo de actividad, ubicación u otras), debido a que no se desarrollaron contrastes comparativos formales entre grupos en este apartado. En cambio, la evidencia presentada sugiere que el nivel de implementación se relaciona principalmente con variables de gestión interna, reflejadas en el grado de uso de herramientas específicas y en determinadas percepciones de barreras y facilitadores. En consecuencia, esta pregunta se responde en términos de alcance: los resultados disponibles no permiten confirmar ni descartar diferencias por características de empresa, y se recomienda abordar este contraste mediante análisis comparativos específicos en investigaciones futuras o en fases posteriores del estudio.

5.10.5. ¿Qué elementos debería incluir una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en la industria de la construcción en Colombia, a partir de los resultados obtenidos?

A partir de los hallazgos, una hoja de ruta de implementación por etapas para Lean Construction en Colombia debería integrar, al menos, los siguientes elementos:

1. Diagnóstico y alineación inicial: establecimiento del nivel de implementación de partida, definición de objetivos por proyecto/organización y asignación de responsables, con respaldo explícito de la dirección.
2. Gestión del cambio y desarrollo de capacidades: plan de formación progresivo y acciones de gestión del cambio orientadas a mitigar la resistencia, consolidando roles y rutinas de trabajo.
3. Despliegue gradual de herramientas: inicio con herramientas de adopción relativamente rápida (p. ej., gestión visual y Kaizen) y escalamiento posterior hacia herramientas de mayor exigencia organizativa (p. ej., LPS y enfoques Pull/Kanban) conforme se consoliden capacidades internas.



4. Estandarización operativa evitando burocratización: formalización de procedimientos mínimos, métricas y rutinas de seguimiento, asegurando que la implementación no sea percibida como una carga administrativa sino como un sistema de control y aprendizaje orientado a resultados.
5. Seguimiento y mejora continua: sistema de revisión periódica con indicadores vinculados a plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente, incorporando ciclos de mejora continua para sostener la adopción.

En conjunto, la hoja de ruta debe priorizar la creación de capacidades (formación y liderazgo), la gestión del cambio y un despliegue escalonado de herramientas, evitando enfoques burocráticos que reduzcan la aceptación organizacional y dificulten la consolidación de Lean en la práctica.



6. DISCUSIÓN

6.1. Comparación de resultados con la literatura internacional sobre Lean Construction.

La implementación de Lean Construction (LC) ha sido ampliamente documentada en la literatura internacional; sin embargo, los resultados del presente estudio en Colombia se alinean con un patrón recurrente en contextos de adopción emergente: alta aceptación conceptual de Lean coexistiendo con implementación parcial y heterogénea, condicionada por capacidades organizacionales y por la forma en que se despliega la metodología. (Moradi, 2023) (Mano, 2024)

En primer lugar, el patrón de adopción técnica observado es consistente con el enfoque internacional que entiende LC como un sistema socio-técnico donde el desempeño depende de rutinas de planificación, control y aprendizaje, más que de la aplicación aislada de herramientas (Ballard & Howell, 2003) (Koskela L. , 2000) En la muestra colombiana, el mayor nivel de implementación se asocia con un conjunto de herramientas operativas (p. ej., gestión visual, Kaizen, LPS y Pull/Kanban), lo cual es coherente con trayectorias de adopción gradual descritas en la literatura, donde la implementación suele comenzar por prácticas visibles y de rápida introducción antes de consolidar sistemas integrados (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006) (Gao & Low, 2014) No obstante, el bajo poder discriminante de 5S en el presente estudio contrasta con trabajos que la presentan como práctica de base o puerta de entrada frecuente en despliegues Lean, particularmente en revisiones y estudios aplicados (Marhani, Jaapar, & Bari, 2013) (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006) Esta divergencia puede interpretarse como señal de adopción superficial o no sistematizada, donde ciertas prácticas se aplican como “mejora local” sin integrarse en un sistema de producción orientado al flujo y a la confiabilidad de la planificación (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)

En segundo lugar, en el plano de barreras, la literatura internacional suele destacar barreras culturales y organizacionales (resistencia al cambio, falta de comprensión de Lean, insuficiente soporte directivo) como obstáculos reiterados (Albalkhy, 2021) (Mano, 2024)

(Moradi, 2023) En el presente estudio, aunque la resistencia al cambio aparece como barrera percibida relevante, el análisis de asociación muestra que la barrera que más distingue por nivel de implementación es la percepción de que Lean conlleva carga administrativa. Este resultado es consistente con la advertencia, documentada en la literatura, de que Lean puede perder tracción cuando se introduce como un conjunto de rituales (reuniones, formatos, métricas) sin utilidad operativa clara, generando fricción y debilitando su sostenibilidad (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023)

En tercer lugar, la desconexión entre nivel de implementación y beneficios percibidos (plazo, costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente) sugiere un patrón compatible con un efecto de consenso/techo: la valoración positiva generalizada reduce la variabilidad y limita la capacidad de detectar asociaciones en análisis transversales basados en autodeclaración. Este comportamiento no contradice la literatura que reporta impactos de LC sobre desempeño, pero sí obliga a matizar que, en contextos de implementación incipiente, la percepción de beneficios puede reflejar más una legitimidad discursiva que un resultado atribuible a rutinas consolidadas (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2005) (Ballard & Howell, 2003)

En conjunto, los hallazgos no invalidan la literatura internacional, pero sí enfatizan que la efectividad de LC depende de condiciones de implementación: capacidades, gobernanza del despliegue y diseño de rutinas con valor operativo; aspectos que la literatura reconoce como críticos para pasar de adopciones puntuales a un sistema estable de planificación y control (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) (Moradi, 2023)

6.2. Comparación con investigaciones similares.

Diversos estudios aplicados en Latinoamérica e Iberoamérica han analizado la implementación de Lean Construction mediante encuestas a profesionales, escalas tipo Likert para evaluar uso de herramientas, identificación de barreras y beneficios percibidos, y propuestas de mejora. En esta línea se sitúan los trabajos desarrollados en Perú (Casas, 2022), Ecuador (Merino Layedra, 2024), El Salvador (Sandoval C, 2026) y el análisis regional en Iberoamérica (Ornaghi, 2021). Tabla 38 resume los principales resultados comparables y permite contextualizar los hallazgos del caso colombiano.



De forma general, la evidencia indica que la adopción de Lean Construction en la región avanza de manera heterogénea, combinando prácticas puntuales con brechas en estandarización, disciplina de planificación y condiciones organizacionales para sostener la implementación. En Colombia, el nivel global reportado es bajo-medio (media 2,16/5) y el patrón de herramientas sugiere mayor adopción de prácticas de mejora/visibilidad (p. ej., Kaizen y gestión visual), mientras que herramientas asociadas a planificación colaborativa y gestión del flujo (p. ej., LPS y Pull/Kanban) presentan menor uso relativo. En Perú, Casas (2022) también observa una adopción prioritaria de rutinas operativas (reuniones diarias, mejora continua y estandarización), reportadas mediante el Índice de Importancia Relativa (RII), indicador normalizado (0–1) usado para ordenar ítems por importancia/uso relativo.

Respecto a barreras, la comparación refuerza que los principales obstáculos no son exclusivamente técnicos: predominan limitaciones asociadas a formación, cultura organizacional y soporte directivo/gestión tradicional, además de dificultades de integración con prácticas y sistemas existentes. Estos patrones aparecen de forma recurrente en Ecuador e Iberoamérica, y también en El Salvador como desafíos de adopción sostenida.

Estudio (país)	Muestra / método (según documento)	Nivel/ madurez de implementación	Herramientas con mayor adopción	Herramientas con menor adopción	Barreras/Desafíos principales	Beneficios principales
Díaz (Colombia, presente estudio)	Encuesta a 79 profesionales; evaluación de herramientas, beneficios, barreras y facilitadores.	Implementación baja–media (media 2,16/5).	Mayor adopción relativa en herramientas de mejora/visibilida d; Kaizen (3,10); Gestión visual (2,99); luego 5S (2,79) y A3 (2,78)	Menor adopción relativa en herramientas con mayor disciplina de planificación/fl ujo: LPS y Pull/Kanban.	Barreras críticas: resistencia al cambio; falta de conocimiento/formación; integración con sistemas de planificación y control.	Cumplimiento de plazos; reducción de desperdicios/retrab ajos.
Casas Candia (Perú, 2022)	Encuesta: 81 completadas; se excluyen 2 parciales → 79 válidas. Rankings por RII.	No reporta un índice global tipo media/5	Reuniones grupales diarias; mejora continua; estandarización del trabajo.	Kaizen, Poka- yoke y Six- sigma.	Barrera más influyente: Resistencia al cambio	Beneficio más influyente: Aumenta la productividad y la satisfacción del cliente

Estudio (país)	Muestra / método (según documento)	Nivel/ madurez de implementación	Herramientas con mayor adopción	Herramientas con menor adopción	Barreras/Desafíos principales	Beneficios principales
Merino Layedra (Ecuador, 2024)	Encuesta (TOTAL=64 en tablas). Rankings por RII.	No reporta un valor global tipo media/5 (comparación por RII).	Herramienta más conocida/usada: mejora continua (RII más alto).	Poka-Yoke; TQM (entre los menores RII reportados).	Mayor desafío: falta de capacitación/formación; también falta de conocimiento y resistencia al cambio (RII altos).	Productividad/eficiencia; optimización de planificación/progr amación.
Sandoval Carrillo (El Salvador, 2025/2026)	Encuesta a 21 profesionales	Rango de implementación reportado: 16%– 40%	Herramientas más utilizadas reportadas: análisis de causa raíz, PDCA, gestión visual.	No reporta lista de menor adopción	Desafíos: resistencia al cambio, ausencia de “filosofía Lean” a largo plazo, déficit de capacitación (según síntesis del estudio).	Beneficios más evidentes: coordinación/comu nicación, reducción de desperdicios, mejora planificación y uso eficiente de recursos.

Estudio (país)	Muestra / método (según documento)	Nivel/ madurez de implementación	Herramientas con mayor adopción	Herramientas con menor adopción	Barreras/Desafíos principales	Beneficios principales
Ornaghi (Iberoamérica, 2021)	Encuestas válidas 96 (depuradas desde 108) Ranking de barreras por RII.	No reporta nivel global; enfoque: barreras (ranking RII).	Herramienta más utilizada en Iberoamérica según su discusión: Last Planner® System (LPS).	No reporta	Barreras más influyentes: Falta de compromiso de la alta dirección; gestión tradicional; cultura y actitud del personal (entre las más influyentes).	No reporta.

Tabla 38. Comparación de resultados con investigaciones similares (Latinoamérica e Iberoamérica)

Nota: Algunos estudios emplean el Índice de Importancia Relativa (RII, 0–1) para ordenar ítems por importancia/uso relativo, mientras que este trabajo reporta principalmente estadísticas descriptivas sobre escala Likert. Por ello, la comparación se realiza por tendencias y orden relativo, no por equivalencia directa de métricas.

6.3. Especificidades del caso colombiano

Los resultados sugieren que la implementación de LC en Colombia se caracteriza por una madurez inicial, en la que predomina la aplicación de herramientas específicas por encima de la consolidación de LC como sistema de gestión. Este patrón es coherente con diagnósticos en contextos iberoamericanos donde la adopción suele iniciar en el plano instrumental y avanza de forma desigual según capacidades, liderazgo y disciplina de ejecución (Ornaghi, 2021) (Merino Layedra, 2024)

6.3.1. Implementación en fase inicial y centrada en herramientas “visibles”

En la muestra analizada, el nivel de implementación se asocia principalmente con herramientas de aplicación relativamente directa y alta visibilidad operativa (p. ej., gestión visual, Kaizen, LPS y Pull/Kanban). Esta evidencia es consistente con la idea de que, en etapas tempranas, LC tiende a desplegarse como “paquete de herramientas” antes de evolucionar hacia un sistema integrado de producción y control del flujo (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) En términos comparativos regionales, este comportamiento también se observa en estudios de alcance similar desarrollados en países de la región, donde la implementación se concentra primero en prácticas de planificación y control visibles, y la consolidación sistémica aparece como desafío posterior (Ornaghi, 2021) (Casas Candia, 2022)

6.3.2. Cultura de ejecución bajo presión y rechazo a la burocratización

Un hallazgo relevante es que la barrera que se asocia negativamente con la implementación no es tanto una oposición conceptual al cambio, sino la percepción de que Lean incrementa la carga administrativa. Este resultado sugiere que, en un entorno de presión por resultados inmediatos, toda práctica que no demuestre utilidad operativa clara (control real del trabajo, restricciones, compromisos, flujo) tiende a ser interpretada como burocracia. La literatura ha señalado que la ambigüedad en la definición de “lo Lean” y su implementación como conjunto de rituales sin propósito productivo puede generar rechazo y frenar la adopción (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023)

6.3.3. Difusión conceptual más rápida que la consolidación técnica

La valoración homogéneamente alta de beneficios, sin relación con el nivel de implementación, sugiere que el discurso Lean puede estar más difundido que la capacidad de convertirlo en rutinas estables. Teóricamente, esto es consistente con el planteamiento de LC como un sistema de producción que requiere coherencia entre principios, métodos y control; sin dicha coherencia, la percepción positiva puede mantenerse aun con implementación fragmentaria (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) En este sentido, el reto colombiano no parece ser “convencer sobre beneficios”, sino fortalecer capacidad de ejecución: selección coherente de herramientas, disciplina operativa y medición orientada a la producción (Merino Layedra, 2024) (Ornaghi, 2021)

6.4. Aportes al conocimiento aplicado sobre Lean

Los hallazgos aportan evidencia para discutir LC como un enfoque sociotécnico donde la adopción no debe interpretarse únicamente como acumulación de herramientas. Primero, la coexistencia de beneficios percibidos altos con implementación incipiente sugiere un posible desacople entre aceptación conceptual y despliegue operativo, lo cual cuestiona interpretaciones lineales de madurez que asumen que el aumento de implementación se acompaña automáticamente de mejoras percibidas y de institucionalización metodológica (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) Segundo, la evidencia indica que conviene distinguir entre barreras “frecuentes” (ampliamente reportadas en la literatura) y barreras “discriminantes” (las que realmente separan niveles de implementación en una muestra). En este estudio, la carga administrativa emerge como una barrera discriminante, alineada con argumentos que sitúan el problema no solo en la cultura, sino en el diseño de implementación y en los costos transaccionales asociados a nuevas rutinas (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023) (Mano, 2024)

En consecuencia, teóricamente se refuerza que la implementación Lean debe analizarse como construcción de capacidades organizacionales para sostener prácticas de planificación y control; no como adopción aislada de instrumentos. Este enfoque es consistente con la teoría TFV y con la concepción de proyectos como sistemas temporales de producción que



requieren control del flujo y confiabilidad de compromisos para estabilizar desempeño (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)

6.5. Implicaciones prácticas para la industria de la construcción en Colombia.

Los resultados sugieren que las estrategias de adopción de LC en Colombia deben priorizar tres frentes: (i) capacidades, (ii) gobernanza del despliegue, y (iii) diseño “no burocrático” de rutinas Lean. En primer lugar, se requiere fortalecer formación aplicada y acompañamiento para operar herramientas que sostienen planificación colaborativa y control del flujo, dado que el salto de herramientas visibles a sistemas integrados depende de disciplina operativa y claridad de roles (Ballard & Howell, 2003) (Salem O. S., 2005) En segundo lugar, los hallazgos implican que el liderazgo debe orientar la implementación hacia resultados productivos verificables; la literatura muestra que la ambigüedad metodológica y la falta de alineación organizacional debilitan la sostenibilidad de Lean (Moradi, 2023) (Mano, 2024) Finalmente, la relación negativa entre carga administrativa e implementación subraya que la implementación debe diseñarse bajo un principio de mínima burocracia efectiva: formatos mínimos, reuniones con propósito productivo, indicadores accionables y foco en restricciones, compromisos y aprendizaje continuo, evitando ritualización sin valor operativo (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023)

En síntesis, el contexto colombiano ofrece una ventana de oportunidad (alta aceptación de beneficios), pero demanda transformar esa aceptación en capacidad de ejecución: secuenciar herramientas, institucionalizar rutinas con utilidad operativa y evitar que Lean sea percibido como un sistema documental desconectado de la producción (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003) (Merino Layedra, 2024)

7. HOJA DE RUTA DE IMPLEMENTACIÓN

7.1. Objetivo y alcance de la hoja de ruta

El objetivo de esta hoja de ruta es orientar la implementación progresiva de Lean Construction (LC) en empresas de la industria de la construcción en Colombia mediante un enfoque por etapas que permita pasar de adopciones puntuales a un sistema de gestión más estable, alineado con la lógica de producción y control del flujo propuesta por la literatura base de LC. (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)

El alcance de la hoja de ruta se concibe como aplicable a nivel de proyecto y escalable a nivel organizacional, priorizando inicialmente su despliegue en proyectos piloto de complejidad controlada. Este alcance se deriva de los resultados del estudio, que evidencian una adopción aún incipiente, con uso más frecuente de herramientas visibles y menor presencia relativa de herramientas sistémicas; además, se identifica el riesgo de percibir LC como “carga administrativa”, lo que exige un diseño de implementación centrado en utilidad operativa (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023)

7.2. Principios para la implementación de Lean Construction en Colombia

- Implementación orientada a producción y flujo (no a rituales). La adopción debe enfocarse en mecanismos que incrementen la confiabilidad de la planificación y la gestión de restricciones, evitando que LC se reduzca a reuniones o formatos sin impacto operativo. (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)
- Mínima burocracia efectiva”. Dado que en este estudio la percepción de carga administrativa se asocia negativamente con la implementación, el despliegue debe limitar formatos y registros a lo estrictamente necesario para gestionar compromisos, restricciones y aprendizaje, asegurando valor operativo directo. (Moradi, 2023)
- Desarrollo de capacidades antes de complejidad técnica. La implementación debe acompañarse de formación aplicada y clarificación de roles, ya que las barreras ligadas a formación y a condiciones organizacionales son recurrentes en la adopción de LC. (Albalkhy, 2021) (Moradi, 2023)



- Escalado progresivo y estandarización. La ruta debe iniciar con pilotos, consolidar rutinas y estandarizar lo que funciona antes de ampliar a más proyectos. Este enfoque es consistente con la visión de LC como sistema cuya eficacia depende de la estabilidad de prácticas y gobernanza. (Ballard & Howell, 2003) (Koskela L. , 2000)
- Mejora continua basada en evidencia. El seguimiento debe incluir indicadores simples, accionables y vinculados a desempeño (plazo, productividad, calidad, seguridad), cerrando el ciclo de mejora continua (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006)

7.3. Fases de implementación

7.3.1. Diagnóstico inicial

Propósito: Establecer una línea base del nivel de implementación y capacidad organizacional para LC, identificando brechas en herramientas, prácticas de planificación, roles y barreras internas.

Actividades clave:

- Evaluación del estado actual de prácticas (planificación, control, coordinación, gestión visual, rutinas de mejora).
- Identificación de barreras prioritarias (especialmente las ligadas a carga administrativa y a capacidades de formación) y facilitadores disponibles (liderazgo, disposición a capacitación, recursos).
- Selección de proyectos candidatos a piloto según criterios de controlabilidad (alcance claro, equipo estable, disponibilidad de datos).

Entregables:

- Informe de diagnóstico con brechas y prioridades.
- Mapa de barreras/facilitadores y riesgos de implementación (incluyendo riesgo de burocratización).

7.3.2. Planificación de la adopción

Propósito: Diseñar la implementación como un programa de cambio operacional: objetivos, roles, rutinas, herramientas y métricas mínimas para el piloto.



Actividades clave:

- Definición del objetivo de implementación (p. ej., mejorar confiabilidad del plan, reducir variabilidad, estabilizar flujo). (Koskela, 2000; Ballard & Howell, 2003).
- Diseño del “paquete mínimo” de implementación: herramientas iniciales (p. ej., gestión visual y rutinas de mejora) y herramientas de planificación (p. ej., planificación colaborativa), alineadas con capacidades reales del equipo.
- Plan de formación aplicada por rol (dirección, jefatura de obra, planificación, subcontratistas).
- Definición de indicadores simples y de rutina de seguimiento (ver 7.5).

Entregables:

- Plan de implementación del piloto (alcance, herramientas, roles, calendario de rutinas, indicadores).
- Matriz RACI de roles y responsabilidades (ver 7.4).

7.3.3. Implementación piloto

Propósito: Ejecutar LC en condiciones controladas y con seguimiento frecuente para validar utilidad operativa y evitar adopción burocrática.

Actividades clave:

- Puesta en marcha de rutinas de planificación y seguimiento (reuniones con agenda y entregables; gestión de restricciones; tablero visual).
- Aplicación de mejora continua (Kaizen) sobre problemas recurrentes y causas de incumplimiento del plan.
- Retroalimentación semanal del sistema: ajustes a formatos, indicadores y rutinas para asegurar “mínima burocracia efectiva”.

Entregables:

- Informe de lecciones aprendidas del piloto y evidencia de desempeño (tendencias de indicadores).



- Propuesta de estandarización: qué se mantiene, qué se elimina, qué se ajusta.

7.3.4. Escalado y estandarización

Propósito: Consolidar la implementación mediante estándares, formación recurrente y expansión a nuevos proyectos con gobernanza definida.

Actividades clave:

- Estandarización de rutinas y formatos mínimos (solo los que aporten control productivo).
- Formación de replicadores internos (champions Lean) y acompañamiento a equipos nuevos.
- Escalado por olas: incorporación gradual de proyectos, evitando expansión sin capacidad.
- Integración progresiva de herramientas más exigentes conforme madure el sistema (en coherencia con la lógica de implementación como sistema, no solo como herramientas). (Koskela, 2000; Ballard & Howell, 2003).

Entregables:

- Manual operativo LC (rutinas, roles, formatos mínimos, indicadores).
- Plan anual de escalado y auditorías internas ligeras (no punitivas) orientadas a aprendizaje.

7.4. Actores clave y roles

- Dirección / Alta gerencia. Define objetivos, asigna recursos y elimina barreras organizacionales; su rol es crítico para sostener el despliegue y evitar que Lean sea un esfuerzo aislado. (Moradi, 2023) (Albalkhy, 2021)
- Líder Lean (interno) / PMO o equivalente. Diseña el sistema de implementación, asegura disciplina de rutinas, custodia estándares y lidera la mejora continua basada en evidencia.



- Jefe de obra / Residente. Integra LC en la operación diaria: coordinación con subcontratos, control de restricciones, aseguramiento de rutinas y uso real de tableros.
- Planificador / Producción. Gestiona la planificación a corto y mediano plazo, registra restricciones y soporta el análisis de causas del incumplimiento del plan.
- Subcontratistas y cuadrillas. Participan en compromisos de producción y coordinación; su involucramiento es esencial para confiabilidad del plan, en línea con la concepción colaborativa de la planificación en LC. (Ballard & Howell, 2003)
- Cliente / Interventoría (cuando aplique). Alinea criterios de avance, cambios y definiciones, y contribuye a la estabilidad del sistema evitando variaciones no controladas, cuando el contrato lo permita (interpretación coherente con el enfoque de control del flujo en LC). (Koskela L. , 2000)

7.5. Indicadores de seguimiento y mejora continua

Los indicadores deben ser pocos, frecuentes y accionables, priorizando el control de la producción y el aprendizaje del sistema. (Ballard & Howell, 2003) (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006) En coherencia con los resultados del estudio (beneficios ampliamente reconocidos, pero no discriminantes por nivel de implementación), el foco debe desplazarse de la “promesa” a la evidencia operativa.

Indicadores mínimos recomendados (por proyecto).

- Confiabilidad del plan: porcentaje de compromisos cumplidos (PPC) y causas principales de no cumplimiento. (Ballard & Howell, 2003)
- Gestión de restricciones: nº de restricciones abiertas/cerradas por semana y tiempo medio de cierre.
- Flujo y productividad: rendimiento de actividades críticas (unidades/tiempo) y variabilidad semanal (tendencia, no solo valor puntual).
- Plazo: cumplimiento de hitos y desviación respecto a línea base.
- Calidad: retrabajos (nº y horas) y principales causas.



- Seguridad: incidentes/observaciones y acciones correctivas cerradas.
- Mejora continua: nº de acciones Kaizen implementadas y verificación de impacto (antes/después).

Rutina de mejora.

- Revisión semanal operativa (plan, restricciones, causas).
- Revisión mensual de desempeño (tendencias y decisiones de estandarización).
- Ciclos de mejora continua con aprendizaje documentado y estandarización selectiva.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

La implementación de Lean Construction en la muestra analizada es mayoritariamente incipiente y se expresa como adopción parcial. Los resultados evidencian que, aunque existe familiaridad general con Lean Construction y una valoración positiva de sus promesas, la implementación reportada no corresponde a un despliegue sistemático y homogéneo, sino a una adopción fragmentaria. Esta condición es consistente con la interpretación de Lean Construction como un sistema sociotécnico cuya consolidación requiere rutinas estables de planificación, control y aprendizaje, más allá de aplicaciones puntuales. (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)

El patrón de uso de herramientas sugiere una transición incompleta desde prácticas “visibles” hacia herramientas sistémicas de planificación y control. La adopción se concentra en herramientas de menor complejidad y rápida introducción (p. ej., gestión visual y Kaizen), mientras que herramientas de mayor exigencia organizativa (p. ej., LPS y Pull/Kanban) presentan menor presencia relativa, aunque muestran asociaciones con el nivel de implementación. Este hallazgo sugiere que la madurez Lean se incrementa cuando la organización incorpora mecanismos de gestión del flujo y confiabilidad del plan, y no únicamente prácticas de orden o mejora local. (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006) (Ballard & Howell, 2003)

Las barreras para la adopción se sitúan en el plano organizacional, pero la barrera que más discrimina por nivel de implementación es el riesgo de burocratización. Aunque la resistencia al cambio y las brechas de formación son reconocidas como obstáculos relevantes, la evidencia de asociación sugiere que la percepción de “carga administrativa” se relaciona negativamente con la implementación. Esto implica que el modo de introducción de Lean — como sistema útil de control productivo o como conjunto de exigencias documentales— afecta su sostenibilidad. (Albalkhy, 2021) (Moradi, 2023)

Los beneficios de Lean Construction son ampliamente reconocidos, pero no discriminan entre niveles de implementación reportados. La valoración positiva de beneficios en plazo,



costos, productividad, seguridad, calidad y satisfacción del cliente se observa de manera homogénea, sin asociaciones relevantes con el nivel de implementación. Este resultado sugiere un posible efecto de consenso/techo y refuerza la necesidad de complementar percepciones con sistemas de medición e indicadores operativos que permitan evidenciar mejoras vinculadas a prácticas concretas. (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2011) (Koskela L. , 2000)

Los resultados del estudio permiten proponer una hoja de ruta por etapas, centrada en capacidades, disciplina operativa y escalamiento controlado. A partir del patrón observado, una implementación efectiva requiere iniciar con diagnóstico, formación y rutinas operativas de rápida adopción, para luego escalar hacia sistemas de planificación colaborativa y control de flujo, consolidando estándares y evitando el exceso de burocracia. (Ballard & Howell, 2003) (Moradi, 2023)

8.2. Recomendaciones

8.2.1. Recomendaciones para empresas del sector construcción en Colombia

Implementar Lean Construction bajo un enfoque de “mínima burocracia efectiva”. Se recomienda diseñar rutinas y formatos mínimos, vinculados a control real de la producción (restricciones, compromisos, cumplimiento del plan), evitando prácticas percibidas como documentación sin valor. (Gao & Low, 2014) (Moradi, 2023)

Priorizar el desarrollo de capacidades y liderazgo antes de escalar herramientas complejas. La adopción debe acompañarse de formación aplicada por rol y patrocinio directivo sostenido, dado que la falta de formación y la ausencia de condiciones habilitantes son barreras recurrentes en la literatura y en los resultados del estudio. (Albalkhy, 2021)

Iniciar con pilotos controlados y escalar progresivamente con estandarización selectiva. Se recomienda comenzar con proyectos piloto, consolidar prácticas y estandarizar únicamente lo que demuestre utilidad operativa, formando replicadores internos para expansión gradual. (Ballard & Howell, 2003) (Koskela L. , 2000)

Vincular la implementación a indicadores operativos y a ciclos de mejora continua. Para transformar la percepción de beneficios en evidencia de desempeño, se recomienda



establecer indicadores simples y frecuentes (p. ej., cumplimiento del plan, restricciones, retrabajos, productividad), integrando ciclos de revisión y mejora continua. (Salem, Solomon, Genaidy, & Luegring, 2006)

8.2.2. Recomendaciones para gremios, academia y entidades formadoras

Fortalecer programas de formación aplicada y certificación orientados a obra. Se recomienda desarrollar programas que prioricen competencias operativas (planificación colaborativa, control de restricciones, gestión visual y mejora continua), con casos prácticos y acompañamiento, para cerrar brechas de formación. (Albalkhy, 2021) (Moradi, 2023)

Promover espacios de aprendizaje inter-empresa y documentación de casos locales. Se recomienda fomentar comunidades de práctica y bancos de lecciones aprendidas que aceleren la difusión técnica en Colombia y reduzcan implementaciones superficiales. (Koskela L. , 2000) (Ballard & Howell, 2003)

8.2.3. Recomendaciones para futuras investigaciones

Complementar estudios transversales con medición objetiva y diseños longitudinales. Se recomienda incorporar indicadores de desempeño reales y seguimiento temporal para evaluar impactos atribuibles a la implementación y reducir sesgos de autodeclaración. (Alarcón L. F., Diethelm, Rojo, & Calderón, 2011).

Profundizar en la relación entre barreras “discriminantes” y diseño de implementación. Se recomienda explorar, mediante estudios de caso, cómo la carga administrativa emerge en etapas tempranas y qué estrategias de gobernanza y digitalización reducen fricción sin perder control. (Moradi, 2023) (Gao & Low, 2014).



9. BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, L. F. (1997). *Lean construction*. A. A. Balkema.
- Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2005). Assessing the impacts of implementing Lean construction. In *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (IGLC-13) (pp. 387–393).).
- Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2011). Assessing the impacts of implementing Lean Construction. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(2), 158–168.
- Albalkhy, W. &. (2021). Barriers to adopting lean construction in the construction industry: A literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12, 210-230.
- Ballard, G. (2000). The Last Planner System of production control.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean project management. In *Building Research & Information* (pp. 31(2), 119–133.).
- BBVA, R. (2024). Detrás del andamio: La estructura del sector de la construcción en Colombia. *BBVA Research*.
- Camacol, C. C. (2024). *Coyuntura y retos para el sector de la construcción en 2024*. Camacol.
- Casas Candia, C. E. (2022). Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú.
- Casas, J. (2022). *Análisis de la implementación del modelo de gestión Lean Construction en la industria de la construcción en Perú*. Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de València.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- COPNIA. (2021). *Consejo Profesional Nacional de Ingeniería*. COPNIA en cifras 2021.



- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.)*. Sage Publications.
- Formoso, C. T., Isatto, E. L., & Hirota, E. H. (1999). Method for waste control in the building industry. In *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (IGLC-7) (pp. 325–334)).
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). Lean Construction management: The Toyota way. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(6), 04014018.
- Gómez, C., Herrera, R. F., & Atencio, E. (2024). Lean Construction in Colombia: Analysis of implementation level and barriers. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(4).
- González, D., Paredes, P., & Mendoza, A. (2019). Diagnóstico del uso de herramientas Lean Construction en empresas constructoras mexicanas. *Revista ALCONPAT*, 9(3), 263–276.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis (8th ed.)*. Cengage Learning.
- Hamzeh, F., Demirkesen, S., & Ali, A. (2020). Critical success factors for Lean Construction implementation: A theoretical framework. *Journal of Building Engineering*, 32, 101747.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2021). Impact of COVID-19 on Lean Construction practices: Study in Latin America. *Production Planning & Control*, 34(8), 745–760.
- Hirano, H. (1996). 5S for operators: 5 pillars of the visual workplace. *Productivity Press*.
- Howell, G. A. (1999). What is Lean Construction? In *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (IGLC-7) (pp. 1–10)).



- Hoyos-Restrepo, M. F., & Botero, L. F. (2021). Implementation of the Last Planner System in Colombian construction sector: A case study. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(4), 601–621.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. (Technical Report No. 72). CIFE, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology.
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The underlying theory of project management is obsolete. *In Proceedings of the PMI Research Conference*, (pp. (pp. 293–302)).
- Koskela, L., Tezel, A., & Tzortzopoulos, P. (2018). Why visual management?. *In Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (pp. 250–260)).
- Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados: un enfoque aplicado (5.ª ed.)*. Pearson Educación.
- Mano, A. P. (2024). Barriers to lean construction: A systematic literature review.
- Marhani, M. A., Jaapar, A., & Bari, N. (2013). Lean Construction: Towards enhancing sustainable construction in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 101, 90–99.
- Mejía-Plata, C. (2015). *Estudio sobre la madurez de la implementación de Last Planner System en Bogotá*. Trabajo de grado de pregrado, Universidad de los Andes.
- Mejía-Plata, C., Guevara-Ramirez, J. S., Moncaleano-Novoa, D. F., Londoño-Acevedo, M. C., Rojas-Quintero, J. S., & Ponz-Tienda, J. L. (2016). A route map for implementing Last Planner® System in Bogotá, Colombia. *In Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (IGLC-24) (pp. 83–92)).



- Merino Layedra, K. E. (2024). *Análisis de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en Ecuador*. Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de València.
- Moradi, S. e. (2023). Implementing lean construction: A literature study of barriers, enablers and implications. *Buildings*, 13, 556.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Ornaghi, J. M. (2021). *Análisis de barreras existentes para la implementación de Lean Construction en el sector de la construcción en países de Iberoamérica*. Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de València.
- Pavez, I., Alarcón, L., & Salvatierra, J. L. (2018). Lean Construction in Latin America: Review and future direction. In *Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. (IGLC-26) (pp. 146–155)).
- Project Management Institute, P. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.)*. Project Management Institute.
- Salem, O. S. (2005). Site implementation and assessment of lean construction techniques. *Lean Construction Journal*, 1-21.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2006). Site implementation and assessment of Lean Construction techniques. *Lean Construction Journal*, 2(1), 1–21.
- Sandoval C, H. (2026). *Análisis de la implementación de Lean Construction en la industria de la construcción en El Salvador*. Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de València.
- Sarmiento-Rojas, J. A., González-Sanabria, J. S., & Hernández Carrillo, C. G. (2020). Analysis of the impact of the construction sector on Colombian economy. *Tecnura*, 24(64), 109–123.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students (8th ed.)*. Pearson Education.



- Sobek, D. K., & Smalley, A. (2008). Understanding A3 thinking: A critical component of Toyota's PDCA management system. Productivity Press.
- Solunion. (2024). *Informe sectorial Colombia: Sector construcción*. Solunion.
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2015). Visual management in industrial construction: A case study. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 05015001.
- Thomas, H. R., Horman, M. J., L., d. S., & Zavřski, I. (2002). Reducing variability to improve performance as a Lean construction principle. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(2), 144–154.
- Viana, D. D., Formoso, C. T., & Isatto, E. L. (2020). Assessing the influence of context on the implementation of production planning and control systems in construction. *International Journal of Project Management*, 38(2), 123–135.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.



10. ANEXOS

A continuación, se presenta el procedimiento detallado para el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman (ρ) aplicado a las variables analizadas.

P9	R_P9	TamaNo	Tamano_cod	R_Tamano	LPS	LPS_cod	R_LPS	SS	SS_cod	R_SS	Gvisual	Gvisual_cod	R_Gvisual	A3	A3_cod	R_A3	Kaizen	Kaizen_cod	R_Kaizen	PullKanban	PullKanban_cod	R_PullKanban	B1_Resistencia	B1_Resistencia_cod	R_B1_Resistencia
4	64	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	A Menudo	4	60	Siempre	5	72,5	Siempre	5	74,5	A Veces	3	51,5	De acuerdo	4	54,5
0	12	Entre 20 y 50	2	21	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	Nunca	1	5,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
3	47,5	Menos de 20	1	8,5	A Veces	3	50,5	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
0	12	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	Siempre	5	75,5	Rara vez	2	19,5	Nunca	1	9,5	A Veces	3	33,5	A Veces	3	51,5	De acuerdo	4	54,5
2	36,5	Menos de 20	1	8,5	A Veces	3	50,5	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
3	47,5	Menos de 20	1	8,5	A Veces	3	50,5	A Veces	3	43,5	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Veces	3	33,5	A Veces	3	51,5	En desacuerdo	2	15
3	47,5	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	Totalmente de acuerdo	5	74
2	36,5	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	A Menudo	4	64	A Veces	3	39	Nunca	1	9,5	A Veces	3	33,5	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
5	76,5	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	En desacuerdo	2	15
1	27,5	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
4	64	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	A Veces	3	51,5	En desacuerdo	2	15
0	12	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	Nunca	1	5,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
4	64	Entre 100 y 249	4	39,5	A Menudo	4	68,5	Siempre	5	75,5	Siempre	5	74,5	Siempre	5	72,5	Siempre	5	74,5	Siempre	5	76,5	En desacuerdo	2	15
4	64	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	Rara vez	2	23	A Menudo	4	60	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
2	36,5	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	Nunca	1	13	Totalmente de acuerdo	5	74
0	12	Entre 20 y 50	2	21	Nunca	1	14	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	Nunca	1	9,5	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
0	12	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	Nunca	1	5,5	A Veces	3	45	Rara vez	2	17	Nunca	1	13	En desacuerdo	2	15
2	36,5	250 o más	5	61	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	A Veces	3	51,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
1	27,5	Entre 51 y 100	3	30,5	A Veces	3	50,5	A Menudo	4	64	Rara vez	2	19,5	Siempre	5	72,5	A Veces	3	33,5	Nunca	1	13	Totalmente de acuerdo	5	74
4	64	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
2	36,5	Entre 20 y 50	2	21	Rara vez	2	35	A Veces	3	43,5	Siempre	5	74,5	A Menudo	4	59	Rara vez	2	17	Rara vez	2	35,5	De acuerdo	4	54,5
0	12	Entre 100 y 249	4	39,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	Nunca	1	5,5	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
0	12	250 o más	5	61	Nunca	1	14	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	A Veces	3	45	Rara vez	2	17	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
0	12	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	Nunca	1	7,5	A Veces	3	39	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
4	64	250 o más	5	61	Nunca	1	14	A Menudo	4	64	A Veces	3	39	Siempre	5	72,5	A Veces	3	33,5	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
3	47,5	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	Rara vez	2	23	A Menudo	4	60	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
3	47,5	250 o más	5	61	A Veces	3	50,5	A Veces	3	43,5	A Menudo	4	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
4	64	Entre 20 y 50	2	21	A Menudo	4	68,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
0	12	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	A Menudo	4	59	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
0	12	Entre 20 y 50	2	21	Nunca	1	14	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	En desacuerdo	2	15
3	47,5	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	A Veces	3	43,5	Rara vez	2	19,5	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	A Veces	3	51,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
0	12	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	A Menudo	4	64	Rara vez	2	19,5	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
0	12	Entre 100 y 249	4	39,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	Rara vez	2	19,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	En desacuerdo	2	15
4	64	250 o más	5	61	A Veces	3	50,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	Siempre	5	74,5	A Menudo	4	66	En desacuerdo	2	15
2	36,5	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
4	64	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	Siempre	5	74,5	Siempre	5	72,5	Siempre	5	74,5	A Menudo	4	66	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
4	64	Entre 51 y 100	3	30,5	A Veces	3	50,5	Nunca	1	7,5	Rara vez	2	19,5	Siempre	5	72,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	Totalmente de acuerdo	5	74
3	47,5	Entre 100 y 249	4	39,5	A Veces	3	50,5	Rara vez	2	23	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
5	76,5	250 o más	5	61	A Veces	3	50,5	Siempre	5	75,5	Siempre	5	74,5	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	Siempre	5	76,5	Totalmente de acuerdo	5	74
4	64	Entre 100 y 249	4	39,5	A Menudo	4	68,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
4	64	Entre 51 y 100	3	30,5	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	En desacuerdo	2	15
1	27,5	Entre 51 y 100	3	30,5	A Menudo	4	68,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
1	27,5	250 o más	5	61	A Veces	3	50,5	A Menudo	4	64	Rara vez	2	19,5	Siempre	5	72,5	A Veces	3	33,5	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
3	47,5	250 o más	5	61	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	Rara vez	2	17	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
0	12	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	A Menudo	4	64	Rara vez	2	19,5	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
2	36,5	Entre 51 y 100	3	30,5	Rara vez	2	35	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Veces	3	51,5	De acuerdo	4	54,5
1	27,5	Entre 51 y 100	3	30,5	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	Rara vez	2	17	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
0	12	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	Siempre	5	75,5	A Menudo	4	60	A Menudo	4	59	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
5	76,5	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	Siempre	5	74,5	Siempre	5	72,5	Siempre	5	74,5	A Menudo	4	66	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
3	47,5	250 o más	5	61	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	A Veces	3	39	Nunca	1	9,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
0	12	Menos de 20	1	8,5	Nunca	1	14	Nunca	1	7,5	Nunca	1	5,5	Nunca	1	9,5	Nunca	1	6,5	Nunca	1	13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
4	64	Menos de 20	1	8,5	A Veces	3	50,5	A Menudo	4	64	A Menudo	4	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
1	27,5	Menos de 20	1	8,5	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	Rara vez	2	28,5	Rara vez	2	17	Rara vez	2	35,5	De acuerdo	4	54,5
0	12	Entre 51 y 100	3	30,5	Nunca	1	14	Rara vez	2	23	Nunca	1	5,5	Nunca	1	9,5	A Veces	3	33,5	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
2	36,5	Entre 20 y 50	2	21	Nunca	1	14	A Veces	3	43,5	Nunca	1	5,5	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	A Veces	3	51,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
0	12	250 o más	5	61	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	A Menudo	4	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
4	64	Menos de 20	1	8,5	A Menudo	4	68,5	Rara vez	2	23	A Menudo	4	60	Rara vez	2	28,5	A Menudo	4	58	A Menudo	4	66	De acuerdo	4	54,5
4	64	Entre 51 y 100	3	30,5	A Veces	3	50,5	Siempre	5	75,5	Siempre	5	74,5	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	Siempre	5	76,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5
0	12	Menos de 20	1	8,5	Rara vez	2	35	A Veces	3	43,5	Siempre	5	74,5	A Menudo	4	59	Rara vez	2	17	Rara vez	2	35,5	De acuerdo	4	54,5
5	76,5	250 o más	5	61	Nunca	1	14	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	A Veces	3	45	Rara vez	2	17	Nunca	1	13	De acuerdo	4	54,5
1	27,5	Entre 20 y 50	2	21	A Veces	3	50,5	Rara vez	2	23	A Veces	3	39	Rara vez	2	28,5	A Veces	3	33,5	Rara vez	2	35,5	De acuerdo	4	54,5
4	64	250 o más	5	61	A Veces	3	50,5	A Menudo	4	64	A Veces	3	60	A Veces	3	45	A Menudo	4	58	Rara vez	2	35,5	En desacuerdo	2	15
3	47,5	Entre 51 y 100	3	30,5	Rara vez	2	35	Rara vez	2	23	Rara vez	2	19,5	Rara vez	2	28,5	Rara vez	2	17	Rara vez	2	35,5	De acuerdo	4	54,5
0	12	Entre 100 y 249	4	39,5	A Menudo	4	68,5	A Veces	3	43,5	A Veces	3	39	A Veces	3</										

B2_Formacion	B2_Formacion_cod	R_B2_Formacion	B3_Integracion	B3_Integracion_cod	R_B3_Integracion	B4_ContratosPrecio	B4_ContratosPrecio_cod	R_B4_Contratos	B5_Subcontratos	B5_Subcontratos_cod	R_B5_Subcontratos	B6_SistInfo	B6_SistInfo_cod	R_B6_SistInfo
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	Totalmente en desacuerdo	1	1,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	Totalmente en desacuerdo	1	4	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	57,5	Totalmente de acuerdo	5	75
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	En desacuerdo	2	13
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Totalmente en desacuerdo	1	4	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	74	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	Totalmente de acuerdo	5	75
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	En desacuerdo	2	16	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
De acuerdo	4	50	Totalmente en desacuerdo	1	1,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	En desacuerdo	2	16	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	Totalmente de acuerdo	5	75
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	57,5	En desacuerdo	2	13
Totalmente en desacuerd	1	2	Totalmente de acuerdo	5	74	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Totalmente en desacuerdo	1	4	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
Totalmente en desacuerd	1	2	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Totalmente en desacuerdo	1	5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	Totalmente en desacuerdo	1	4	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
En desacuerdo	2	11	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	Totalmente de acuerdo	5	75
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
En desacuerdo	2	11	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Totalmente en desacuerdo	1	4	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	74	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	Totalmente de acuerdo	5	75
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	Totalmente de acuerdo	5	75
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	55,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	57,5	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	De acuerdo	4	57,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	En desacuerdo	2	16	En desacuerdo	2	13
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	En desacuerdo	2	13
En desacuerdo	2	11	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Totalmente en desacuerdo	1	4	Totalmente en desacuerdo	1	2,5
En desacuerdo	2	11	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	En desacuerdo	2	16	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente de acuerdo	5	72,5	Totalmente de acuerdo	5	75	De acuerdo	4	55,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	De acuerdo	4	55,5
Ni de acuerdo ni en desai	3	26	De acuerdo	4	55,5	Totalmente en desacuerdo	1	5	Totalmente en desacuerdo	1	4	De acuerdo	4	55,5
En desacuerdo	2	11	Totalmente de acuerdo	5	74	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	Totalmente de acuerdo	5	75
De acuerdo	4	50	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	De acuerdo	4	54	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5
Totalmente de acuerdo	5	72,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30	En desacuerdo	2	16	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
Totalmente en desacuerd	1	2	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	35	Totalmente en desacuerdo	1	5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	34	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30,5
De acuerdo	4	50	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	14	De acuerdo	4	57,5	De acuerdo	4	55,5

[illegible]

R_Ben4_Seguridad	Ben5_Seguridad	Ben5_Seguridad_cod	R_Ben5_Seguridad	Ben6_Rentabilidad	Ben6_Rentabilidad_cod	R_Ben6_Rentabilidad	F1_AltaDir	F1_AltaDir_cod	R_F1_AltaDir	F2_FormacionLea	F2_FormacionLea_cod	R_F2_FormacionLea	F3_MejoraContinua
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	De acuerdo
70,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente de acuerdo	5	72	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	De acuerdo
5	De acuerdo	4	37,5	En desacuerdo	2	3,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	En desacuerdo	2	31	Totalmente de acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	En desacuerdo	2	24	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente de acuerdo	5	72	Totalmente de acuerdo	5	76,5	Totalmente de acuerdo
1,5	En desacuerdo	2	3,5	En desacuerdo	2	3,5	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	Totalmente de acuerdo	5	76,5	Totalmente de acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente de acuerdo	5	72	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	En desacuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	En desacuerdo	2	3,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	En desacuerdo	2	31	Totalmente en desacuerdo
70,5	De acuerdo	4	37,5	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
13	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
13	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
70,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	En desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
5	Totalmente en desacuerdo	1	1,5	En desacuerdo	2	3,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	En desacuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	De acuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	De acuerdo	4	66	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
40,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	De acuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	De acuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	En desacuerdo	2	3,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
70,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	En desacuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
1,5	En desacuerdo	2	3,5	En desacuerdo	2	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Totalmente de acuerdo	5	69,5	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	Totalmente de acuerdo	5	76,5	Totalmente de acuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
13	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	Totalmente de acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente de acuerdo	5	72	Totalmente de acuerdo	5	76,5	Totalmente de acuerdo
40,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	De acuerdo	4	42	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	Totalmente de acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	De acuerdo	4	54,5	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
5	Totalmente en desacuerdo	1	1,5	En desacuerdo	2	3,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	66	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
13	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente de acuerdo	5	72	En desacuerdo	2	31	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	De acuerdo	4	54,5	En desacuerdo	2	31	En desacuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
70,5	Totalmente de acuerdo	5	69	Totalmente de acuerdo	5	69,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	De acuerdo	4	66	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	En desacuerdo	2	24	En desacuerdo	2	31	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
70,5	De acuerdo	4	37,5	De acuerdo	4	42	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	Totalmente en desacuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente de acuerdo	5	72	De acuerdo	4	66	De acuerdo
13	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	10	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Totalmente en desacuerdo	1	7,5	Totalmente en desacuerdo	1	9,5	De acuerdo
40,5	De acuerdo	4	37,5	Ni de acuerdo ni en desacuer	3	15	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	38,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	50,5	En desacuerdo

F3_MejoraContinua_cod	R_F3_MejoraContinua	F4_ColaboracionTemprana	F4_ColaboracionTemprana_cod	R_F4_ColaboracionTemprana	F5_ContratosTransparencia	F5_ContratosTransparencia_cod	R_F5_ContratosTransparencia	F6_Procedimientos	F6_Procedimientos_cod	R_F6_Procedimientos	F7_Pilotos	F7_Pilotos_cod	R_F7_Pilotos
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente de acuerdo	5	74,5	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
5	75	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	En desacuerdo	2	25
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Totalmente en desacuerdo	1	9	En desacuerdo	2	25
5	75	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Totalmente de acuerdo	5	74,5	De acuerdo	4	62,5
2	17	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	En desacuerdo	2	25
5	75	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Totalmente de acuerdo	5	74,5	Totalmente de acuerdo	5	75
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
2	17	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
1	5,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
1	5,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	25	Totalmente de acuerdo	5	75
1	5,5	En desacuerdo	2	15,5	De acuerdo	4	58,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	32,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
1	5,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Totalmente en desacuerdo	1	9	En desacuerdo	2	25
1	5,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
1	5,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	56,5	Totalmente de acuerdo	5	73,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	En desacuerdo	2	15,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	Totalmente de acuerdo	5	75
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	Totalmente de acuerdo	5	73,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	56,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	45	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
2	17	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	25	En desacuerdo	2	25
2	17	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
2	17	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
3	32,5	En desacuerdo	2	15,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Totalmente de acuerdo	5	74,5	Totalmente de acuerdo	5	75
2	17	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	En desacuerdo	2	25
3	32,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
2	17	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
2	17	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	25	En desacuerdo	2	25
4	56,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
1	5,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
4	56,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
5	75	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Totalmente de acuerdo	5	74,5	Totalmente de acuerdo	5	75
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
2	17	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
5	75	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Totalmente de acuerdo	5	74,5	Totalmente de acuerdo	5	75
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	En desacuerdo	2	25
5	75	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Totalmente de acuerdo	5	74,5	De acuerdo	4	62,5
1	5,5	Totalmente en desacuerdo	1	3,5	Totalmente en desacuerdo	1	6	Totalmente en desacuerdo	1	9	En desacuerdo	2	25
3	32,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
2	17	Totalmente de acuerdo	5	73,5	Totalmente de acuerdo	5	76	Totalmente de acuerdo	5	74,5	Totalmente de acuerdo	5	75
2	17	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	En desacuerdo	2	25
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
1	5,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
3	32,5	Totalmente de acuerdo	5	73,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	En desacuerdo	2	25
4	56,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
2	17	En desacuerdo	2	15,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
2	17	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	En desacuerdo	2	15,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	Totalmente de acuerdo	5	75
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
3	32,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	De acuerdo	4	59	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45
4	56,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	En desacuerdo	2	26	En desacuerdo	2	25
3	32,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	32,5	De acuerdo	4	58,5	De acuerdo	4	59	De acuerdo	4	62,5
1	5,5	En desacuerdo	2	15,5	De acuerdo	4	58,5	Totalmente en desacuerdo	1	9	Totalmente en desacuerdo	1	7
4	56,5	De acuerdo	4	54,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	31,5	Totalmente de acuerdo	5	74,5	De acuerdo	4	62,5
4	56,5	Totalmente de acuerdo	5	73,5	De acuerdo	4	58,5	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	41	Totalmente en desacuerdo	1	7
2	17	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	15,5	En desacuerdo	2	26	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	45