



UNIVERSIDAD DE TALCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EN OBRAS CIVILES

**ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE MADUREZ DE
GESTIÓN, LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES
ORGANIZACIONALES Y EL DESEMPEÑO DE PROYECTOS**

Javiera Alejandra Muñoz Moraga

Proyecto de Memoria para optar al Título
de Profesional de Ingeniero Civil en Obras
Civiles

Departamento de Ingeniería y Gestión de la
Construcción

PROFESOR GUÍA: Ignacio Fuenzalida Henríquez

PROFESOR CO-GUÍA: Camilo Lagos Crua

CURICÓ, CHILE

2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular official stamps and handwritten signatures in blue ink. The left stamp is from the 'DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'. The right stamp is from the 'SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'.

Curicó, 2022

RESUMEN

La naturaleza variable de los proyectos de construcción requiere de la coordinación continua de las múltiples partes interesadas, para garantizar el cumplimiento del cronograma y la entrega exitosa. El sistema de planificación de Last Planner (LPS) proporciona un marco sistemático para la coordinación de las partes interesadas, basado en ciclos cortos de preparación, compromiso y control de trabajo, donde el monitoreo continuo permite la implementación de acciones correctivas. Anteriormente, investigadores han encontrado correlación positiva entre la adopción de Last Planner, la coordinación del equipo y el rendimiento de los proyectos; sin embargo, la falta de colaboración de LPS en el proceso de preparación y las implementaciones enfocadas a corto plazo, pueden impedir la gestión proactiva y limitar los beneficios de Last Planner. Este estudio tiene como objetivo evaluar cualitativamente los impactos de los niveles de adopción de LPS en el desempeño del proyecto y la coordinación del equipo en dos estudios de caso chilenos. Se utilizó una encuesta de 55 ítems para medir la adopción de LPS, y se utilizó el análisis de redes sociales (SNA) para capturar la interacción general, la planificación, resolución de problemas, retroalimentación, aprendizaje y liderazgo. Además, se utilizaron las causas de no cumplimiento (CNCs), el plan de porcentaje completado (PPC) y el índice de desempeño del programa (SPI) para medir el rendimiento. Los resultados fueron consistentes con la literatura previa y mostraron que el proyecto con mayor adopción de LPS exhibió redes sociales más fuertes, y con un mayor rendimiento del cronograma.

Palabras claves: Last Planner®, colaboración, social network análisis, preparación del trabajo.

ABSTRACT

The variable nature of construction projects requires the continuous coordination of multiple stakeholders to ensure schedule accomplishment and successful delivery. The Last Planner® System (LPS) provides a systematic framework for stakeholder coordination based on short cycles of work preparation, commitment, and control, where continuous monitoring allows the implementation of corrective actions. Researchers have found positive correlations between LPS adoption, team coordination, and project performance. Nevertheless, lack of Last Planners' collaboration in the make-ready process and short-term focused implementations can prevent proactive management and limit LPS benefits. This study aims to qualitatively assess the impacts of LPS adoption levels on project performance and team coordination in two Chilean case studies. A 50 items survey was used to measure LPS adoption, and Social Network Analysis was used to capture general interaction, planning, problem-solving, feedback, learning, and leadership. Also, the Reasons for Noncompletion, the Percent Plan Complete (PPC), and Schedule Performance Index (SPI) were used to measure performance. The results were consistent with previous literature and showed that the project with the highest LPS adoption exhibited stronger social networks and higher schedule performance.

Keywords: Last Planner® System, collaboration, social network analysis, make-ready process.

DEDICATORIA

A mis abuelos, por ser los pilares fundamentales de mi crecimiento.

Especialmente a Juana Peña y René Muñoz, quienes me dieron la mejor infancia y que sé que me acompañan hoy, hasta en la distancia.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a mis profesores guías. A Ignacio Fuenzalida, por apoyarme desde el inicio de mis crisis universitarias, hasta los finales de esta tesis, e incluso, en mi actual desarrollo profesional. A Camilo Lagos, por apoyarme y motivarme desde el primer minuto que decidí enfocarme en esta área, y por creer fielmente en este estudio a pesar de las adversidades.

Por siempre, agradecer a mis padres, Jorge y Orieta, por enseñarme que el esfuerzo y la dedicación son los factores claves para salir adelante, junto con la humildad y respeto, para nunca olvidarnos de dónde venimos. A mi hermana Andrea, quien, con su terquedad para decir las cosas, ha encontrado la forma de apoyarme. También, a la última integrante adoptiva de la familia, Claudia Sofia, porque me cuidó, apoyó y protegió siempre, como cualquier otra persona de mi familia lo hubiera hecho.

A la familia Moraga Berríos, desde mis tíos Eduardo y Carolina, que me regalaban desde pequeña; hasta mis primos, Martín, Laura y Josefina, quienes con sus abrazos me llenaban de alegría en los peores momentos. Porque siempre me han apoyado y han estado cuando los he necesitado, de manera incondicional.

A las hermosas amigas que me dejó mi primera carrera, Susana y Julia, a pesar de que el vínculo nació después, porque nunca voy a olvidar las fiestas de risas y llantos, las comidas, fiestas, bailes, y sobre todo, el apoyo incondicional que me dieron, porque estuvieron conmigo en mis peores momentos, y quiero que sigan estando por mucho tiempo más, en los mejores.

Al equipo de calidad de C2M. A mis jefes, Juan Pablo Santelices y Camilo Cornejo, por la confianza que me entregaron para desenvolverme en el mundo laboral; también, a Raúl Cuevas y Claudio Olivares, por las enseñanzas y buena disposición que tuvieron desde el día uno. A cada uno de ellos, les agradezco enormemente la oportunidad, el cariño y la confianza que me han entregado, por enseñarme que el mundo laboral no siempre será tan amargo y por siempre darme ánimo a pesar de lo duro que puedan ser los días.

Finalmente, agradecer a todos aquellos que estuvieron durante este proceso, tanto a los que por algún motivo ya no están, a los que siguen presente, y a quienes se han sumado en este último tiempo, porque de todos he aprendido algo y con todos estoy agradecida de haber compartido parte de este proceso de frustraciones, pero por sobre todo, mucha alegría y conocimiento propio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	10
1.1. Introducción	10
1.2. Preguntas de Investigación.....	11
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo General.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos.....	12
1.4. Hipótesis.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Sistema tradicional de planificación	13
2.2. Lean Production y Lean Construction.....	15
2.2.1. Filosofía Lean.....	18
2.2.2. Lean Construction	20
2.3. Sistema de planificación Last Planner	21
2.3.1. Horizonte de Largo Plazo: Programa Maestro	22
2.3.2. Horizonte Intermedio: Planificación de fases	23
2.3.3. Horizonte de Mediano Plazo: Lookahead Plan	23
2.3.4. Horizonte de Corto Plazo: Planificación Semanal	24
2.3.5. Indicadores de Desempeño (KPI)	24

2.3.6.	Reuniones Semanales.....	26
2.3.7.	Beneficios de Last Planner.....	27
2.4.	Social Network Analysis (SNA).....	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		30
3.1.	Diseño de la investigación.....	30
3.1.1.	Etapas de Investigación.....	30
3.1.2.	Fuentes de información.....	30
3.2.	Etapa I: Revisión bibliográfica.....	31
3.3.	Etapa II: Instrumentos de medición.....	34
3.4.	Etapa III: Análisis de los Casos de Estudio.....	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		41
4.1.	Caso de Estudio N°1.....	41
4.1.1.	Madurez.....	41
4.1.2.	Redes Organizacionales.....	43
4.1.3.	Indicadores de Desempeño (KPI).....	44
4.2.	Caso de Estudio N°2.....	46
4.2.1.	Madurez.....	46
4.2.2.	Redes Organizacionales.....	48
4.2.3.	Indicadores de Desempeño (KPI).....	49
4.3.	Discusión.....	52
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....		59
REFERENCIAS.....		61
ANEXOS.....		73
ANEXO A.	Encuesta de Evaluación de Madurez.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1. Modelo Tradicional vs Modelo Lean.....	19
Tabla II-2. Indicadores de Desempeño, KPI.....	26
Tabla II-3. Indicadores de redes de desempeño.....	29
Tabla III-1. Información de los casos de estudios.....	31
Tabla III-2. Set de preguntas, según parámetro de evaluación.....	37
Tabla III-3. Indicadores de desempeño de los casos de estudio.....	38
Tabla III-4. Cruce de información.....	40
Tabla IV-1. Gestión de Madurez, Caso de Estudio N°1.....	42
Tabla IV-2. Indicadores de Redes Organizacionales, Caso de Estudio N°1.....	43
Tabla IV-3. PPC, Caso de Estudio N°1.....	44
Tabla IV-4. CNCs, Caso de Estudio N°1.....	44
Tabla IV-5. Gestión de Madurez, Caso de Estudio N°2.....	48
Tabla IV-6. Indicadores de Redes Organizacionales, Caso de Estudio N°2.....	48
Tabla IV-7. PPC, Caso de Estudio N°2.....	49
Tabla IV-8. CNCs, Caso de Estudio N°2.....	50
Tabla IV-9. Normalización de los resultados de las redes SNA.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1. Sistema Tradicional de Planificación.	15
Figura II-2. Estilo de Gestión, MBR.	17
Figura II-3. Estilo de Gestión, MBM.	18
Figura II-4. Sistema de Planificación Last Planner.	22
Figura III-1. Triángulo Lean Construction.	32
Figura III-2. Desarrollo de modelo para evaluación de madurez.	35
Figura IV-1. Evolución de SPI, Caso de Estudio N°2.	45
Figura IV-2. Evaluación de SPI, Caso de Estudio N°2.	50
Figura IV-3. Resultados de la Gestión de Madurez.	52
Figura IV-4. Redes de Planificación.	54
Figura IV-5. Redes de Liderazgo.	54
Figura IV-6. Red de Feedback.	55
Figura IV-7. Redes de Aprendizaje.	56
Figura IV-8. Redes de Resolución de problemas.	56

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

Los proyectos de la construcción están afectados a incertidumbre, producto de su largo alcance y la dependencia de factores dinámicos, como la productividad, disponibilidad de recursos y factores externos que pueden limitar el avance. Adicionalmente, el carácter dinámico de dichos factores produce variabilidad, que se propaga sobre cadenas de trabajo altamente interconectadas (González & Alarcón, 2003). La combinación de variabilidad e incertidumbre provocan desviaciones de costo y plazo, que impactan la capacidad de entregar valor a las múltiples partes interesadas en el proyecto (Mondragón, 2003). Las brechas de planificación y control son una causa comúnmente citada de la dificultad para prevenir dichas desviaciones (Marín, 2015), entre éstas se encuentran: el uso de planes altamente detallados, con múltiples relaciones de dependencia entre tareas, que rigidizan el programa, el control orientado exclusivamente a resultados y falta de foco en procesos claves como la preparación del trabajo y la gestión de acciones correctivas para eliminar fuentes recurrentes de pérdidas (Serna et al., 2018). Por esta razón, la comunidad de Lean Construction, ha propuesto el uso del Sistema Last Planner (LPS), como una metodología de planificación y control orientada a los procesos, que otorga flexibilidad al programa y entrega mecanismos para identificar y eliminar fuentes de desviación, y promueve la integración completa de los equipos de trabajo por medio del uso de sistemas colaborativos y planteamiento de mejoras (Lean Construction Institute, 2013; Díaz et al., 2019). LPS se basa en 5 principios básicos (Porwal et al., 2010): (1) Planificar dinámicamente y con un nivel de detalle que aumenta gradualmente a medida que se acerca la fecha requerida de ejecución de los paquetes de trabajo, (2) identificar sistemáticamente restricciones que requieren ser removidas antes de ejecutar el trabajo, (3) coordinar semanalmente la preparación del trabajo por medio de la liberación de restricciones, (4) gestionar las metas de avance por medio de compromisos semanales de corto plazo y la búsqueda de causas de no cumplimiento (CNC) que hayan impedido cumplir un determinado compromiso, y (5) plantear y controlar continuamente acciones correctivas y su efectividad para remover las CNC.

Investigaciones previas han demostrado que LPS refuerza la cohesión de los equipos de trabajo en elementos como la comunicación, trabajo en equipo, confianza y aprendizaje (Castillo et al., 2015). Un mecanismo que permite evaluar cuantitativamente dichos impactos corresponde al uso de la técnica de Social Network Analysis (SNA), que establece métricas basadas en el número de interacciones (camino) entre las personas (nodos) que componen el equipo (Montenegro, 2016); aquí se ha demostrado que la adopción de Last Planner mantiene una relación positiva con la

fortaleza de sus redes organizacionales a nivel de, por ejemplo, planificación y resolución de problemas (Castillo et al., 2016).

Adicionalmente, múltiples autores han identificado impactos positivos en la implementación de LPS en factores del desempeño de proyectos tales como la efectividad de la preparación del trabajo, medida por medio del indicador Percent of Constraints Removed (PCR) (Jang & Young-Woo, 2007); el cumplimiento de planes de ejecución de corto plazo, medido por medio de indicador Percent of Plan Complete (PPC) (Lagos & Alarcón, 2020); y el cumplimiento del avance del proyecto, medido por el indicador Schedule Performance Index (SPI) (Olano et al., 2009). También se han encontrado otros impactos en elementos como la productividad laboral en base al aumento de la confiabilidad (González, Alarcón, & Mundaca, 2008), cumplimiento de costos y control de variabilidad (Castillo, Alarcón, & Salvatierra, 2016).

No obstante, la investigación de los impactos de LPS en las redes organizacionales y el desempeño ha estado principalmente limitada a: (1) el estudio de las relaciones entre métricas de LPS e indicadores de desempeño o Key Performance Indicators (KPI) (Ballard et al., 2017; Lagos et al., 2017) y (2) al análisis comparativo de proyectos con y sin LPS, o bien, la comparación entre el desempeño del proyecto previo al uso de LPS y luego de su implementación (Fillao & Revelo, 2002; Ballard, G. & Howell, G., 2003); lo que limitaría el entendimiento de la adopción de criterios como procesos, prácticas y estándares de Last Planner, que podrían fomentar la mejora continua con involucramiento del equipo de trabajo completo (Howell, 1999; Paulk et al., 1993; Diekmann et al., 2003).

Por dicha razón, esta memoria pretende evaluar, por medio del análisis empírico de proyectos de la construcción que utilicen el sistema Last Planner, la relación entre el nivel de madurez de gestión gracias a la utilización de LPS, las métricas de SNA que representan la cohesión de los equipos de trabajo, y el desempeño de proyectos. La contribución al conocimiento de esta investigación radica en un mayor entendimiento de qué elementos de una implementación madura de LPS son claves en el mejoramiento de la cohesión, colaboración y comunicación eficiente de los equipos, aspecto requerido para asegurar el sostenimiento del desempeño. Los resultados se medirán de forma semicuantitativa a través de una metodología propuesta por el autor y basada en el instrumento propuestas anteriores (Soto, 2016; Lagos et al., 2017).

1.2. Preguntas de Investigación

- I. ¿Existe una correlación positiva y directa entre la madurez de la adopción del sistema Last Planner, la cohesión de los equipos de trabajo y el desempeño de proyectos?

- II. Dado el entendimiento profundo de los casos de estudio, ¿qué elementos permiten validar la hipótesis de causalidad entre el impacto de la adopción madura de LPS y las mejoras observadas en colaboración y desempeño?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Entender, a través de casos empíricos de estudio, el impacto de la madurez de implementación del sistema Last Planner en el desempeño de proyectos de construcción y la cohesión de sus redes organizacionales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- I. Desarrollar un instrumento de evaluación de madurez de proyectos a nivel Lean Construction e implementación de Last Planner.
- II. Desarrollar un método de evaluación de redes organizacionales, que permita relacionar el funcionamiento del equipo de trabajo con la madurez y desempeño de los proyectos.
- III. Identificar relaciones empíricas entre madurez, redes organizaciones e indicadores de desempeño en los casos de estudio.

1.4. Hipótesis

El nivel de madurez de la implementación de LPS se manifiesta de manera cuantitativa en indicadores de cohesión, horizontalidad y eficiencia de la colaboración entre últimos planificadores.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema tradicional de planificación

Los elementos básicos de dirección, coordinación y control de un proyecto son el programa maestro y el presupuesto inicial (Ballard et al., 1996). Esto implica que el programa se basa en la Carta Gantt, es decir, la herramienta de planificación que definirá las actividades necesarias para lograr el cumplimiento del trabajo de un proyecto, en determinados plazos. El proyecto confecciona su Carta Gantt al inicio del proyecto, y el proceso será la asignación de recursos a las actividades. La base de esta planificación son las actividades que deben realizarse para cumplir los plazos estipulados inicialmente, por lo que no es posible distinguir las actividades que pueden o no realizarse (Diaz, 2007).

La base para la planificación de la Carta Gantt es la siguiente:

- Se descompone el proyecto en paquetes de actividades, a un nivel que permita estimar, de forma aislada, su duración y los recursos necesarios.
- Se establece un plan inicial, donde las tareas se organizan por medio de dependencias de secuencia, lo que da origen a la Carta Gantt.
- Se asignan recursos requeridos para completar cada tarea en su duración, los cuales se reflejan en la Carta Gantt y dan origen a la curva S o la meta de avance del proyecto.
- Se busca la ruta crítica y, luego, se buscan oportunidades para modificar la duración, consumo de recursos o ubicación de las tareas que no son críticas, aprovechando su holgura.
- Una vez que se hizo esto, el programa se utiliza para llevar el control del orden de las actividades, su duración y consumo de recursos, con el fin de determinar si se producen desviaciones en avance, plazo o costo, que deban ser corregidas.

Se ha logrado identificar la ineffectividad para gestionar proactivamente el programa, frente a las condiciones dinámicas que generan variabilidad en la ejecución e incertidumbre en los planes de largo plazo (Shingate & Hedao, 2017).

La planificación y control incluye, además del programa maestro y presupuesto, el establecimiento de bases organizacionales. En el formato tradicional se distinguen dos etapas, la planificación inicial y la fase de seguimiento y control. En la primera, se fijan las metas detalladas de ejecución, mientras que posteriormente, el seguimiento de estas da pie a toma de acciones reactivas para alinearse a estas metas (Rooke & Darryll, 1996). Los sistemas tradicionales de control utilizan

indicadores agregados de resultado para determinar el cumplimiento de programa y presupuesto. Estos se obtienen al agregar en el tiempo el valor añadido por la ejecución de cada tarea en términos presupuestarios o de días trabajados. Así, el programa inicial da origen a la curva de valor planeado y el estado actual de ejecución del programa da origen al valor ganado. Finalmente, el grado de cumplimiento o desviación del proyecto se obtiene de la comparación entre valor planeado y ganado. Howell & Ballard (1996) han criticado el uso de indicadores agregados por su baja capacidad de detectar tempranamente desviaciones debido a que la agregación de tareas compensa sus variaciones individuales.

La ineficiencia de los sistemas de planificación y control tradicionales radica principalmente en que el uso de programas altamente detallados y restringidos mediante vinculaciones de tareas, lo que limita la posibilidad de efectuar cambios en la secuencia de trabajo (Arbulu, Koerckel, & España, 2005). La falta de claridad en el uso de holguras y la programación rígida puede llevar a la asignación subóptima de recursos, dado que éstos han sido planificados siguiendo una ruta crítica que puede no ser representativa de la secuencia óptima de trabajo (Terrazas, 2011). Las herramientas utilizadas tradicionalmente para planificar no son de fácil acceso para llevar a cabo un seguimiento sólido del programa y el cumplimiento de sus compromisos, suele desviarse fácilmente (Serna et al., 2018; Chua et al., 1999).

La Figura II-1 es una representación de cómo se conforma el sistema tradicional (Ballard & Howell, 2003). Una vez que se genera el programa, se toma como prioridad lo que DEBE hacerse para lograr el cumplimiento de los objetivos, pero por la incertidumbre que se va generando, será el administrador el que determinará qué SE HARÁ según las condiciones que se presenten en el momento, para que, finalmente, en el terreno se ejecute en realidad lo que PUEDE hacerse¹.

Las consecuencias del uso del sistema tradicional recaen principalmente en que algunas tareas para las cuales existiesen recursos disponibles se dejen de realizar debido a que no se hallan en el programa, o también, que las tareas que se planifican no pueden realizarse debido a las condiciones de obra y sus recursos. Por último, también produce que se programen tareas *buffer* solo para mantener las metas de avance, o de consumo de recursos, sin que sean las más idóneas para cumplir las metas del proyecto (González et al., 2006).

¹ Para conocimiento del lector, y posterior a lo planteado en la Figura II-1., se entenderán los términos de DEBE, SE HARÁ y PUEDE, como las etapas condicionantes de los procesos de planificación.

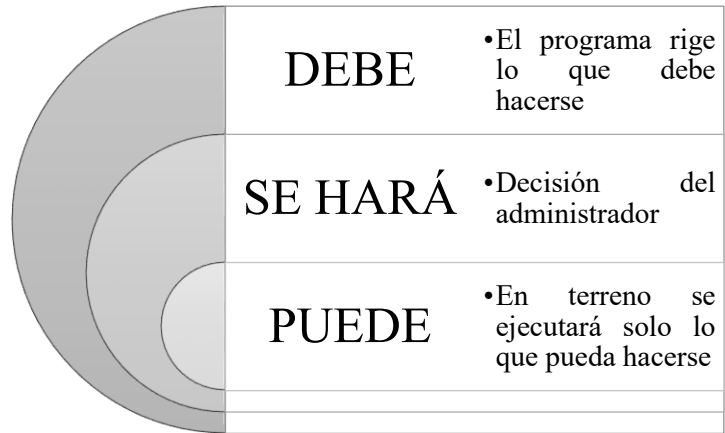


Figura II-1. Sistema Tradicional de Planificación.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2. Lean Production y Lean Construction

Desde 1970 han surgido variados enfoques para la gestión de producción, entre los que se puede mencionar: Just in Time, Total Quality Management, competencias basadas en el tiempo, gestión basada en valoraciones, reingeniería de procesos, producciones ajustadas, entre otros (Koskela, L., 1992). Entre estas propuestas de producción se destaca un punto común, que buscan la optimización global del sistema de producción y sus flujos, manejándose desde aspectos como el análisis de brechas de segregación y suboptimización de las partes del sistema de producción (Botero & Álvarez, 2005; Koskela, L. 1992). Adicionalmente, dichos enfoques, en mayor o menor medida, buscan la eliminación de cualquier elemento que no agregue valor al producto final, o su minimización (Alarcón L. , 2007).

Un ejemplo de impulso hacia la filosofía Lean, es el modelo Toyota Way, que adicionó a la gestión de la producción, la importancia de las personas y los procesos intangibles, por sobre los procesos en la transformación hacia el desarrollo Lean, buscando sistemáticamente lograr cambios pequeños y graduales en los procesos, mejorando la eficiencia y calidad del producto final (Liker & Morgan, 2006). De hecho, el modelo Toyota Way, además incorpora una conceptualización distinta de los flujos y transformación, entendiendo los primeros como procesos intangibles requeridos para la ejecución del trabajo y entrega de información, y los segundos, aquellos procesos dependientes de los flujos que son requeridos para ejecutar el trabajo y dar valor al producto.

En el 1992, Koskela analiza el desajuste entre los modelos conceptuales y la realidad, y propone una teoría basada en la producción en la construcción. Con la adaptación del modelo Toyota Way a

la construcción, se logra el desarrollo de un paradigma de gestión de la producción, que se basa en proyectos donde la producción pasa a contextualizarse en tres caminos complementarios (Koskela, L., 2000):

- Transformación, referido a la producción de insumos en productos.
- Flujo, referido como un movimiento suave e ininterrumpido, por ejemplo, de flujo de trabajo.
- Valor, refiriéndose a lo que el cliente paga por producción e instalación del proyecto.

En el modelo de producción en construcción, más adelante conocido como Lean Construction, el foco de la gestión radica en (1) identificar la cadena de valor desde el cliente final hasta el proceso inicial, (2) estabilizar los flujos de la cadena de valor, por medio de la planificación tanto de actividades de flujo como de transformación (3) identificar y remover flujos innecesarios o que consuman recursos sin agregar valor al cliente final, y (4) una vez que se han optimizado los flujos, dar paso a la optimización de las actividades de transformación (Koskela, 1992). De esta manera, Lean Construction apunta a entregar valor al cliente final maximizando el rendimiento, en un flujo estable, eficiente y libre de pérdidas desde el diseño hasta la entrega del producto (Howell, 1999).

Adicionalmente, las filosofías Lean Production y Lean Construction, adoptan un enfoque de gestión de personas distinto al enfoque tradicional orientado a los resultados. El enfoque orientado a resultados o “Managing by Results” (MBR) tiende a la separación entre las responsabilidades de ejecución y de toma de decisiones, basada en la subordinación, donde se instruye la ejecución de trabajos a niveles inferiores de la organización y luego se controla el cumplimiento de las metas impuestas de producción. Son estos mismos quienes reportan información de su cumplimiento a niveles intermedios para la evaluación de la eficiencia y eficacia en la producción y dicha información es entregada a los niveles superiores para la toma de decisiones (Kim & Ballard, 2010).

En cambio, la filosofía Lean adopta el enfoque de gestión por medios o “Managing by Means” (MBM), según el cual, tanto el control como la toma de decisiones se distribuyen en los distintos niveles de la organización, fomentando la planificación proactiva en cada segmento. Así, los niveles superiores deben proveer de medios para la colaboración, tales como comunicación eficiente, instancias de colaboración y retroalimentación efectiva. A continuación, se profundiza en el análisis de contraste entre ambas (Fernandez-Solis et al., 2018):

a) Managing by Results (MBR)

La gestión por resultados, MBR, fue originalmente adoptado por sistemas de producción mecánicos, gobernados por procesos secuenciales donde el éxito depende primordialmente

de la eficacia en el cumplimiento de metas y la eficiencia en el consumo de recursos (Johnson & Broms, 2000).

La representación de MBR se muestra en la Figura II-2, donde los niveles estratégicos-organizacionales y logísticos-gerenciales se enfocan a una economía contractual, con la subordinación de los niveles tácticos o de ejecución, es decir, es el enfoque clásico de planificación que espera que un plan se ejecute con resultados iguales al de la teoría (Koskela & Howell, 2002a; Koskela & Howell, 2002b).

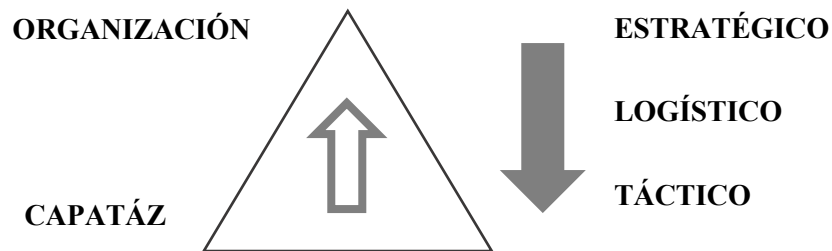


Figura II-2. Estilo de Gestión, MBR.

Fuente: Fernandez-Solis, 2008.

La aplicación de MBR deriva en incentivos a la maximización de la producción en cada proceso, de forma independiente, ya que cada ejecutor es medido exclusivamente por sus resultados. Este enfoque cuantitativo tiende a la separación entre objeto y observador, es decir, entre la ejecución y el control de sus resultados, lo que presenta limitaciones en procesos tales como la ejecución de proyectos, dependientes de personas, donde la calidad de los entregables depende de factores adicionales a las metas cuantitativas de producción.

b) Managing by Means (MBM)

El enfoque de gestión por medios, MBM, deriva de la observación de procesos naturales, tales como las relaciones entre equipos de trabajo, donde se observa que la calidad de los entregables depende de factores adicionales al cumplimiento de metas cuantitativas como plazo, cantidad de trabajo y consumo de recursos. En estos sistemas gobierna un ambiente dinámico, que requiere de colaboración, comunicación y rápida adaptación, por lo que, al propiciar la autogestión y manejar las metas a nivel de la organización y no por individuos, MBM provee de instancias para la colaboración, identificación y corrección temprana de problemas (Kim & Ballard, 2010).

La representación de MBM se muestra en la Figura II-3, donde los niveles organizacionales (estratégico, económico, contractual) y logístico (gerencial, de planificación, contratistas especializados) apoyan a los capataces y equipos de trabajo.

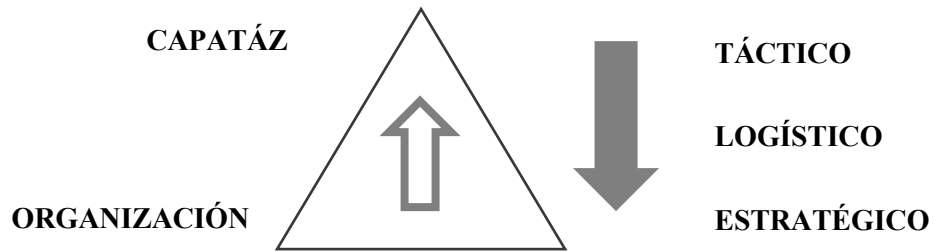


Figura II-3. Estilo de Gestión, MBM.

Fuente: Fernandez-Solis., 2008.

Las prácticas de MBM y Lean Construction se diseñan a modo de anticipación, identificación, con el carácter de prevenir y evitar obstáculos y problemas en la producción de la construcción y en los límites de contratos (Gambatese, Pestana, & Lee, 2017).

2.2.1. Filosofía Lean

En cualquier tipo de proceso se han reconocido hasta 7 tipos de desperdicios (Ohno, 1998):

- **Transporte.** Transporte innecesario de piezas en producción.
- **Inventario.** Acumulación de piezas en espera de ser completadas, o productos terminados a la espera de ser enviados.
- **Movimiento.** Movimiento innecesario de persona que trabajan en productos.
- **Espera.** Espera innecesaria por parte de la gente para comenzar las siguientes tareas.
- **Procesos excesivos.** Elaboración de un producto, con pasos adicionales innecesarios.
- **Sobreproducción de productos.** Innecesaria.
- **Defectos.** En el producto final.

La filosofía Lean busca proactivamente estos desperdicios en la cadena de valor de la producción, que pueden ser atribuibles a actividades de flujo o de transformación, y promueve su remoción temprana o minimización. Para ello, plantea un enfoque iterativo de 5 pasos, denominados los 5 principios Lean (Womack & Jones, 2008):

- **Especificar el valor para el cliente.** El valor puede definirse solo por el cliente final, ya que se distorsiona por organizaciones preexistentes, especialmente por ingenieros y expertos.
- **Mapear la cadena de valor.** Identificar las acciones necesarias para llevar un producto al cliente, evitando la duplicación de pasos en la elaboración de un producto.
- **Estabilizar los flujos de producción.** Se propone la eliminación de los departamentos que ejecuten un proceso de una sola tarea en grandes lotes.

- **Dejar que el cliente tire la producción.** A la medida que se vende, se produce.
- **Buscar la perfección.** Reducción de tiempo, espacio, costos y errores.

La Tabla II-1. representa las diferencias entre el modelo tradicional y el modelo Lean (Castro & Pajares, 2014):

	Modelo Tradicional	Lean Production
Estrategia	Concentrada en la producción en masa.	Concentrada en el cliente, identificando y explotando las ventajas competitivas.
Satisfacción del cliente	Crea lo que el ingeniero busca, en grandes producciones y calidad aceptable.	Crea lo que el cliente desea, sin defectos, cuando él lo quiera y en las cantidades que él lo desee.
Liderazgo	Por comando estratégico.	De visión y amplia participación.
Organización	Fomenta la ejecución de órdenes, minimizando el flujo de información que permite la identificación de los defectos, errores operativos, anomalías, etc.	Fomenta la iniciativa y el flujo de información, con la capacidad de identificar los defectos, errores operativos, anomalías, etc.
Información Administrativa	Débil, en base a reportes abstractos.	Rica en información, con base en los sistemas de control visual actualizado por los empleados.
Cultura	De obediencia lineal.	De compromiso con los empleados.
Producción	Gran escala y habilidades mínimas, con líneas de producción e inventarios extensos	Escala humana, con habilidades múltiples y sin inventarios.
Ingeniería	Modelo aislado con grandes habilidades, pero con poca alimentación del cliente.	Modelo en equipo, con alta alimentación del cliente.

Tabla II-1. Modelo Tradicional vs Modelo Lean.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.2. Lean Construction

Según el Lean Construction Institute (ILC), la filosofía Lean Construction se orienta hacia la administración de la producción en construcción, con el objetivo de optimizarla, por medio de la identificación, planificación y estabilización de las actividades de flujo que habilitan el desarrollo de las actividades que agregan valor al proyecto. Adicionalmente, propone la identificación de actividades que no agregan valor y que pueden ser catalogadas como contributarias, si son requeridas o facilitan la producción, o no contributarias, si representan actividades que consumen recursos sin agregar valor a la producción, es decir, generan pérdidas (Porras, Sánchez, & Galvis, 2004). El enfoque está principalmente en la creación de herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución, junto con un buen sistema de producción, para minimizar las pérdidas y actividades que no generen valor para completar una unidad productiva (Ballard & Howell, 1994).

Se plantean 11 principios utilizados en Lean Construction (Koskela, 1992):

1. **Satisfacer los requerimientos del cliente.** Debido a que son quienes evaluarán el producto.
2. **Reducir las actividades que no otorgan valor.** Reducir desperdicios del proceso, eliminar actividades innecesarias, optimizar las actividades auxiliares.
3. **Reducir los tiempos de ciclo.** Optimización de los tiempos.
4. **Reducción de la variabilidad, tanto de proceso como de producto.** Mantener el control en el caso de materiales defectuosos y contribuir hacia las necesidades específicas de los clientes.
5. **Aumentar la flexibilidad.** Debido a los cambios en los intereses económicos y modas que puedan regir la producción.
6. **Aumentar la transparencia.** Mejora del control visual de la producción, calidad y organización del lugar de trabajo.
7. **Simplificar el proceso al minimizar el número de partes, pasos y relaciones.**
8. **Concentrar el control en el proceso completo.** Conocimiento completo del proceso, con la finalidad de hacer posible el reconocimiento de los resultados globales.
9. **Construir una mejora continua en el proceso.** Estar abierto a recibir y/o buscar informaciones relevantes que agreguen valor al proceso.
10. **Balancear las mejoras de flujo con las de conversión.** Transformar la materia prima, considerandos los pasos para que este pueda producirse
11. **Benchmarking.** Realizar una comparación de las actividades realizadas entre las empresas, para identificar mejores prácticas.

2.3. Sistema de planificación Last Planner

Last Planner System (LPS) es una herramienta de gestión de la producción, basada en los principios de Lean Construction, que propone una mirada sistemática de la planificación y control, orientada a la estabilización de procesos y flujos para aumentar la confiabilidad de la producción. LPS fue diseñado por Ballard y Howell, y se caracteriza por incluir la definición de: (1) unidades de producción, correspondientes a los últimos planificadores, o unidades encargadas del uso directo de los recursos para la ejecución del trabajo, (2) control del flujo de actividades, mediante la preparación del trabajo en un horizonte intermedio de planificación y su planificación detallada en programas de ejecución de corto plazo, y (3) asignaciones de trabajo, mediante la gestión de compromisos adoptados por los últimos planificadores en la planificación de corto plazo (Ballard & Howell, 1994). LPS también facilita el conocimiento del origen de los problemas, por medio de la identificación, categorización y registro de Causas de no Cumplimiento (CNC) para cada compromiso no completado, lo que conlleva a una óptima toma de decisiones para realizar los ajustes pertinentes de cada operación, pudiendo tomar acciones a tiempo, conducentes a un incremento en la productividad (Richert, 2018).

Ballard (1994) plantea que una buena planificación ocurre cuando se superan algunos obstáculos presentes en la industria de la construcción, tales como:

- Planificación basada en las habilidades y talento del profesional a cargo de la programación, no percibida como un sistema.
- La gestión se enfoca en un corto plazo, descuidando el largo plazo que genera mayor incertidumbre.
- No se mide el desempeño del sistema.
- Los errores no se analizan, ni se identifican las causas de su ocurrencia.

El sistema Last Planner propone tres niveles de planificación incremental e iterativa, donde el plan se va afinando regularmente, y la incertidumbre del proyecto se ve reducida gracias a cuidadosas consideraciones de lo que DEBERÍA hacerse versus lo que efectivamente PUEDE hacerse y la identificación de las restricciones que impiden la ejecución inmediata del trabajo y que requieren ser liberadas para aumentar la confiabilidad de la planificación (Campero & Alarcón, 2008). Por ello, comúnmente se menciona que el ciclo de planificación de LPS corresponde a analizar qué es lo que DEBE hacerse, según las metas del Plan Maestro, qué es lo que PUEDE hacerse, según el análisis del Plan Intermedio o Lookahead Plan, y qué es lo que SE HARÁ, según el Plan de Corto Plazo o Plan Semanal. De esta manera, las etapas base de LPS, vinculadas al DEBE, PUEDE y SE HARÁ, corresponden a la planificación de largo plazo o Plan Maestro, la planificación de mediano

plazo o Lookahead Plan, y la planificación de corto plazo o Plan Semanal, tal como se muestra en la Figura II-4 (Ballard & Howell, 1994).

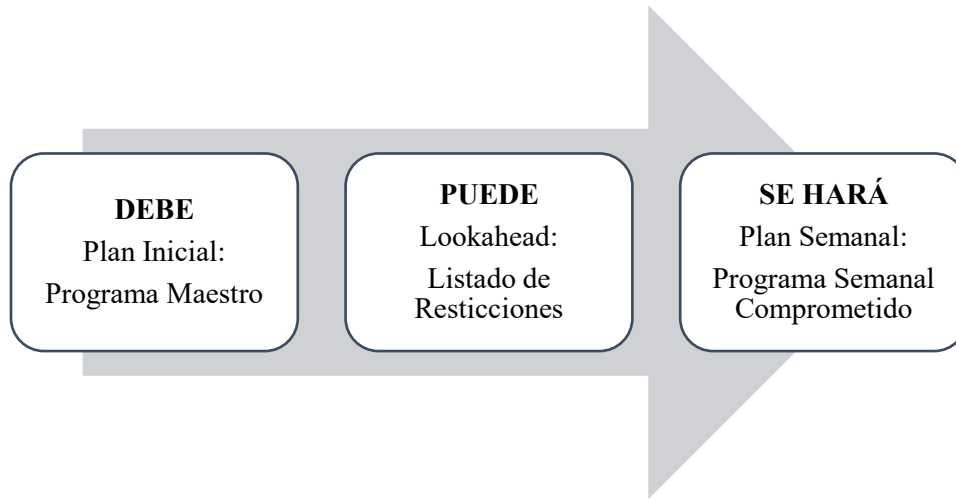


Figura II-4. Sistema de Planificación Last Planner.

Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente, se han incorporado dos etapas a los ciclos de planificación y control de LPS: La Planificación de Fases, como conexión entre la planificación de largo y mediano plazo, donde se establece una secuenciación del trabajo, según las metas de programa, mediante una planificación Pull, o “de tiro”, que permite determinar las fechas de término requeridas para las principales actividades del programa. Además, al término de cada semana, se revisa el cumplimiento de programa semanal, es decir lo que SE HIZO, para determinar el nivel de confiabilidad del plan semanal, el número, tipo e impacto de las CNC y plantear Acciones Correctivas para eliminar, minimizar o corregir las principales causas (Huang & Kusiak, 1998).

2.3.1. Horizonte de Largo Plazo: Programa Maestro

Corresponde a la planificación inicial del proyecto, el que contempla tanto metas como la estructura del programa. Tiene la capacidad de definir el mapa coordinador de las actividades que lleva a la realización del proyecto, sus plazos y algunos responsables. Su estructura base es representada por hitos (metas) del programa, los que no se toman en cuenta por su duración ni fecha, sino más bien, trabajan como eventos binarios, es decir, se evalúa su cumplimiento (Alarcón, Rodríguez, & Pellicer, 2011).

Se puede señalar como hitos principales del programa, definidos como metas estrictas e inamovibles: compromisos con el mandante, hitos contractuales, restricciones de avance y entregas o recepciones. Para el caso de los hitos intermedios, que representan las metas y acontecimientos

importantes del proyecto, se pueden destacar, por ejemplo, los siguientes puntos: metas de producción, fechas importantes o cambios en los frentes, es decir, inicio, terminaciones, término de obra gruesa, entre otros. La unión de dos o más hitos principales, genera un horizonte de tiempo que se denomina fase, las que suelen tener una duración de 3 a 12 meses (Rodríguez, 2017).

2.3.2. Horizonte Intermedio: Planificación de fases

Las actividades del plan maestro también deben ser puestas en el programa de mediano plazo (Lookahead), el problema surge cuando el proyecto es demasiado largo y complejo, ya que implicaría demasiados detalles en el programa intermedio, lo que lo haría demasiado confuso. Por esta razón es que se introduce un plan de fases, el que dividirá al plan maestro en grupos de tareas llamadas fases, las que necesitan ser realizadas en una proximidad espacial y temporal (Ribeiro & Costa, 2018). La importancia de esta división es que debe realizarse durante la planificación inicial y en conjunto con las personas que administran el proyecto.

2.3.3. Horizonte de Mediano Plazo: Lookahead Plan

El Plan Intermedio, o Lookahead, es la base para la preparación del trabajo, con una secuencia dinámica y que se ajusta a la capacidad de ejecución, lo que significa un control en el flujo de trabajo y coordinación del diseño, proveedores, recursos humanos, información y requisitos previos (Marin, 2015). Para el caso de las edificaciones, el horizonte suele ser de 4 a 6 semanas, e incluye la planificación de compromiso, con el fin de buscar y registrar restricciones, las que son un impedimento previsto, que debe ser eliminada previo a su ejecución. A cada restricción se le asigna un punto de una tarea (inicio, término o continuidad), así como también, una fecha límite para que pueda ser liberada y un responsable. Si una tarea no tiene restricciones, es parte del Inventario de Trabajo Ejecutable, ITE (Ribeiro & Costa, 2018).

Si alguna de las tareas determinadas en el Plan Intermedio no cuenta con las condiciones para ejecutarse hasta el cumplimiento del compromiso o hasta su fin, tendrá como mínimo, una restricción. Las restricciones que se van formando, pueden afectar múltiples actividades, sin embargo, no pueden existir restricciones no vinculadas a tareas. Las actividades para la liberación de restricciones también deben planificarse, y una vez que están libres, se hace posible la construcción del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), para lo que se debe seguir los siguientes pasos (Marin, 2015):

- a) Revisar restricciones: incluir al análisis de la Planificación Intermedia, las restricciones que entran debido a las actividades planeadas, determinando un responsable para la liberación de la restricción.
- b) Preparación: remover las restricciones, confirmar su tiempo de respuesta y dar soluciones.

Si las tareas de la primera semana cuentan con restricciones no liberadas, éstas pueden desplazarse hacia semanas futuras. En el caso de las tareas que se lograron liberar, pasarán a formar parte del ITE, pasando a ser parte de las actividades con alta probabilidad de ejecución (Marin, 2015).

2.3.4. Horizonte de Corto Plazo: Planificación Semanal

Al definirse como horizonte de corto plazo, tiene la característica de ser inmediato y altamente previsible. Aquí es donde se determina lo que SE HARÁ, dentro de lo que se PUEDE (Lookahead), y dentro de lo que se DEBE (Plan Maestro).

El Plan de Corto Plazo (PCP) considera única y exclusivamente las tareas del ITE, las que son representadas por medio de una Carta Gantt que incluye sus responsables y el avance comprometido. Las restricciones por su parte, a pesar de ser gestionadas en el corto plazo, no son parte del PCP ya que no generan un avance en el proyecto. Se realiza un control semanal del desempeño del equipo de trabajo en cuanto al cumplimiento de los compromisos establecidos, registrando el avance real y comparándolo con las metas propuestas (Alarcón, Rodríguez, & Pellicer, 2011).

2.3.5. Indicadores de Desempeño (KPI)

Los indicadores que se presentan a continuación son los más utilizados en el sistema de Last Planner (Alarcón et al., 2014; Cisternas, 2013; Letelier, 2014; Sabbatino et al., 2011):

Indicadores				
Horiz.	Indicador	Variable	Descripción	Fórmula
Corto Plazo	Porcentaje de Plan Completado (PPC)	Variabilidad en la ejecución del proyecto	Mide si los avances comprometidos se lograron durante cada período de corto plazo; la confiabilidad que se tiene de actividades programadas según lo que realmente se logró (hecho) con lo que se pensaba lograr (SE HARÁ).	$\left(\frac{\text{Compromisos cumplidos}}{\text{Compromisos pactados}} \right) \times 100\%$
	Índice de Desempeño del Programa (SPI)	Cumplimiento de plazos	El cumplimiento del programa se mide en base a los avances reales acumulados sobre presupuestados en el Plan Inicial.	$\left(\frac{\text{Avance real acumulado}}{\text{Avance presupuestado inicial}} \right) \times 100\%$
	Porcentaje del Cumplimiento de Restricciones (PCR) ²	Confiabilidad de la responsabilidad	Muestra cómo ha sido la evolución de la liberación de restricciones de cada período de corto plazo	$\left(\frac{\text{Restricciones liberadas}}{\text{Restricciones pactadas}} \right) \times 100\%$
	Porcentaje de trabajo completado (PWC)	Cumplimiento de los compromisos semanales	Complementario al indicador PPC, refleja el cumplimiento del avance semanal	$\left(\frac{\sum \text{Cumplimiento de compromisos}}{\text{Compromisos pactados}} \right) \times 100\%$
	Tareas anticipadas (TA)	Evaluación de planificación intermedia	Análisis de las tareas comprometidas que se incluyeron en el Lookahead de semanas anteriores, midiendo lo que se HARÁ	$\left(\frac{\text{Tareas comprometidas semana actual}}{\text{Tareas pactadas según Lookahead}} \right)$

² Para el cálculo más específico de este indicador, cabe destacar que existen múltiples formas de calcularse:

- La restricción cuenta en el numerador sólo si la tarea quedó completamente libre de restricciones.
- La restricción cuenta en el numerador sólo si se liberó con fecha menor o igual a su fecha comprometida.
- La restricción cuenta en el numerador si se liberó dentro de la semana en que estaba comprometida.

Tareas preparadas (TMRi)	Tareas completadas con éxito	Porcentaje de tareas planificadas con i semanas de anticipación, midiendo lo que PUEDE cumplirse	$\left(\frac{\text{Tareas ITE semana actual}}{\text{Tareas que deberían ser ITE según Lookahead}} \right)$
Factor de productividad (PF)	Desempeño acumulado para una actividad	Mide la cantidad total de horas hombre utilizadas sobre las ganadas, equivalente al avance	$\left(\frac{\text{Horas gastadas}}{\text{Horas ganadas}} \right)$
Razón de calidad (QR)	Observaciones de calidad levantadas	Cantidad de observaciones de calidad, sobre las horas hombre totales que se planifican en el proyecto	$\left(\frac{\text{N° de observaciones de calidad}}{\text{HH planificadas totales}} \right)$

Tabla II-2. Indicadores de Desempeño, KPI.

Fuente: Elaboración Propia.

El objetivo de utilizar los indicadores de desempeño es contar con las capacidades predictivas del retraso de los proyectos sobre su ejecución, ya que entregan la información necesaria de cómo se está llevando cabo el proyecto y qué falencias habría que tener en consideración debido a la alteración que producen en su desarrollo; de esta manera, se obtendrá información importante que beneficiará un mejoramiento continuo (Sabbatino, Alarcón, & Toledo, 2011).

2.3.6. Reuniones Semanales

Las reuniones de trabajo semanal se estructuran en tres fases: el análisis de lo que SE HIZO, análisis de lo que se PUEDE hacer en el mediano plazo y la definición de lo que SE HARÁ. En primer lugar, se revisa el cumplimiento de los compromisos de la semana anterior, se analizan las Causas de No Cumplimiento (CNC) y se plantean Acciones Correctivas destinadas al mejoramiento de la confiabilidad, productividad y avance. En segundo lugar, se actualiza el Lookahead Plan para incorporar una nueva semana al horizonte de Planificación Intermedia, se revisa la existencia de nuevas restricciones y/o la eliminación de restricciones existentes y, finalmente, se reestructura el plan intermedio mediante una planificación Pull o “de tiro” en la que se trae hacia las semanas más cercanas aquellas tareas libres de restricciones y se aplazan tareas no críticas para facilitar su liberación. En la última etapa de la reunión, se seleccionan las tareas que forman parte del ITE, como potenciales partícipes del Plan de Corto Plazo y se establecen compromisos por parte de los últimos planificadores para su ejecución (Delgado, 2007).

Lo ideal de las reuniones semanales es que sean lideradas por el administrador para que sean impulsadas de manera eficiente, y las ejecuciones de los planes se hacen por el jefe de terreno, quien será ayudado por parte de la oficina técnica para poder establecer metas, mediante indicadores y plazos (Gonzalez, 2012).

Se definen 3 puntos principales a abordar en las reuniones semanales (Botero & Álvarez, 2005):

- Cumplimiento del plan semanal.
- Establecimiento de lo planificado para la semana siguiente.
- Revisión de las causas de no cumplimiento.

Además, para facilitar la reunión y registro de información, se pueden hacer uso de herramientas de softwares de planificación y control basadas en LPS (Cisternas, 2013; Alarcón, Salvatierra & Letelier, 2014), ya que éstos facilitan aspectos claves para la gestión, tales como la actualización de los planes y secuencia de trabajo, la limitación del movimiento de tareas según las restricciones, la mantención del Inventario de Trabajo Ejecutables y la vinculación de compromisos a tareas, fechas y metas de avance específicas. Además, su uso sistemático, permite capturar la información histórica de elementos como las restricciones y CNC, además de la evolución del desempeño, mediante indicadores como el PPC y SPI (Samad, Hamzeh, & Emdanat, 2017).

2.3.7. Beneficios de Last Planner

Según un estudio realizado en proyectos anteriores, a los cuales se les implementó Last Planner como método de planificación en aspectos básicos, se observaron mejoras tales como incremento del Porcentaje de Plan Completado en aproximadamente un 20%, y en mejoras de productividad que iban desde el 6% al 48%. A partir de estos mismos proyectos, al consultarse a los administradores sobre los impactos positivos, se describen los siguientes (Alarcón et al., 2008):

- Mejora en la gestión y control del proyecto.
- Mayor implicación de mandos medios gracias a un papel más activo en la gestión del proyecto y su mayor compromiso con la planificación.
- Disminución de pérdidas urgentes e imprevistos
- Mayor productividad de los procesos, aunque en algunos casos ésta no pudiera medirse directamente.
- Menores plazos de ejecución de las obras.

Conforme la realización de estudios sobre la implementación de Last Planner en los proyectos, se han destacado más beneficios, tales como: reducción de la variabilidad, fortalecimiento de la

confianza y colaboración entre los participantes, entre otros (Dave et al., 2015). También, se ha demostrado la relación positiva entre la adopción de LPS y resultados de su uso, debiendo tener especial cuidado en la planificación anticipada, que puede dificultar la eliminación completa de restricciones (Viana et al., 2010).

Se ha demostrado que aquellos procesos secuenciales repetitivos que se encuentran afectos significativamente a la variabilidad, como lo es la ejecución de obra gruesa, suelen tener impactos significativamente mayores, y producen beneficios directos en el resultado global del proyecto, ya que impactan directamente en la productividad (Ureta, 2018). Por otra parte, también se ha demostrado mediante estudios que el cumplimiento en la meta del índice de productividad en los proyectos para aquellos que implementen LPS, donde en la mayoría de los casos se obtenían valores significativamente superiores a 1, así como también, significativos cumplimientos de metas de eficiencia de mano de obra, márgenes de utilidad, plazos y seguridad (Leal, 2010).

Algunos proyectos, además de la implementación Last Planner, se apoyan en la utilización de algún software para el mejoramiento del control, ya que permite, por ejemplo, incorporar el flujo de planificación intermedia, preparación del trabajo, planteamiento y control de compromisos de corto plazo; además, capturan indicadores de los procesos claves y facilitan la gestión visual de la información de gestión del proyecto, junto con la comunicación e involucramiento de los últimos planificadores. La utilización de estos softwares de control, han determinado una mejora significativa en el porcentaje de plan completado, obteniendo valores que incluso podrían duplicarse en comparación de los casos sin la utilización del método planificador en cuestión (Alarcón et al., 2008).

2.4. Social Network Analysis (SNA)

El análisis de las redes sociales se dedica a estudiar las relaciones y flujos entre los actores de un proyecto, como lo son las personas, grupos, organizaciones u otras identidades que puedan procesar información y/o conocimiento (Alarcón et al., 2013). El análisis de SNA otorga un análisis matemático visual de sistemas humanos complejos que permite el estudio de las redes sociales como grafos (Hickethier, Tommelein, & Lostuvali, 2013). Los resultados de la evaluación de las redes SNA se convierten en una matriz de $N \times N$, siendo N el número de actores. Aquí, cada fila contiene las respuestas de cada miembro del equipo con respecto a cada uno de sus compañeros, exceptuándose a si mismos. De manera gráfica, los nodos del grafo corresponderán a los actores, y los vínculos que se generen entre estos nodos, representarán las relaciones o flujos entre las personas (Cisterna et al., 2018). En primera instancia, se debe analizar los grados de entrada y salida

de los nodos para determinar quiénes serán personajes centrales o influyentes (Sendall & Kozaczynski, 2003).

Mediante estudios que relacionan la implementación de LPS con la fuerza de sus redes sociales, se ha determinado que la fortaleza de las redes de comunicación se dan específicamente gracias a una planificación en base a Last Planner, definiéndose las reuniones de planificación semanal como el elemento clave para este fortalecimiento (Priven & Sacks, 2013).

Los principales indicadores de redes de desempeño son (Alarcón et al., 2014):

Indicador	Descripción
Densidad	Indica el grado de conexiones reales como una parte de las conexiones potenciales.
Grado Medio	Determina el promedio de conexiones de nodo en la gráfica.
Distancia media	Número de personas por las que hay que pasar para conectar a dos individuos.
Grado de entrada	Número de conexiones que llegan al nodo.
Centralidad	Representación de qué tan homogénea es la red.
Excentricidad	Distancia del nodo central, al nodo más alejado.
Clusterización	Cantidad de subgrupos existentes y su grado de segregación.

Tabla II-3. Indicadores de redes de desempeño.

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha demostrado que las redes organizacionales son la estructura básica con la que se relacionan de manera significativa los indicadores de desempeño de los proyectos, donde en su gran mayoría se apunta hacia indicadores de calidad, capacidad de accidentes, planificación y alcance del proyecto. Las redes de interacción más densas se asocian a mejores indicadores de desempeño, mientras que cuando se tienen longitudes largas de diámetro o trayectoria, se asocia a valores bajos en los indicadores (Castillo et al., 2015).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la investigación

Esta investigación es de carácter no experimental, ya que se basó en la observación de fenómenos, sus impactos e implicancias, sin ser alterados ni controlados. Además, posee un enfoque de casos de estudio, ya que éstos dependen de múltiples factores no controlables tales como un entorno dinámico y procesos gobernados por relaciones interpersonales (Yin, 1981). Finalmente, constituyó un estudio transversal, ya que la investigación solo fue del tipo observacional, donde los datos de las variables recopiladas se realizaron en cierto período de tiempo, en base a la opinión del personal (Fernández, Hernández, & Baptista, 2010).

Se realizó un levantamiento de datos empíricos de los proyectos, por medio de la aplicación de tres instrumentos: una batería de indicadores cuantitativos para medir el desempeño, una metodología semicuantitativa para mapear las redes organizacionales y un instrumento de evaluación semicuantitativo para medir el nivel de implementación de LPS. No se realizaron intervenciones en el caso de estudio, y las muestras recopiladas fueron utilizadas para realizar relaciones empíricas entre las variables y una diferenciación entre grupos de desempeño.

3.1.1. Etapas de Investigación

La investigación se llevó a cabo en 3 etapas. En primera instancia, fue necesaria la búsqueda de literatura, en base a estudios anteriores, para una mayor comprensión de los parámetros de estudio. Gracias a este estudio inicial, se procedió a seleccionar y desarrollar un conjunto de instrumentos de medición para llevar a cabo en análisis tanto de madurez como de redes organizacionales, además de la interpretación de los indicadores de desempeño. Una vez que ya se contaba con los instrumentos necesarios para poder llevar a cabo el análisis, éstos se aplicaron a proyectos representativos y se procedió a validar los resultados.

Posterior a la aplicación de los estudios sobre los proyectos, se analizó la relación entre indicadores representativos de las tres variables en estudio, es decir, de las redes organizacionales, madurez y desempeño. Por último, la etapa final, consistió en el análisis empírico de los resultados, según literatura.

3.1.2. Fuentes de información

Se evaluaron dos proyectos de construcción chilenos realizados por empresas diferentes, para poder utilizarse como caso de estudio. Ambos proyectos podían seguirse durante un período similar ya

que se encontraban en inicios de su ejecución. Además, contaban con alcances programados similares y experiencia similar en Last Planner.

A continuación, en la Tabla III-1, se presentan las características de ambos proyectos:

	Caso de Estudio N°1	Caso de Estudio N°2
Ubicación	Región Metropolitana, Chile	Región del Maule, Chile
Tipo de proyecto	Montaje industrial	Proyecto habitacional en altura
Duración inicial de la planificación del programa (semanas)	51	49
Cumplimiento antes del estudio	4.83%	4.41%
Semanas de ejecución en estudio	22	18
Cumplimiento posterior al estudio	52.34%	52.71%

Tabla III-1. Información de los casos de estudios.

3.2. Etapa I: Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones anteriores que involucraran estudios entre la madurez de gestión de proyectos gracias a la implementación de la filosofía Lean Construction, en conjunto con en análisis de sus redes interacción o indicadores de desempeño.

El enfoque de la investigación resultó ser de caso de estudio, ya que permitió una observación directa de ambos proyectos. El estudio se validó con miembros relevantes de los equipos de trabajo a través de comparación y análisis, para lograr impulsar las conclusiones (Yin, R.K., 2009).

Madurez de Gestión

Para poder elaborar un instrumento de medición de la madurez de gestión de los proyectos, se tomaron en consideración estudios realizados con anterioridad. De acuerdo con esta revisión, se consideró relevante evaluar aquellas dimensiones que fueran representativas de la filosofía Lean Construction, por ejemplo, la medición de su enfoque y la forma en que se refleja dentro del equipo de trabajo, junto con la medición de sus objetivos y la adopción de herramientas que faciliten la estandarización de los procesos (Salvatierra et al., 2015).

Finalmente, se tomó en consideración el triángulo de la filosofía Lean, representado en la Figura III-1 (Alarcón, L.F., 2015). Además, en complemento con un estudio anterior realizado por Soto (2016), se estructuraron finalmente 5 dimensiones de evaluación:

- **Cultura:** que exista claridad de los objetivos a nivel Lean entre todos los participantes, con propuestas de actividades específicas que otorguen un mejoramiento continuo (Diekmann et al., 2003).

- **Filosofía:** existencia de principios, recomendaciones y/o buenas prácticas Lean, donde se permita un enfoque en el cliente para optimizar el valor del producto final (Koskela & Huovila, 2002).
- **Procesos:** que se cuente con instancias e iniciativas para la mejora, generando una reducción de costos y tiempos de ciclos más cortos (Howell, 1999).
- **Prácticas:** acciones o iniciativas, eficientes y efectivas, que permitan que las organizaciones mejoren sus procesos, en base a sus capacidades y operaciones (Paulk et al., 1993).
- **Estándares:** procesos de trabajo definidos y claros, además de información asequible para todo el equipo de trabajo (Diekmann et al., 2003).

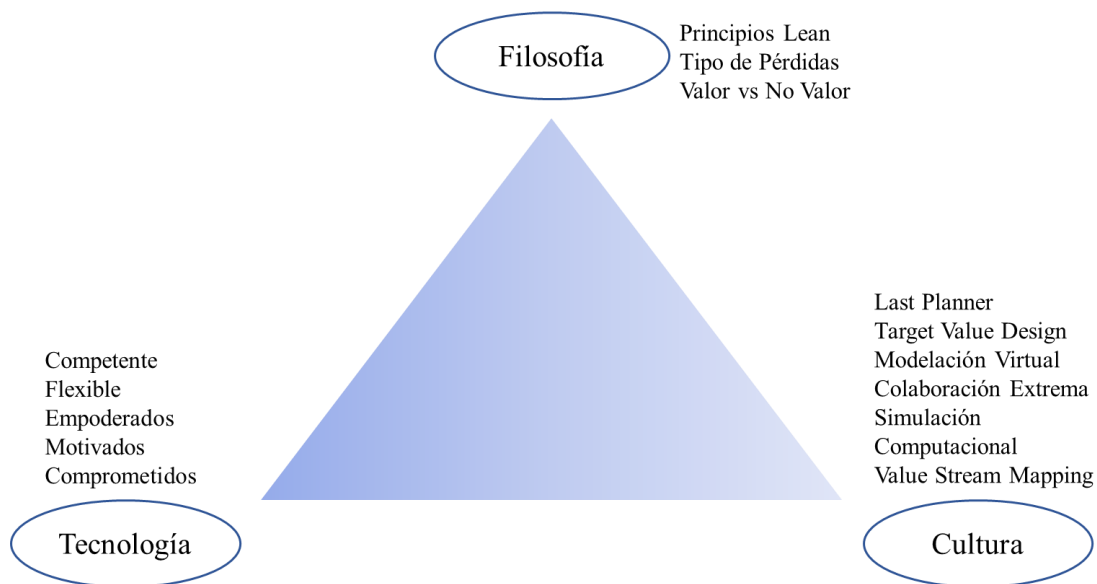


Figura III-1. Triángulo Lean Construction.

Fuente: Alarcón, 2015.

También, se descubrió la importancia de que, tanto los resultados como los procesos del proyecto, se encuentren evaluados sistemáticamente para fomentar un mejoramiento continuo, por tanto, es necesario que existan las instancias pertinentes para impulsar este mejoramiento de los procesos (Perez-Apaza et al., 2021). Otro aspecto importante de evaluación que se halló, fue la existencia de una investigación recurrente para este mismo mejoramiento continuo, generando que las prácticas de los procesos sean tanto eficientes como eficaces (Eadie et al., 2011; Nesensohn et al., 2015).

Además, según la recopilación modelos de madurez aplicados con anterioridad, se estableció la importancia de evaluar cada una de estas dimensiones en 11 criterios diferentes (Soto, 2016; Nesensohn et al., 2015; Rodegheri & Serra, 2019):

- (1) **Gestión del valor y pérdidas:** mejora en el proceso para entregar de manera rentable lo que el cliente necesita.
- (2) **Estandarización:** mejoramiento constante de los procedimientos de trabajo con base en reglas y secuencias establecidas.
- (3) **Estabilización de flujos:** conocimiento del ciclo de trabajo, que permitan un mayor valor a la entrega del producto final.
- (4) **Mejora continua:** observación y comprensión del estado ideal del sistema, para permitir una evaluación constante para lograr la situación deseada del proyecto.
- (5) **Comunicación y transparencia:** colaborativa e integral del equipo de trabajo completo, que otorguen instancias de mejora y sugerencias.
- (6) **Trabajo en equipo:** colaboración del equipo de trabajo completo desde el inicio del proyecto, con metas en común.
- (7) **Desarrollo de capacidades:** existencia de capacitaciones constantes para el equipo completo, que fomenten una mejora continua.
- (8) **Planificación:** con involucramiento del equipo completo, hasta los últimos planificadores, fomentando el trabajo en base a aquellas tareas que no contemplen restricciones.
- (9) **Control basado en datos:** utilización de registros históricos que permitan la identificación y análisis de mejora.
- (10) **Adopción de tecnologías:** utilización constante de tecnologías que permitan el aumento de la eficiencia y seguimiento de los procesos.
- (11) **Gestión del conocimiento:** entendimiento formal sobre la filosofía Lean, que permita desarrollo e integración de su filosofía, cultura y herramientas.

Redes de Interacción

Según estudios anteriores, se ha encontrado relaciones interesantes entre los indicadores de desempeño de Last Planner y las métricas de redes SNA de un proyecto (Castillo et al., 2015, 2016, 2018). Para poder capturar los datos necesarios de las dimensiones de interacción que se desean evaluar, es importante definir las dimensiones de interacción, los participantes involucrados para el estudio, las preguntas a realizar para medir su interacción, y por último, definir y analizar las métricas para cada una de las dimensiones evaluadas (Herrera et al., 2020).

En base a la revisión de literatura, se definieron 6 redes a evaluar: (1) interacción, (2) planificación, (3) resolución de problemas, (4) feedback, (5) aprendizaje y (6) liderazgo (Cisterna et al., 2018; Flores et al., 2014). En base a la red de interacción, se pudo filtrar la consistencia de la red, para

segregar a aquellos miembros con los que no se mostraba una interacción frecuente (Herrera et al., 2020).

Para que exista un vínculo válido en las redes como interacción general, planificación y resolución de problemas, este vínculo debe ser recíproco, donde ambos compañeros de trabajo indicaran una conexión entre sí (Castillo et al., 2016). Para el resto de las redes, se pudo considerar un enlace unidirección, ya que informarían solo una retroalimentación, aprendizaje, o consideraban a un líder natural del equipo.

Indicadores de Desempeño

Investigaciones anteriormente realizadas destacaron la importancia de planificar con mayor profundidad, transformando el trabajo que debería hacerse con lo que realmente podría hacerse, con la finalidad de que las tareas pasen a formar parte de un inventario de trabajo ejecutable, y así, poder medir sistemáticamente los compromisos de avance completados semanalmente (Castillo et al., 2016). También, es importante destacar la identificación de problemáticas recurrentes que permiten la toma de acciones correctivas que prevean o minimicen la aparición de futuras problemáticas (Ballard H.G., 2000). De esta manera, tanto PPC como CNCs se vuelven indicadores base de la metodología de Last Planner, pero, además, se pueden considerar relevantes, debido a su amplio uso en el análisis de gestión: índice de desempeño del programa y porcentaje de cumplimiento de restricciones (Flores, et al., 2014; Cisternas, 2013; Letelier, 2014; Sabbatino et al., 2011).

3.3. Etapa II: Instrumentos de medición

Madurez de Gestión

En base a la revisión de literatura, se realizó en diseño y validación de una encuesta basada en una escala de Likert, utilizada para medir la madurez del proyecto al nivel Lean Construction y la implementación de la planificación de Last Planner. Dada la diversidad y extensión del tema, se estableció un total de 55 preguntas para cada dimensión. Cada pregunta fue evaluada mediante una escala Likert de 4 puntos (Nesensohn, Bryde, & Pasquire, 2015):

- **Incipiente:** no existen prácticas formalizadas y sistemáticas.
- **Activo:** existen prácticas e iniciativas periódicas, pero no formalizadas.
- **Formalizado:** existen prácticas formales alineadas a principios Lean y sus objetivos.
- **Maduro:** existen prácticas formales alineadas con instancias de evaluación y mejora continua.

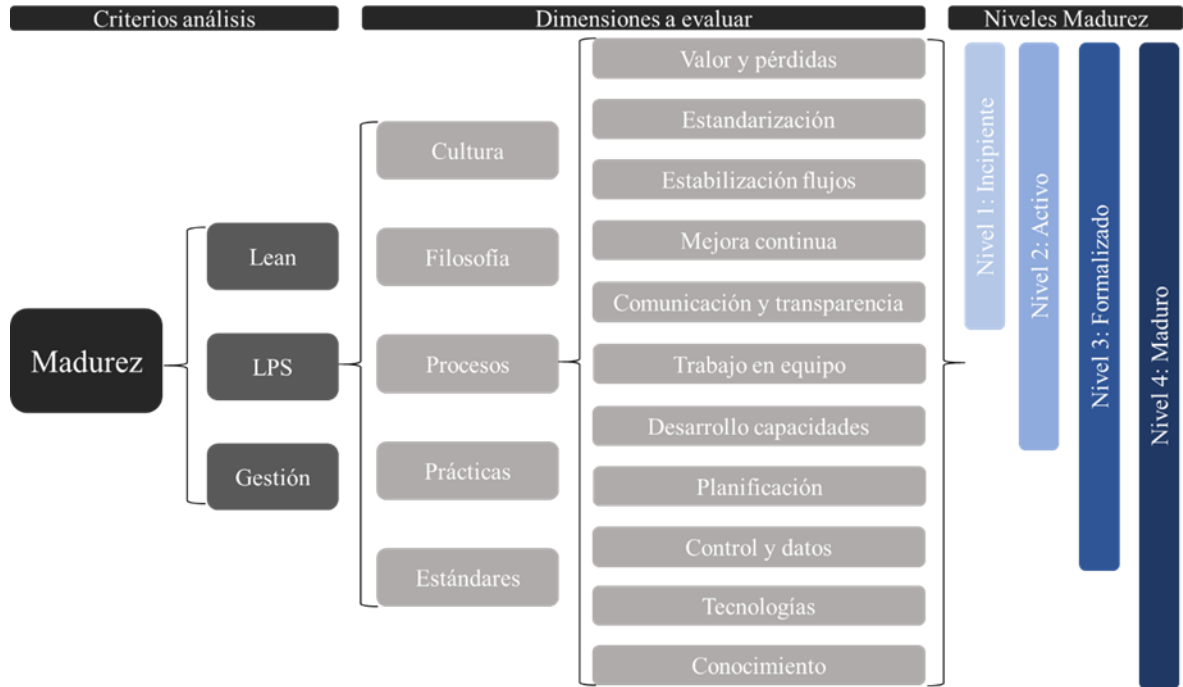


Figura III-2. Desarrollo de modelo para evaluación de madurez.

Fuente: Elaboración propia.

Esta encuesta se aplicó a 10 miembros claves de cada uno de los proyectos evaluados, donde se incluyó a diversas áreas representativas del proyecto, como, por ejemplo, gerencia, ingenieros, oficina técnica y últimos planificadores. Cada una de las preguntas se diseñó con la finalidad de que el equipo evaluara si existía o no conformidad de la empresa a nivel de sus dimensiones y criterios; y donde cada pregunta se evaluó en los mismos 4 niveles.

Se utilizó el método de doble ciego, ya que, tanto el equipo de trabajo como el investigador realizaron evaluaciones independientes; los resultados procedieron a compararse y revisarse por un experto para obtener una evaluación objetiva del nivel alcanzado por cada proyecto. En caso de que las respuestas no convergiesen, se utilizó el método Delphi para la obtención de una respuesta única confiable (Alshubbak et al., 2015). Para esto, se analizó si las respuestas poseían similitud a nivel de los criterios, si no existía consenso, se procedía a una evaluación de subdimensión, es decir, de los subcriterios de evaluación, si existía consenso, los resultados se daban por aprobados, de modo contrario, se analiza a fondo cada métrica para llegar a un resultado final aprobado por todos (Brioso & Cruzado-Ramos, 2020).

Finalmente, con el objetivo de obtener una evaluación representativa de cada dimensión, se utilizó la mediana de cada evaluación.

Redes de Interacción

Para lograr una medición cuantitativa de las 6 redes de interacción a evaluar, se realizó una encuesta en línea compuesta por un total de 10 preguntas, presentes en la Tabla III-2. La respuesta de la primera pregunta, referente a la interacción, filtró las opciones disponibles para el resto de las redes, exceptuando la de liderazgo. Además, la encuesta pidió ser respondida en función de las interacciones relacionadas con el trabajo durante los dos últimos meses.

Red de evaluación	Preguntas	Respuesta
Interacción	¿Con quién de las siguientes personas te has comunicado en las últimas dos semanas? ³	Sí/No
	¿Con qué frecuencia te has comunicado con cada uno?	Una o dos veces en el último mes; aprox. una vez a la semana; varias veces a la semana; diariamente
Planificación	¿Con quién de las siguientes personas requiere coordinarse al menos semanalmente, ya sea en instancias formales o informales, para ejecutar su trabajo y cumplir metas comprometidas?	Nunca; casi nunca; comúnmente; cada semana
Feedback	Considerando el último mes, ¿de quién ha recibido retroalimentación con respecto a su desempeño, trabajo, entregables y/o expectativas?	Puntual; esporádico; frecuente; casi siempre
	¿Cuál es el PRINCIPAL medio por el cual recibió feedback (retroalimentación) de su trabajo por parte de cada una de las siguientes personas?	Formal presencial; formal escrito; informal escrito; informal oral
Resolución de problemas	Si requiriese apoyo de otros miembros de su equipo para llevar a cabo una tarea específica que se la ha encomendado, ¿a quién confiaría para que le provean de entregables adecuados, oportunos y relevantes? ³	Sí/No
	¿Cuál es el grado de confianza con el que recurriría al trabajo o entregable por parte de las personas?	Baja (menor a 40%); media (entre 40% y 60%); alta (entre 60% y 80%); muy alta (mayor al 80%)
Aprendizaje	Considerando su experiencia en los últimos dos meses, ¿quiénes considera que han contribuido a su aprendizaje y crecimiento laboral?	Informal bajo; informal alto; formal bajo; formal alto
	¿Cuál es el grado en que han contribuido?	Informal bajo; informal alto; formal bajo; formal alto

³ En base al listado de personas involucradas en el proyecto, la respuesta era binaria, es decir, simplemente aplicaba o no aplicaba para cada participante.

Liderazgo	Si existiese un problema complejo, desafío u oportunidad de mejora que requiere resolverse de forma grupal y colaborativa, ¿quiénes considera que podrían ser líderes naturales para dirigir o guiar a los equipos? ³	Sí/No
------------------	--	-------

Tabla III-2. Set de preguntas, según parámetro de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Gracias al levantamiento del estudio mediante la encuesta online, se procedió analizar cada una de las respuestas, donde cada una de éstas se convirtió en una matriz de NxN participantes, en la que cada fila contenía las respuestas de cada miembro del equipo con respecto a cada compañero, exceptuándose a sí mismos.

Las respuestas se procesaron de manera numérica, donde aquellas preguntas que se respondían de manera binaria tenían valores de 0 y 1 (Sí y No, respectivamente), mientras que a aquellas que respondían al grado de implicancia de la red, como frecuencia de interacción, grado y/o medio de comunicación, se les otorgó valores de 0 a 3, siendo, por ejemplo, 0 un nivel de escasa comunicación y 3 un nivel de alta comunicación.

Una vez ya confeccionadas las matrices de respuestas, se procesaron gracias a la utilización del software GEPHI, para poder construir de esa manera los sociogramas SNA a través del algoritmo Force-Atlas2, que simula el comportamiento de partículas cargadas eléctricamente, mediante el rechazo de nodos según su tamaño, y el uso de lazos que crea atracción (Jacomy et al., 2014). Gráficamente, cada persona representaba un nodo, y cada conexión de nodo representaba un vínculo (Cisterna et al., 2018).

Para cada red, se calcularon cuatro indicadores (Abraham, Hassanien, & Snásel, 2009):

- Grado medio relativo: número de compañeros de equipo con los que cada miembro se conectaba de manera directa, en función del tamaño del equipo. Permite medir el porcentaje de conexiones directas de un miembro promedio.
- Densidad: porcentaje de conexiones existentes sobre el número de conexiones posibles, que permite evaluar la fuerza de comunicación entre el equipo.
- Coeficiente de clustering: probabilidad de que dos miembros formen parte de un grupo que se encuentre completamente conectado dentro de la red.
- Centralidad: porcentaje de caminos más corto entre dos miembros aleatorios, que pasaron por un miembro específico. La homogeneidad de la red es representada por el promedio de este indicador.

Indicadores de Desempeño

Se recopilaban indicadores tanto de proceso como de resultado, que fueron evaluados en razón de su promedio desde el inicio del proyecto, hasta la semana 21 de trabajo para el primer caso de estudio, y semana número 19 para el segundo, tal como se muestra en la Tabla III-1. Esto, con la finalidad de evaluar el desempeño del proyecto a lo largo del tiempo.

Se recopilaban 2 indicadores base, para ambos casos de estudio:

Métricas de desempeño a recopilar		
1. Compromisos: Porcentaje de Plan Completado	PPC	Indica la capacidad de planificación en base a la confianza, permite una repetición de tareas no completadas y un análisis de la evolución general a lo largo del tiempo
2. Programa: Índice de Desempeño del Programa	SPI	Proporción entre progreso real y proyectado. - SPI > 1, avance real acumulado es mayor al avance esperado a la fecha de medición - SPI < 1, el avance real acumulado es inferior al avance presupuestado a la fecha de medición, según el programa inicial

Tabla III-3. Indicadores de desempeño de los casos de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

Además, se analizaron las Causas de No Cumplimiento (CNCs), que indicarían cuáles son las causas por las que los compromisos de avance en las tareas que se estimaron en el periodo de corto plazo no pudieron cumplirse; estas causas procedieron a analizar con la finalidad de saber cuáles fueron las CNCs más incidentes en la planificación, a lo largo del proyecto. A estas causas, se les aplica un Análisis de Varianza para saber qué cuáles son las CNCs más incidentes en la planificación.

Cada uno de estos indicadores fueron comparados entre los proyectos utilizando la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

3.4. Etapa III: Análisis de los Casos de Estudio

Al tener ya la información necesaria para la evaluación de los proyectos, se procedió a realizar un análisis entre las tres variables de estudio, con la finalidad de poder entender el posible impacto de la madurez de un proyecto en sus redes organizacionales e indicadores de desempeño. De esta manera, se realizaron tres relaciones importantes para el estudio:

- (1) Relación entre el nivel de madurez y los KPI de desempeño de proyectos, analizando cuánto cambia el desempeño de un proyecto si se aumenta su madurez, o qué dimensiones son más incidentes en el proyecto.

- (2) Relación entre las características de las redes organizacionales de los equipos de trabajo y el desempeño de proyectos, para establecer si la cohesión de las redes produjo un impacto, ya sea positivo o negativo, en el desempeño del proyecto, y qué redes se podían relacionar de acuerdo con las variables de desempeño propuestas.
- (3) Relación entre el nivel de madurez del proyecto y las características de sus redes organizacionales, buscando determinar qué redes podrían potenciar la madurez de gestión del proyecto en base a su cohesión, de manera que generen una comunicación eficaz y eficiente.

A continuación, en la Tablas III-4, se presenta el cruce de información específico entre las variables de estudio, según las relaciones que se espera levantar:

Madurez	Redes	Indicadores
Gestión del valor y pérdidas	Resolución de problemas	CNCs SPI
Estandarización	Aprendizaje Resolución de problemas Planificación	PPC
Estabilización de flujos	Resolución de problemas Planificación	PPC
Mejora continua	Interacción Feedback Aprendizaje	SPI
Comunicación y transparencia	Interacción Aprendizaje Feedback	CNCs
Trabajo en equipo	Planificación Feedback Resolución de problemas Aprendizaje Liderazgo	PPC CNCs
Desarrollo de capacidades	Feedback Resolución de problemas	SPI

Planificación	Interacción Planificación Resolución de Problemas Aprendizaje	PPC CNCs
Control basado en datos	Resolución de Problemas Aprendizaje Liderazgo	PPC CNCs
Adopción de tecnologías	Planificación Resolución de problemas Aprendizaje	SPI
Gestión del conocimiento	Planificación Feedback Resolución de problemas Aprendizaje	PPC CNCs

Tabla III-4. Cruce de información.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evaluar el impacto del sistema de planificación de Last Planner sobre el proyecto una vez que se ha recopilado la información necesaria de los indicadores, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos. De esta manera se procedió a analizar si existía alguna relación, ya sea positiva o negativa entre la madurez de un proyecto, sus redes y el desempeño; también, se buscó la revalidación de la hipótesis de que un proyecto que se caracteriza por una mayor madurez a nivel LPS va a tener un impacto positivo sobre su gestión y el desempeño del proyecto, orientándose hacia un mejoramiento continuo y una eficiente resolución de problemas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Caso de Estudio N°1

4.1.1. Madurez

A continuación, en la Tabla IV-1 se pueden apreciar los resultados de gestión de madurez del Caso de Estudio N°1:

Criterio	Dimensión	Resultado evaluación	Cumplimiento dimensión (%)	Cumplimiento criterio (%)
Gestión del valor y pérdidas	Cultura	3	75%	65%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	2	50%	
Estandarización	Cultura	3	75%	50%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	1	25%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	2	50%	
Estabilización de flujos	Cultura	2	50%	60%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	2	50%	
Mejora continua	Cultura	3	75%	65%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	3	75%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	2	50%	
Comunicación y transparencia	Cultura	2	50%	50%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	2	50%	
Trabajo en equipo	Cultura	2	50%	45%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	2	50%	

	Prácticas	2	50%	
	Estándares	1	25%	
Desarrollo de capacidades	Cultura	2	50%	55%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	2	50%	
Planificación	Cultura	2	50%	60%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	3	75%	
Control basado en datos	Cultura	2	50%	50%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	2	50%	
Adopción de tecnologías	Cultura	3	75%	55%
	Filosofía	2	50%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	2	50%	
	Estándares	2	50%	
Gestión del conocimiento	Cultura	3	75%	55%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	2	50%	
	Prácticas	1	25%	
	Estándares	2	50%	

Tabla IV-1. Gestión de Madurez, Caso de Estudio N°1.

El estudio evidenció un promedio y mediana, a nivel tanto de criterios como dimensiones de madurez, de un 55%. Esto quiere decir que el proyecto se hallaba en un nivel con tendencia a la formalización de la filosofía Lean, pero esta formalización decae notoriamente al no ser conocida por todo el equipo de trabajo, lo que, a su vez, dificulta la posibilidad de realizar auditorías de manera sistemática que fomenten una mejora continua. El gran cumplimiento de la mayoría de los criterios desde o sobre el 50%, con evidente decadencia en el trabajo en equipo, demostró el principal enfoque en la gestión de valor y pérdidas, junto con la mejora continua.

Al analizar los resultados en cuanto a las dimensiones de cada uno de los criterios, se observó un enfoque principal en la cultura y filosofía a nivel Lean Construction, mientras que procesos, prácticas y

estándares se establecieron por bajo la mediana del caso de estudio, existiendo así una alineación entre las metas del proyecto y los objetivos Lean, pero limitándose netamente a los resultados.

4.1.2. Redes Organizacionales

Para la evaluación de redes organizacionales, se tomaron en cuenta 9 departamentos: maquinaria, topografía, oficina técnica, terreno, bodega, seguridad, calidad, administración y dirección. De esta manera, resultó una evaluación de 49 personas, donde, en promedio, había 5 participantes por departamento. Tras esta evaluación, se obtuvieron los siguientes resultados:

RED	Densidad	Coef. de Clustering	Grado medio	Δ Grado	Centralidad	Excentricidad
Interacción	47%	69%	23,52	45%	62%	2,17
Planificación	23%	59%	11,43	59%	51%	2,50
Resol. de Problemas	18%	41%	8,72	65%	45%	3,15
Feedback	46%	67%	22,96	45%	65%	2,14
Aprendizaje	11%	33%	5,51	96%	38%	4,70
Liderazgo	11%	28%	5,67	119%	34%	4,86

Tabla IV-2. Indicadores de Redes Organizacionales, Caso de Estudio N°1.

Se puede observar que aquellas redes más destacables fueron las de interacción y feedback, ya que se caracterizaron por un alto promedio de interacción (densidad) y conexiones (coeficiente de clustering), además, su elevada centralidad, define que ambas redes se centran en los actores claves para el funcionamiento óptimo de Last Planner. Por su parte, las redes de planificación y resolución de problemas resultaron significativamente más débiles en estos mismos indicadores, además, su alto coeficiente de variación del grado demuestra la poca homogeneidad de redes que son fundamentales para llevar a cabo el trabajo de manera efectiva.

En cuanto a redes como Liderazgo y Aprendizaje, se observa que, el promedio de participantes por departamentos y el coeficiente de clustering es consistente con el número de departamentos estudiados.

4.1.3. Indicadores de Desempeño (KPI)

Para la medición de los indicadores de desempeño, se tomaron dos períodos de evaluación, con el período uno entre las semanas 3 y 14, y el período dos entre las semanas 15 a 25. De esta manera, se obtuvieron los resultados adjuntos a continuación.

Porcentaje de Plan Completado, PPC

En la Tabla IV-3 se puede apreciar el resultado del PPC del programa en general:

Porcentaje de Plan Completado, PPC			
Período	Promedio	Desviación	Coef. de Variación
Global	77,2%	14,6%	19,2%
Período 1: Semana 3 – 14	74,3%	16,0%	21,6%
Período 2: Semana 15 - 25	77,5%	12,8%	16,5%

Tabla IV-3. PPC, Caso de Estudio N°1.

Se observa que se presentó un promedio más bien regular, donde entre períodos tuvo una tendencia de crecimiento del 3%, demostrando una mayor confiabilidad en los compromisos pactados a lo largo del tiempo. Además, su baja variación entre períodos tanto de la desviación como su mismo coeficiente, indicaron la homogeneidad de este indicador. Sin embargo, la disminución de estos en el segundo período indicó una mayor estabilidad en el PPC dado el aumento de las tareas comprometidas, con mayor probabilidad de cumplirse.

Causas de No Cumplimiento, CNCs

Las causas de no cumplimiento se evaluaron de acuerdo a la cantidad promedio semanal que existió de CNCs, además de medir su rango de variación y el coeficiente de esta:

Causas de No Cumplimiento, CNCs			
Período	Promedio (semanal)	Variación (semanal)	Coef. de Variación
Global	3	1 a 5	53,50%
Período 1: Semana 3 - 14	3	1 a 6	70,71%
Período 2: Semana 15 - 25	5	2 a 9	63,10%

Tabla IV-4. CNCs, Caso de Estudio N°1.

Se puede observar que el segundo período de estudio contó con un mayor promedio de causas de no cumplimiento semanales, contribuyendo con el 62% de las CNCs totales. A pesar de que en este período se redujera la variabilidad de las causas, fue la etapa donde menos se cumplieron las tareas comprometidas durante el periodo de corto plazo, ya que, en promedio, hubo 5 CNCs semanales, que tuvieron un rango de variación de 2 a 9.

Además, fue importante analizar la incidencia de estas causas, donde se descubrió que el 48% de las CNCs fueron debido a problemas por parte de la misma empresa.

Índice de Desempeño del Programa, SPI

A continuación, se presenta la gráfica correspondiente al SPI del programa, en función de la línea base del proyecto en la semana 25 de estudio:

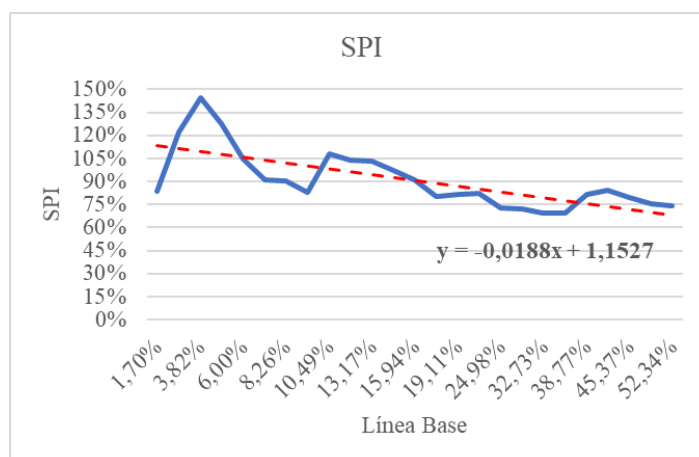


Figura IV-1. Evolución de SPI, Caso de Estudio N°2.

A partir de la Figura IV-1, se puede observar que, al 52,34% de avance del proyecto, que correspondía a la semana 25 (última semana de evaluación) se presentó un Índice de Desempeño del Programa de 74%, indicando así un deficiente cumplimiento del programa a la fecha, además de observar una clara tendencia a la baja de 1,8%.

Las medidas de dispersión evaluadas, correspondientes a la desviación estándar y coeficiente de variación, presentaban valores demasiado elevados, de 18,8% y 20,9%, respectivamente, lo que significaba que el avance acumulado del proyecto difícilmente se asociaba a la estrategia inicial planeada.

4.1.4. Análisis del Caso de Estudio N°1

Al realizar el cruce de información entre la gestión de madurez, incluyendo los criterios y dimensiones, se pudo observar la incidencia de estos aspectos en sus redes de interacción e indicadores de desempeño. Por ejemplo, la baja evaluación de trabajo en equipo, junto con la estandarización, enfocado a las dimensiones de prácticas y estándares, demostró una baja resolución de problemas y planificación, lo que afectaba directamente al cumplimiento de restricciones del proyecto. Otro aspecto importante a destacar, fue la falta de aprendizaje en base a los datos históricos del proyecto junto con la baja capacidad de resolución de problemas, lo que desencadenaba que las causas de no cumplimiento fueran reiterativas en el tiempo, y de esta

manera, existiera poca liberación de las restricciones semanales; esto, se daba principalmente por la baja madurez en los criterios de control basado en datos junto con comunicación y transparencia.

Entre los aspectos positivos, como el buen desempeño del PPC, se observó la consistencia de redes como interacción y feedback, que representaban una buena comunicación que fomentaban el cumplimiento de los compromisos de avance semanales. Esto, era concordante con criterios tales como gestión de valor y pérdidas, y mejora continua, además de las dimensiones de cultura y filosofía, ya que se demostró la alineación entre las metas del proyecto y los objetivos Lean, además del fomento de las instancias de planificación, control y mejoramiento.

Finalmente, la red de liderazgo, que reflejaba un liderazgo fuerte y representativo dentro del equipo de trabajo, determinó que estos actores eran quienes tenían la capacidad de comprometer las actividades con un alto porcentaje de cumplimiento, lo que se condice con el buen desempeño de los criterios de planificación y control de flujos.

4.2. Caso de Estudio N°2

4.2.1. Madurez

En la Tabla IV-2 se muestran los resultados obtenidos para el Caso de Estudio N°2, sobre la gestión de madurez del proyecto:

Criterio	Dimensión	Resultado evaluación	Cumplimiento dimensión (%)	Cumplimiento criterio (%)
Gestión del valor y pérdidas	Cultura	2	50%	75%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	4	100%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	3	75%	
Estandarización	Cultura	3	63%	75%
	Filosofía	3	63%	
	Procesos	3	75%	
	Prácticas	4	100%	
	Estándares	3	75%	
Estabilización de flujos	Cultura	3	63%	65%
	Filosofía	3	63%	
	Procesos	3	63%	

	Prácticas	3	63%	
	Estándares	3	75%	
Mejora continua	Cultura	4	88%	73%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	3	63%	
	Prácticas	3	63%	
	Estándares	3	75%	
Comunicación y transparencia	Cultura	4	88%	78%
	Filosofía	4	88%	
	Procesos	4	88%	
	Prácticas	3	63%	
	Estándares	3	63%	
Trabajo en equipo	Cultura	4	88%	73%
	Filosofía	3	63%	
	Procesos	4	88%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	2	50%	
Desarrollo de capacidades	Cultura	3	75%	65%
	Filosofía	3	63%	
	Procesos	3	75%	
	Prácticas	3	63%	
	Estándares	2	50%	
Planificación	Cultura	4	88%	80%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	4	88%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	3	75%	
Control basado en datos	Cultura	3	75%	80%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	4	88%	
	Prácticas	4	88%	
	Estándares	3	75%	
Adopción de tecnologías	Cultura	4	88%	80%
	Filosofía	3	75%	
	Procesos	4	100%	
	Prácticas	3	75%	
	Estándares	3	63%	
Gestión del conocimiento	Cultura	4	88%	85%
	Filosofía	4	100%	
	Procesos	3	75%	

	Prácticas	3	75%	
	Estándares	4	88%	

Tabla IV-5. Gestión de Madurez, Caso de Estudio N°2.

El Caso de Estudio N°2 presentó un promedio y una mediana de un 76% en los criterios de madurez, lo que significó que 7 de los criterios se hallaban en un nivel formalizado y eran conocidos por gran parte del equipo de trabajo, pero carecían de auditorías sistemáticas orientadas hacia una mejora continua. El decaimiento de la estabilización de flujos y desarrollo de capacidades, notoriamente bajo la media, demuestran la falta de capacidad de control del flujo de producción.

En cuanto a las dimensiones de madurez, se presentó un promedio de 75% y una mediana de 74%, donde solo “Estándares” se hallaba bajo este rango, lo que evidenció que, si bien se capturaban indicadores de manera sistemática, la mayoría de estos indicadores se orientaban a los resultados, más que a los procesos.

4.2.2. Redes Organizacionales

Se evaluó un total de 26 participantes, distribuidos en 8 departamentos: terreno, programación y control, subcontrato, oficina técnica, recursos humanos, calidad, bodega y administración; donde el departamento de terreno contribuía cerca del 30% de los participantes en estudio. A partir de esto, se presentaron los siguientes resultados:

RED	Densidad	Coef. de Clustering	Grado medio	Δ Grado	Centralidad	Excentricidad
Interacción	73%	72%	17,48	23%	79%	2,12
Planificación	43%	51%	10,36	52%	62%	2,56
Resol. de Problemas	36%	51%	8,68	60%	56%	2,60
Feedback	73%	72%	17,48	23%	79%	2,12
Aprendizaje	30%	46%	7,08	74%	57%	2,84
Liderazgo	35%	54%	8,48	64%	61%	2,52

Tabla IV-6. Indicadores de Redes Organizacionales, Caso de Estudio N°2.

Las redes más consolidadas fueron las de Interacción y Feedback, que presentan iguales indicadores de densidades y coeficiente de clustering, demostrando una buena conexión entre los participantes

ya sea de un mismo departamento o no. A su vez, esto indica que, como mínimo la red se conecta con un integrante de cada uno de los departamentos. Además, la consistencia de ambas redes indicó que la interacción del personal se basaba en la retroalimentación constante, de manera semanal.

El indicador referente al promedio de interacciones (densidad) decae considerablemente para las redes de resolución de problemas, liderazgo y aprendizaje, destacándose esta última como la más débil del set de redes, evidenciando así la dificultad de aprendizaje tanto entre los diferentes departamentos, como entre los integrantes de un mismo departamento.

4.2.3. Indicadores de Desempeño (KPI)

La distribución de períodos para la medición de los indicadores fue en un primer período desde las semanas 1 a la 9, y en un segundo período desde las semanas 10 a la 18.

Porcentaje de Plan Completado, PPC

Para el Caso de Estudio N°2, se presentó el siguiente desempeño de PPC:

Porcentaje de Plan Completado, PPC			
Período	Promedio	Desviación	Coef. de Variación
Global	56,4%	17,6%	31,3%
Semana 1 - 9	60,8%	18,5%	30,4%
Semana 10 - 18	52,1%	15,6%	30,0%

Tabla IV-7. PPC, Caso de Estudio N°2.

Tal como se aprecia en la Tabla IV-6, en el segundo período, el promedio disminuyó considerablemente en más de un 8%, siendo este período el que contribuyó a un peor desempeño del indicador, a pesar de que se presentara una desviación menor.

De manera general, se puede apreciar la poca homogeneidad del indicador a lo largo del proyecto, debido a su elevado coeficiente de variación. Esto, se destacó en ambos períodos de estudio, caracterizando así la dificultad de cumplimiento de los compromisos en general.

Causas de No Cumplimiento, CNCs

El análisis de las causas de no cumplimiento arrojó una positiva tendencia a la baja de 15,2% durante el período de estudio. Se pueden observar los siguientes resultados:

Causas de No Cumplimiento, CNCs			
Período	Promedio (semanal)	Variación (semanal)	Coef. de Variación
Global	10	5 a 15	52,30%
Período 1: Semana 3 - 14	11	5 a 18	58,34%
Período 2: Semana 15 - 25	8	5 a 11	34,52%

Tabla IV-8. CNCs, Caso de Estudio N°2.

Como se mencionó anteriormente, la Tabla IV-8, refleja la clara tendencia a la baja de las causas de no cumplimiento, ya que el promedio semanal desde el período 1 al período 2, tuvo en decaimiento de 11 a 8 causas promedio; además, su variación fue rotundamente menor, lo que produjo una mayor estabilidad de los compromisos pactados dentro del proyecto, sin embargo, se observa que el promedio seguía siendo demasiado elevado.

Por otra parte, cabe destacar que cerca de la mitad de las CNCs fueron motivo de la misma empresa constructora (51%), seguidos en segundo lugar por problemáticas de subcontrato (25%).

Índice de Desempeño del Programa, SPI

Al evaluar el desempeño del programa hasta su semana número 18 de estudio, se presentaba un avance acumulado de 52,71%. Hasta ese período, se presentó la siguiente secuencia de SPI:

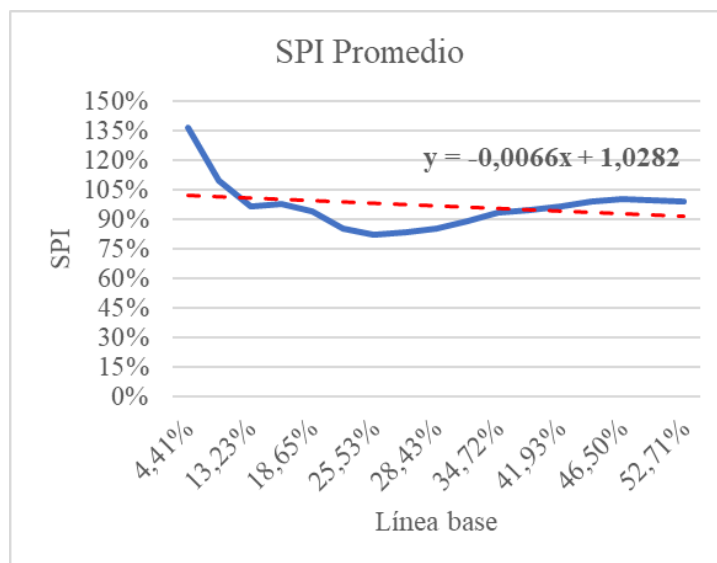


Figura IV-2. Evaluación de SPI, Caso de Estudio N°2.

Tal como se observa en la Figura IV-2, el SPI presentó una pequeña tendencia a la baja de 0,6% a lo largo del período de estudio.

En su última semana de evaluación, cuando se presentaba un 52,71% del avance acumulado esperado según la planificación inicial, se presentó un Indicador de Desempeño del proyecto del 99%, lo que indicaba que el porcentaje de cumplimiento del programa resultaba ser eficiente. Esto, además, se pudo corroborar ya que la desviación estándar y el coeficiente de variación resultaron ser regulares a lo largo del proyecto, siendo de 12% y 13% respectivamente, indicando así que el avance acumulado del proyecto se asociaba a la estrategia inicial del proyecto.

4.2.4. Análisis del Caso de Estudio N°2

Los criterios menos destacables en la gestión de madurez fueron la estabilización de flujos y el desarrollo de capacidades, que indicó la falta de auditorías hacia los procesos con tal de promover una mejora continua; la falta de estandarización ante estas posibles auditorías se reflejó en una baja red de resolución de problemas, ya que no existía una captura sistemática de los indicadores de procesos, y producía una dificultad ante el cumplimiento de los compromisos y una repetición constante de las causas de no cumplimiento internas.

Las dimensiones de gestión de madurez de filosofía y prácticas, junto con los criterios de mejora continua, estandarización, trabajo en equipo, gestión de valor y pérdidas, demostraron la falta de estandarización de los procesos en base al control de datos, que, a su vez, se reflejaba en una dificultad de aprendizaje (red débil).

En cuanto a los aspectos positivos, se halló que la gestión del conocimiento junto con la dimensión de madurez representó que la organización contaba con un foco claro en cuanto a los objetivos Lean, es decir, fomentaban constantemente la mejora continua, y de esta manera, se desarrollaron buenas redes de retroalimentación, en base a un registro constante de las causas de no cumplimiento, que, al analizar correcta y constantemente, generaba un desempeño favorable del proyecto.

Finalmente, tal como se mencionó anteriormente, el equipo se basaba constantemente en la filosofía Lean de mejoramiento continuo, a través de métodos y técnicas efectivas, lo que se reflejó en los criterios de madurez de planificación, control basado en datos y adopción de tecnologías; sin embargo, la falta de involucramiento del equipo completo de trabajo desencadenaba que esta retroalimentación fuera efectiva solo en un período de corto plazo.

4.3. Discusión

Se pudo observar en la gestión de madurez, que ambos proyectos implementaron una planificación orientada hacia el mediano plazo, es decir, preparaban la base para el trabajo ajustándose a la capacidad de ejecución en base al control en el flujo de trabajo, una planificación basada en los compromisos de corto plazo, recopilación de las causas de no cumplimiento y reuniones sistemáticas semanales, junto con las acciones correctivas gracias al apoyo de softwares basados en Last Planner. Sin embargo, tal como se puede apreciar en la Figura IV-3, el caso de estudio N°2 presentó mejor evaluación tanto para los criterios como las dimensiones de madurez.

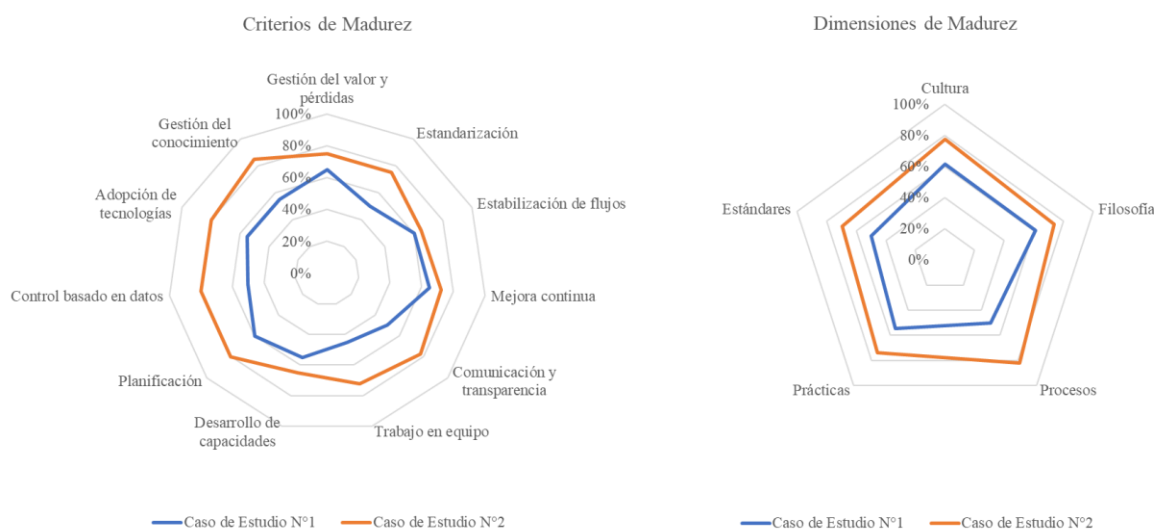


Figura IV-3. Resultados de la Gestión de Madurez.

Una de las mayores diferencias entre ambos casos de estudio, a nivel de las dimensiones de madurez, fue que el segundo caso de estudio presentó procesos más formalizados, además de ser conocidos y constantemente auditables en la mayoría de los aspectos. Por su parte, el primer caso de estudio contó con criterios no tan conocidos por todos sus participantes, ni mucho menos, auditados de manera periódica para fomentar una mejora continua, tal como se dio en los criterios de planificación y gestión del conocimiento. Este último criterio fue el más diferenciable en entre ambos casos de estudio, junto con la adopción de tecnologías.

Para el estudio de las SNA, tal como se mostró anteriormente en las Tablas IV-2 y IV-6, ambos proyectos presentaron similitudes en sus redes, donde se destacó más fuertemente las redes de interacción y feedback, siguiendo con la red de resolución de problemas y finalmente, decayendo considerablemente en las redes de aprendizaje y liderazgo. Además, para la mayoría de las redes el coeficiente de clustering destacó por sobre a densidad, lo que indicó que a pesar de que existiera buena comunicación entre los participantes, no necesariamente esta se daba de manera directa.

Cabe destacar la diferencia entre el número de participantes a evaluar en cada caso de estudio, ya que es menos probable que un grupo de mayores integrantes tenga conexiones directas entre sus participantes (Abraham et al., 2009). Por esta razón, es que se normalizaron los resultados en función de la red global de interacción, ya que, como se mencionó anteriormente, ésta sirvió de filtro para el resto de las redes; de esta manera, los resultados globales de cada red se dividieron sobre los resultados generales de interacción, obteniendo así, resultados comparables:

RED	Caso de Estudio N°1				Caso de Estudio N°2			
	Densidad	Coef. de Clustering	Grado medio	Centralidad	Densidad	Coef. de Clustering	Grado medio	Centralidad
Planificación	49%	86%	48%	82%	59%	70%	59%	78%
Resol. de Problemas	38%	59%	37%	73%	49%	70%	50%	71%
Feedback	98%	97%	98%	105%	100%	100%	100%	100%
Aprendizaje	23%	48%	24%	61%	41%	63%	40%	72%
Liderazgo	23%	41%	24%	55%	48%	74%	49%	77%

Tabla IV-9. Normalización de los resultados de las redes SNA.

Según lo que se puede apreciar en la Tabla IV-9, una vez normalizados los resultados, el caso de estudio N°2 presentó mejores resultados para las redes de planificación, resolución de problemas, aprendizaje y liderazgo. Solo se presentaron valores más elevados para el caso de estudio N°1 en la red de planificación al medir sus conexiones (coeficiente de clustering) y en la homogeneidad (centralidad) de las redes de planificación, resolución de problemas y feedback.

Se pudo identificar una diferencia significativa en el enfoque de gestión de los proyectos, ya que el primer caso de estudio centró su toma de decisiones para la planificación en base a la administración del proyecto, y luego, en los últimos planificadores (departamento de terreno) para que validaran dicha planificación y establecieran los compromisos. Por su parte, el segundo caso de estudio centraba su planificación en base a la información otorgada por parte de los últimos planificadores, siendo estos quienes manejaban la actualización del Lookahead. Esto, se puede corroborar en la Figura IV-4, que refleja la representación gráfica de la red de planificación de cada uno de los casos de estudio.

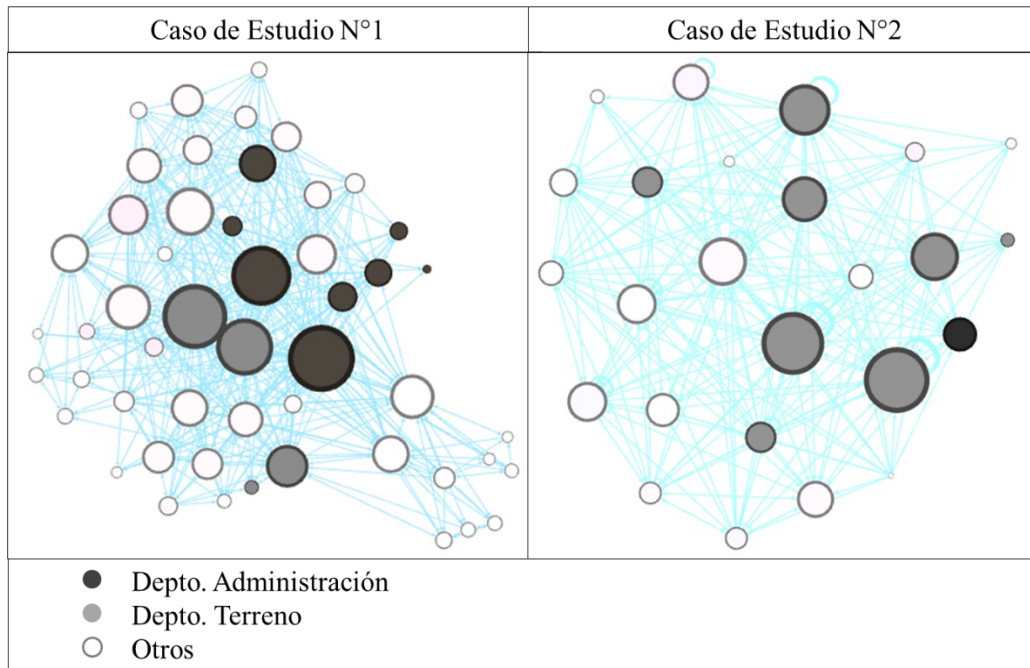


Figura IV-4. Redes de Planificación.

Se observa que, para el primer caso de estudio, los departamentos de administración y terreno ocupan principalmente el centro de la red, y presentan un grado de nodo significativamente mayor al resto de los departamentos; sin embargo, en el segundo caso de estudio, no se presentó un centro definido, ya que, a pesar de que el departamento de terreno presentara un mayor grado de nodos, éstos no se hallaban en el centro de la red. Dichas características se pueden observar de manera muy similar para la red de liderazgo de cada uno de los casos de estudio:

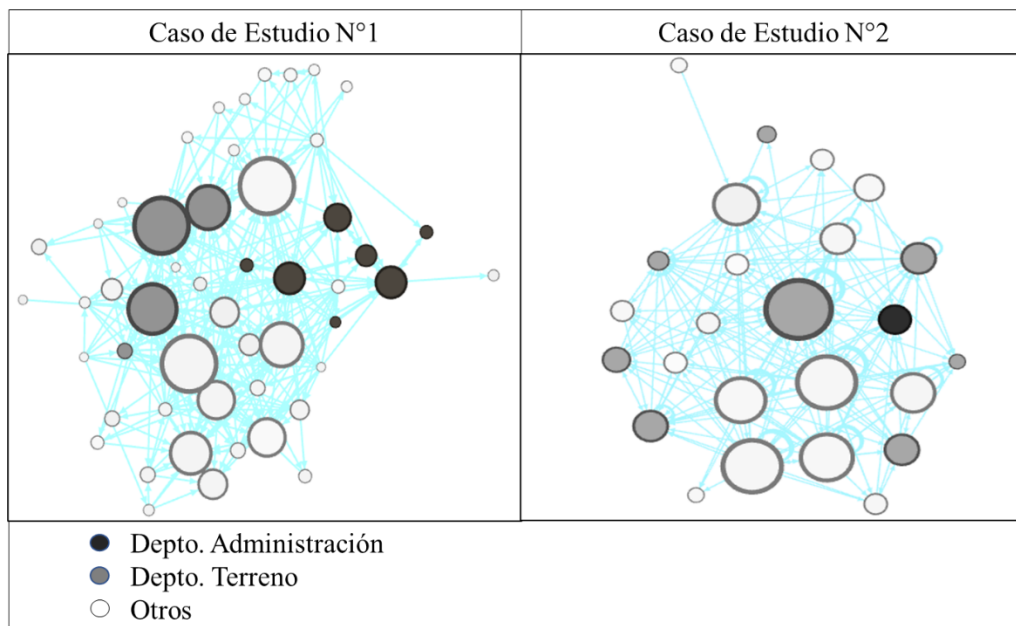


Figura IV-5. Redes de Liderazgo.

Mediante la Figura IV-5 se puede apreciar que en el caso de estudio N°1, los departamentos de administración y terreno siguen siendo los principales de la red y encontrándose fundamentalmente en su centro. Igualmente, para el caso de estudio N°2, si bien presenta mayor dispersión del departamento de terreno, sigue teniendo al menos un actor clave que fomente el liderazgo de los últimos planificadores del proyecto, además de una red más homogénea, que permita una mejor comunicación entre cada uno de sus participantes.

Otra red que indicó similitudes entre los proyectos fue la red de feedback, ya que se puede observar que existía mayor similitud en el tamaño de los nodos de cada una de las redes, por tanto, muchos actores recibían casi la misma retroalimentación. Además, sus parámetros de coeficiente de clustering y densidad, en ambos casos por sobre las redes de planificación y resolución de problemas, indicaban una planificación orientada hacia el corto plazo, con enfoque en acciones correctivas.

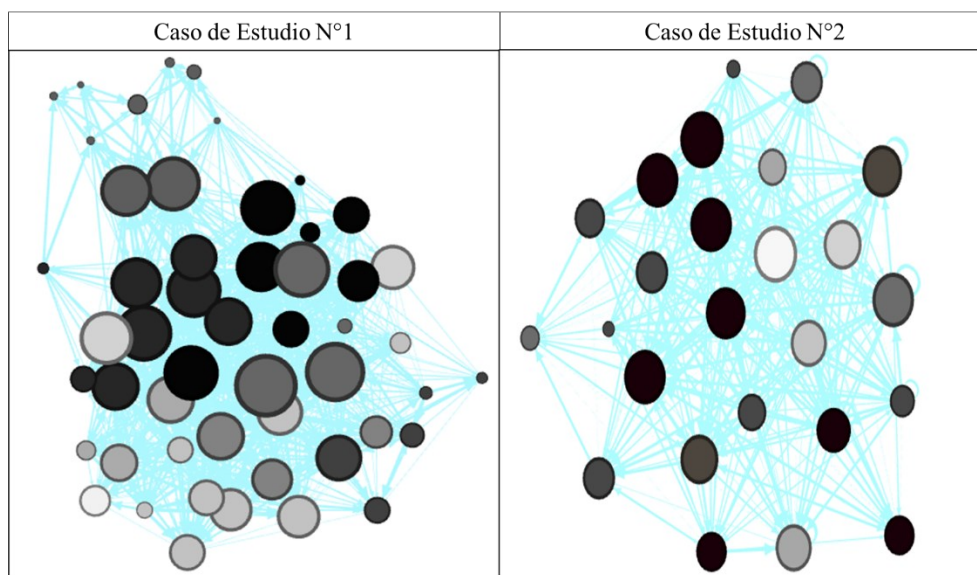


Figura IV-6. Red de Feedback.

En cuanto a las redes de aprendizaje, se presentaron diferencias significativas entre ambos casos de estudio. A pesar de que el Caso de Estudio N°1 presentaba menores parámetros de densidad, grado medio y centralidad, se puede observar de manera gráfica (Figura IV-6) que al menos presenta actores claves en el centro de su red, no así el Caso de Estudio N°2, que si bien presentó mejores parámetros en comparación con el primer caso, ésta carecía de al menos un actor clave en el centro de la red, sin embargo, la conexión entre los participantes era superior y otorgaba un aprendizaje más equitativo entre todos los departamentos.

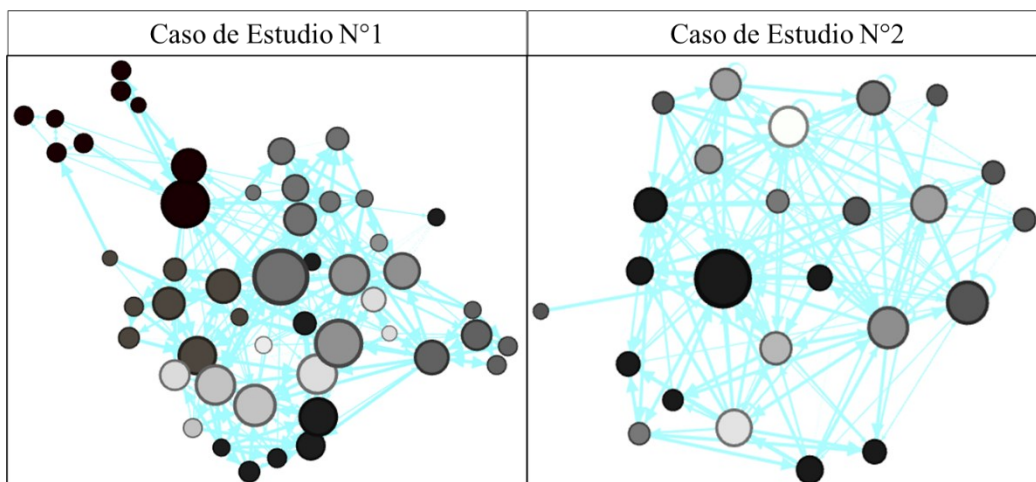


Figura IV-7. Redes de Aprendizaje.

Para la red de resolución de problemas, tampoco fue necesario analizar su comportamiento no a nivel de departamentos, sino a nivel de indicadores de la red. La Tabla IV-9 demuestra que, a pesar de que ambas redes posean buena comunicación entre cada uno de sus nodos, sus bajas densidades determinaban una baja eficiencia de comunicación, y con ello, decae el análisis de los problemas con propuestas de mejora.

Gráficamente, como se muestra en la Figura IV-8, y junto con la Tabla IV-9, se observó que, al poseer una alta centralidad de red, pero variada en cada uno de sus departamentos, ambos proyectos carecían de actores claves que permitieran una resolución efectiva de los problemas.

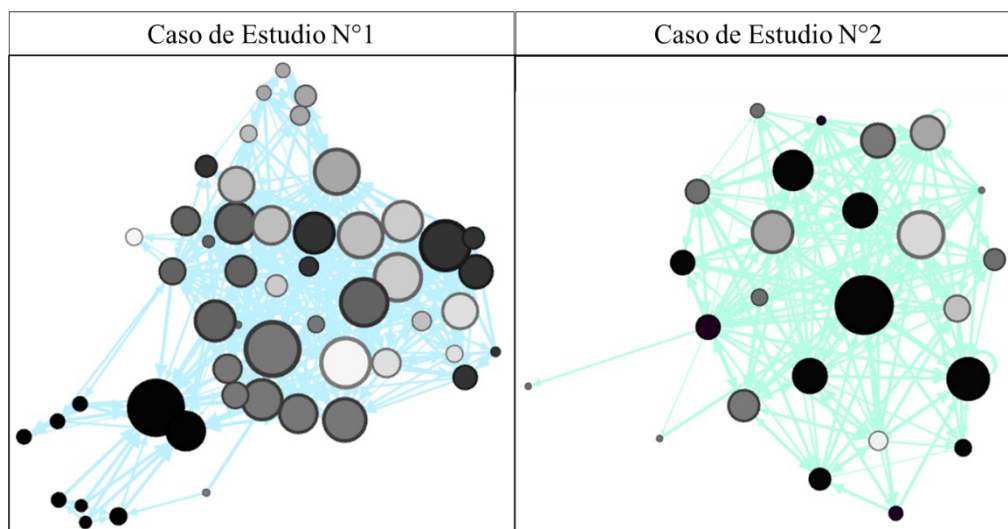


Figura IV-8. Redes de Resolución de problemas.

En cuanto a los indicadores de desempeño, se observó que el porcentaje que causas de no cumplimientos internas fue similar en ambos proyectos, y no demostró mayores diferencias significativas, sin embargo, el caso de estudio N°1 presentó mayor coeficiente de variación para éstas. Si bien, no se capturaron métricas referenciales a la planificación y preparación del trabajo, como el PCR, la evaluación colaborativa de la adopción de Last Planner y sus resultados de rendimiento, fueron capaces de indicar una diferencia significativa en los alcances de planificación de los proyectos; mientras que el primer caso de estudio se centró en seguir el cronograma inicial evitando variaciones y centrando sus acciones correctivas en el aseguramiento de las condiciones de trabajo, enfocándose así en los cumplimientos en un corto plazo, con el fin de mejorar continuamente su PPC; el segundo caso de estudio se centró en la actualización continua del Lookahead plan, con la finalidad de garantizar el progreso de manera semanal mediante la acumulación de tareas viables del mediano plazo que permitieran mayor flexibilidad, incluso si eso implicaba el abandono de otros compromisos, debido al cambio en las prioridades.

En base a las causas no cumplimiento, el primer caso de estudio se destacó por presentar problemas principales en el “cambio de prioridades”, “otros” (referido principalmente a condiciones climáticas incontrolables) y “la mala estimación de rendimiento”; por su parte, el caso de estudio N°2 presentaba mayores causas en la “falta de cancha”, seguido por “mala planificación o coordinación”, seguido por “falta de mano de obra”.

Por tanto, el primer caso de estudio resultó ser reactivo, dado que centró su planificación en una actualización constante de los recursos para garantizar el cumplimiento del programa realizando los mínimos cambios (Samudio, Costa, & Alves, 2012); mientras que el segundo caso de estudio resultó más proactivo, ya que se basó principalmente en la actualización continua de la planificación, con la finalidad de garantizar a largo plazo el cumplimiento del cronograma (Hamzeh et al., 2008).

Finalmente, gracias a estos parámetros de estudio, se pudo observar algunas diferencias significativas. Primeramente, el caso de estudio N°1 implementaba una gestión de proyectos más tradicional, orientándose más a los resultados que a los resultados (MBR), lo que se representó por sus bajos niveles de adopción de Last Planner en las dimensiones de procesos y estándares, además, presentaban un enfoque de seguir con el plan inicial de proyecto, asumiendo los cambios mínimos. Esta situación se contrastaba con el segundo caso de estudio, ya que este se enfocaba más bien en los procesos naturales, es decir, se acercaba más a un enfoque de gestión por medios (MBM), lo que se demostró con el uso continuo de Last Planner para impulsar las acciones correctivas, destacando

significativamente los criterios de estabilización de flujos, planificación, control orientado a procesos y gestión del conocimiento.

Otro aspecto destacable fue que el primer caso de estudio centraba la mayoría de sus responsabilidades de gestión en sus equipos administrativos, lo que se demostró en el análisis de sus redes organizacionales. Por su parte, el segundo caso de estudio presentó una responsabilidad compartida entre los ingenieros, supervisores y últimos planificadores, lo que plasmaba redes más densas y homogéneas, medidas por su grado, densidad, clustering y centralidad. Esto, también fue confirmado gracias al análisis de la gestión de madurez, donde se presentó diferencia significativa en las métricas de trabajo en equipo y comunicación. Investigadores han señalado que incluir la planificación, control y toma de decisiones en el liderazgo de altos niveles, conducen a una menor participación de los últimos planificadores, impidiendo que sean ellos quienes propagan las oportunidades alternativas basadas en el trabajo pendiente (Mcconaughy & Shirkey, 2013).

A pesar de que ambos proyectos utilizaban un software de soporte de LPS, el primer caso de estudio lo utilizó principalmente como una herramienta de registro y control, mientras que el segundo caso de estudio, lo utilizó como una herramienta de planificación colaborativa.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

El análisis empírico de los proyectos, a través de la observación de fenómenos naturales, permitió relacionar el nivel de madurez de gestión, sus métricas de redes organizacionales e indicadores de desempeño, entendiendo de mejor manera qué elementos de Last Planner son claves para mejorar la cohesión, colaboración y comunicación en los equipos de trabajo, enfocándose también en aquellos aspectos que se dejaban de lado en estudios anteriores como lo son procesos, prácticas y estándares propios de la metodología de planificación de LPS (Howell, 1999; Paulk et al., 1993; Diekmann et al., 2003).

En cuanto a la madurez de gestión de los proyectos, se pudo observar que el segundo caso de estudio se encontraba considerablemente mejor evaluado, presentado procesos más formalizados, conocidos y auditables por gran parte del equipo, lo radicaba en la utilización de softwares complementarios de LPS como herramienta de ayuda para una planificación colaborativa. A diferencia del primer caso de estudio, donde su enfoque radicó principalmente en metas de resultados, con la utilización de softwares como herramientas de registro y control.

Por su parte, a nivel de dimensiones de madurez evaluadas, a pesar de que el Caso de Estudio N°1 seguía presentando un promedio inferior respecto al Caso de Estudio N°2, ambos coincidieron en representar una planificación en base a los compromisos de corto plazo y recopilación sistemática de las causas de no cumplimiento para proceder a evaluarlas en sus reuniones semanales.

El análisis de las redes organizacionales identificó diferencias significativas en el enfoque de la gestión de los proyectos, ya que mientras el primer caso de estudio se centró en el equipo administrativo para el manejo del cumplimiento de tareas semanales, el segundo caso de estudio dio prioridad a que los últimos planificadores fueran quienes establecieran los compromisos según lo dispuesto en terreno, siendo ellos quienes manejaban la actualización del plan de mediano plazo.

Referente a los KPI, se observaron diferencias en el alcance de la planificación de los proyectos, donde el Caso de Estudio N°1 se centraba en el cronograma presentado inicialmente, evitando variaciones para ir mejorando continuamente el PPC, y el Caso de Estudio N°2 contaba con una actualización constante de programa que permitiera un mejor cumplimiento del SPI gracias a mayor flexibilidad de las tareas que eran realmente viables. Esto significó que el primer caso de estudio resultara tener una planificación más reactiva dado que se encargaba de preparar tareas en base a la actualización de recursos; en tanto, el segundo caso de estudio resultó ser más proactivo ya que se anticipó constantemente a los posibles problemas, generando mayores cambios en la planificación

inicial y logrando beneficios característicos de Last Planner que el primer caso de estudio no logró alcanzar.

De manera general, el Caso de Estudio N°1 representó un enfoque cercano a la gestión por resultados (MBR), lo que se reflejaba en sus redes menos conectadas y lideradas por el equipo administrativo, junto con el menor nivel de adopción de Last Planner. En cambio, el Caso de Estudio N°2 se asimilaba a un enfoque de gestión por medios (MBM) dado su mayor nivel de madurez, con presencia de aspectos claves de LPS, como lo son la estabilización del flujo de trabajo, una planificación sistemática, el control de trabajo orientado a los procesos y no solo los resultados, el trabajo en equipo y la comunicación, liderando así la participación de los últimos planificadores.

Finalmente, a pesar de que la investigación no capturó métricas de procesos, permitió enfatizar la relevancia de la planificación prospectiva, la gestión de recursos viables y la planificación continua en estrecha colaboración con los últimos panificadores, con la finalidad de mejorar el rendimiento y los resultados del proyecto.

REFERENCIAS

- Abraham, A., Hassanien, A., & Snásel, V. (2009). *Computational social network analysis: trends, tools and research advances*. Springer Science & Business Media.
- Alarcón et al. (Abril de 2008). Assessing the impacts of implementing lean construction. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 23(1), 26-33. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732008000100003>
- Alarcón et al. (2013). Social Network Analysis a Diagnostic Tool for Information Flow in the AEC Industry. *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 21, págs. 974-956. Fortaleza. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Alarcón et al. (2014). Improving Connectivity and Information Flow in Lean Organizations - Towards an Evidence-Based Methodology. *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 1109-1120). Oslo. Obtenido de <https://www.iglc.net/Papers/Details/1025>
- Alarcón, L. (2007). *Lean Construction*. (L. Alarcón, Ed.) New York, USA: Taylor & Francis.
- Alarcón, L. F., Rodríguez, A., & Pellicer, E. (Febrero de 2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 1(3518). Obtenido de <https://www.researchgate.net/>
- Alarcón, L.F. (2015). *Lean Construction: Conceptos y Herramientas [Diapositiva]*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Alarcón, Salvatierra & Letelier. (2014). Using Last Planner indicators to identify early signs of project performance. *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 22. Oslo. Obtenido de <https://gepuc.cl/>
- Alshubbak et al. (2015). A model for identifying owner's needs in the building life cycle. *Journal of Civil Engineering and Management*(21), 1046-1060.
- Arbulu, A., Koerckel, A., & España, F. (2005). Linking Production-Level Workflow With Materials Supply. *13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13, págs. 199-206. Sydney. Obtenido de <https://iglc.net/>
- Ballard et al. (1996). Beyond Partnering: Toward a new approach to project management? *4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

- Ballard et al. (15 de Mayo de 2017). The Last Planner System and collaborative planning practice in UK construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(3). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-07-2015-0109>
- Ballard, G. & Howell, G. (2003). An Update on Last Planner. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 11. Virginia. Obtenido de <https://iglc.net/Papers>
- Ballard, G., & Howell, G. (1994). Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow. *2nd Annual Conference on Lean Construction*, 2. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237612849_Implementing_Lean_Construction_Stabilizing_Work_Flow
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). An Update on Last Planner. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1-10. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Ballard, H. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Tesis doctoral.
- Botero, L. F., & Hoyos, M. F. (Enero-Junio de 2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 188-214. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>
- Botero, L., & Álvarez, M. (2005). Last Planner, un avance en planificación y control de proyectos de Contrucción. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 17(17), 148-159. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201708.pdf>
- Brioso, X., & Cruzado-Ramos, F. (2020). Model of Evaluation of Sustainability Performance in Building Projects Integrating Lean, Through the Delphi Method. *28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 793-804). Barkeley. doi:10.24928/2020/0039
- Campero, M., & Alarcón, L. F. (2008). *Administración de Proyectos Civiles* (Tercera ed.). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Castillo, T., Alarcón, L., & Saalvatierra, J. (2018). Effects of Last Planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Castillo, T., Alarcón, L., & Salvatierra, J. (2016). Last Planner System, social networks and performance of construction projects. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 24, págs. 43-52. Boston. Obtenido de www.iglc.net

- Castillo, T.; Alarcón, L.F.; Salvatierra, J.L.; Alarcón, D. (Julio de 2015). Analyzing the interrelation between management practices, organizational characteristics and performance indicator for construction companies. En O. Seppänen, V. González, & P. Arroyo (Ed.), *Global Problems - Global Solutions*. 23, págs. 691-700. Perth: IGLC 2015 Organizing Committee. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Castro, J. M., & Pajares, J. (2014). *Propuesta e Implementación de sectorización u trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de ciencias masivas*. Tesis pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/>
- Chua et al. (1999). Integrated Production Scheduler for Construction Look-Ahead Planning. *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 7, págs. 287-298. California. Obtenido de <https://www.iglc.net/Papers>
- Cisterna, D., Heyl, J., Alarcón, D., Herrera, R., & Alarcón, L. (2018). Application of social network analysis in lean and infrastructure projects. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai. Retrieved from <https://www.iglc.net/>
- Cisternas, D. (2013). *Desarrollo y evaluación de indicadores de control para implementación en software de planificación y control de proyectos basado en metodología Last Planner*. Tesis pregrado, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114005>
- Dave et al. (2015). Exploring the Recurrent Problems in the Last Planner. *Proceedings of the Indian Lean Construction Conference (ILCC 2015)*, (pág. 9). Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Delgado, E. (2007). *Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (Lean Construction)*. Tesis Pregrado, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Bucaramanga. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124188.pdf>
- Díaz et al. (Santiago de 2019). Integration between the Last Planner System and the quality management system applied in the civil construction sector. *Revista Ingeniería en Construcción*, 34(2), 146-158. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200146>
- Díaz, D. (2007). *Aplicación del sistema de planificación 'Last planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*. Tesis pregrado, Universidad de Chile,

Departamento de Ingeniería Civil, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104607>

- Diekmann, J., Balonick, J., Krewedl, M., & Troendle, L. (2003). Measuring Lean Conformance. *11th Ann. Conf. Intl. Group for Lean Construction*, 102, págs. 2-8.
- Eadie, R., Perera, S., & Heaney, G. (2011). Key process area mapping in the production of an e-capability maturity model for UK construction organisations. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 197-209.
- España, F., Tsao, C. C., & Hauser, M. (2012). Driving Continuous Improvement by Developing and Leveraging Lean Key Performance Indicators. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 20, págs. 18-20. San Diego. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Espinosa, B. (2014). *Factores que afectan la productividad en la construcción de un edificio en el centro cívico de Santiago*. Tesis pregrado, Universidad Andres Bello, Departamento de Obras Civiles, Santiago.
- Fernández, R., Hernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México: McGrawHi. Obtenido de <https://institutoprofesionalmr.org/wp-content/uploads/2018/04/Hern%C3%A1ndez-Fern%C3%A1ndez-Baptista-2010-Metodologia-de-la-Investigacion-5ta-edicion.pdf>
- Fernandez-Solis et al. (2018). *Do Management Practices Impact Cost and Schedule Indicators? Comparative of Case Studies*. Construction Science. Faculty Publications. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1969.1/166263>
- Fernández-Solís, J. (2008). The systemic nature of the construction industry. *Architectural Engineering and Design Management*, 4(1), 31-46. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Fernandez-Solis-2/publication/233642001_The_systemic_nature_of_the_construction_industry/
- Fillao, C., & Revelo, P. (2002). Applying the Last Planner Control System to a Construction Project - A Case Study in Quito, Ecuador. *10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 10. Gramado. Obtenido de <https://iglc.net/Papers/>
- Flores, J., Ruiz, J., Alarcón, D., Alarcón, L., Salvatierra, J., & Alarcón, I. (2014). Improving Connectivity and Information Flow in Lean Organizations: Towards an Evidence-Based.

- 22th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. 25-27). Retrieved from <https://www.iglc.net/>
- Formoso, C., & Moura, C. (2009). Evaluation of the impact of the Last Planner System on the performance of construction projects. *Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 153-164). Taipei.
- Gambatese, J., Pestana, C., & Lee, H. W. (Julio de 2017). Alignment between Lean Principles and Practices and Worker Safety Behavior. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7). Obtenido de [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001209](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001209)
- González et al. (2006). Design of Work in Process Buffers in Repetitive Building Projects: A Case Study. *14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 14, págs. 165-176. Santiago. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Gonzalez, A. (2012). *Propuesta de implementación del sistema Last Planner con el apoyo de modelación 4D para la obra gruesa de edificaciones*. Tesis pregrado, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago. Obtenido de https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/12/Gonzalez_Andrea2012.pdf
- González, J., & Pazmiño, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Social Science Open Access Repository*, 2(1), 62-67. Obtenido de <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-423821>
- González, V., & Alarcón, L. F. (Mayo-Agosto de 2003). Buffers de programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Revista de Ingeniería De Construcción*, 18(2), 109-119. Obtenido de <https://www.repositorio.uc.cl/>
- González, V., Alarcón, L., & Mundaca, F. (14 de Junio de 2008). Investigating the relationship between planning reliability and project performance. *Production Planning and Control*, 461-474. doi:10.1080/09537280802059023
- Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2008). Improving Construction Work Flow - The Connective Role of Lookahead Planning. *Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 635-646).

- Herrera, R., Mourgues, C., Alarcón, L., & Pellicer, E. (2020). Understanding Interactions between Design Team Members of Construction Projects Using Social Network Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6).
- Hickethier, G., Tommelein, I., & Lostuvali, B. (2013). Social network analysis of information flow in an IPD-project design organization. *Proceedings of the international group for lean construction*, 21, 319-328. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Howell & Ballard. (1996). Can Project Controls Do Its Job?, 4. Birmingham. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Howell, G. (1999). What Is Lean Construction - 1999. *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 7. California. Obtenido de <https://www.iglc.net/Papers>
- Huang, C., & Kusiak, A. (1998). Manufacturing control with a push-pull approach. *International Journal of Production Research*, 36(1), 251-276. doi:10.1080/002075498194038
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLoS ONE*, 9(6).
- Jang, J. W., & Young-Woo, K. (2007). Use of percent of constraint removal to measure the make-ready process. 15, págs. 529-538. Michigan: IGCL 2007. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Johnson, H. T., & Broms, A. (2000). *Profit beyond measure: Extraordinary results through attention to work and people*. Nueva York, Estados Unidos: The Free Press.
- Kim, Y.-W., & Ballard, G. (Octubre de 2010). Management Thinking in the Earned Value Method System and the Last Planner System. *Journal of Management in engineering*, 223-229. doi:10.1061
- Koskela. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanfor University, Center for Integrated Facility Engineering. Finlandia: VIT Building Technology. Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72). Stanford.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction* (Vol. 72). Stanford: Stanford University.

- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Building Technology, Technical Research Centre of Finland. Espoo: VTT Publications. Obtenido de <http://www.inf.ctt.fi/pdf>
- Koskela, L. (2001). On New Footnotes to Shingo. *9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Singapore. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Koskela, L., & Howell, G. (Agosto de 2002a). *The underlying theory of project management*. Paper presentado en PMI Research Conference, Seattle. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- Koskela, L., & Howell, G. (2002b). *The theory of project management - problem and opportunity*. Paper, VTT Technical Research Centre of Finland & Lean Construction Institute. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/>
- Koskela, L., & Huovila, P. (2002). Design management in building construction: From theory to practice. *Journal of Construction Research*, 31-16.
- Lagos & Alarcón. (2020). Using Percent Plan Completed for early success assessment in the Last Planner System. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 28, págs. 469-480. California: IGCL 2020. Obtenido de <https://doi.org/10.24928/2020/0052>
- Lagos et al. (2017). 1ER. CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA. *1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 1*, pág. Análisis de la relación entre el nivel de implementación de Last Planner System y el desempeño de proyectos de construcción. Entre Ríos. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/341507336>
- Leal, M. (2010). *Impactor de la implementación del sistema Last Planner en obras de montaje industrial en minería*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1398>
- Lean Construction Institute. (5 de Octubre de 2013). *What is Lean Construction*. Obtenido de Lean Construction Web site: <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>
- Letelier, J. A. (2014). *Análisis en el tiempo de Indicadores de control de avance utilizados en software computacional "Impera" para pronosticar efectos futuros en proyectos de construcción*. Tesis pregrado, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116619>

- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of LeanProduct Development. *Academy of Management*, 5-20. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/200552295_The_Toyota_Way_in_Services_The_Case_of_Lean_Product_Development
- Malisiovas, A., & Song, X. (2014). Social Network Analysis (SNA) for Construction Projects' Team Communication Structure Optimization. In *Construction research congress 2014*, (págs. 2032-2042). Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784413517.207>
- MAMTC. (s.f.). *Tradicional vs Lean Manufacturing*. Obtenido de http://www.mamtc.com/lean/intro_trad.asp
- Marín, J. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción*. Tesis pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Marín, J. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la industria de la construcción*. Tesis pregrado, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/4939/000627180.pdf?sequence=3&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/133557/Recomendaciones-para-extender-y-sostener-practicas-Lean.pdf?sequence=1>
- Mcconaughey, T., & Shirkey, D. (2013). Subcontractor Collaboration and Breakdowns in Production: The Effects of Varied Lps Implementation. *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 649-658). Fortaleza, Brazil.
- Molina et al. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab MISP. *11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (págs. 14-16). Cancún. Obtenido de <http://www.laccei.org/>
- Mondragón, F. (2003). *Efectos de la varabilidad de producción en la construcción*. Tesis pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/454>
- Montenegro, C. (2016). Redes de Ingeniería. *Redes de Ingeniería*, 7(1), 7-8. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/REDES/about>

- Nesensohn, C., Bryde, D., & Pasquire, C. (2015). A Measurement Model for Lean Construction Maturity. *Seppänen, O., González, V. A. & Arroyo, P., 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 652-660). Perth, Australia.
- Nieto et al. (2009). Estrategias para la implementación del sistema de gestión Last Planner. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, (págs. 197-206). Badajoz. Obtenido de <https://www.academia.edu/>
- Ohno, T. (1998). *Complete analysis of waste*.
- Olano et al. (2009). Understanding the relationship between planning reliability and schedule performace: a case study. *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 17*, págs. 139-152. Taipei: IGCL 2009. Obtenido de <https://www.iglc.net/>
- Paulk, M., Curtis, B., Chrissis, M., & Weber, C. (1993). Capability maturity model, version 1.1. *IEEE Software*, 10(4), 18-27. doi:10.1109/52.219617.
- Perez-Apaza, F., Ramírez-Valenzuela, A., & Perez-Apaza, J. (2021). The Toyota Kata Methodology for Managing the Maturity Level of Last Planner® System. *Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 514-523). Lima, Perú .
- Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2004). Lean Construction philosophy for the management of construction projects a current review. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32-53. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/>
- Porwal et al. (2010). Last Planner System implementation challenges. *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 548-556). Haifa, Israel.
- Priven, V., & Sacks, R. (2013). Social Network Development in Last Planner System Implementations. *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 537-548). Fortaleza. Obtenido de <https://www.iglc.net/Papers/Details/940>
- Restrepo, L., & González, J. (26 de Abril de 2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000200010
- Reyes, R. (2016). *Metodología Integral para la Gestión del Tiempo durante la Planificación, Ejecución y Control en Proyectos de Edificación*. Tesis pregrado, Universidad Nacional

- San Cristóbal de Huamanga, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ayacucho. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1962>
- Ribeiro, F., & Costa, D. (18-20 de Julio de 2018). Last Planner System: Implementation and Evaluation With Focus on the Phase Schedule. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 702-712. Obtenido de <https://doi.org/10.24928/2018/0411>
- Richert, T. (25 de Abril de 2018). *Lean Construction Blog*. Obtenido de Lean Construction Blog Web site: <https://leanconstructionblog.com/History-of-the-Last-Planner.html>
- Rodegheri, P. M., & Serra, S. M. (2019). 'Lean Construction and Maturity Models: Applying Five Methods. *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, (págs. 1081-1092). Dublin, Ireland.
- Rodríguez, F. (8 de Diciembre de 2017). *Eficiencia Constructiva*. Obtenido de Last Planner System, el poder de la planificación en equipo: <https://eficienciaconstructiva.com/last-planner-system-el-poder-de-la-planificacion-en-equipo/>
- Rojas, R. (2007). *Estudio e Implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos "Lean Construction"*. Tesis pregrado, Universidad Andrés Bello, Escuela de Ingeniería Civil, Santiago.
- Rooke, J., & Darryll, C. (1996). Lean Construction theory as an exercise in practical reasoning . *4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 451-466. Obtenido de <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/2604>
- Sabbatino, D., Alarcón, L. F., & Toledo, M. (2011). Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación. *Proceedings of the IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción*, 4-5. Obtenido de <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/CI5502/>
- Salvatierra, J., Alarcón, L., López, A., & Velásquez, X. (2015). Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry: Towards More Sustainable Lean Practices and Tools. In: *Seppänen, O., González, V. A. & Arroyo, P., 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (pp. 642-651). Perth, Australia.
- Samad, G., Hamzeh, F., & Emdanat, S. (2017). Last Planner System - The need for a new metrics. *25th Annual Conference of the International Group for Lean, II*, págs. 637-644. Heraklion. Obtenido de <https://doi.org/10.24928/2017/0218>

- Samudio, M., Costa, T., & Alves, C. (2012). Look-Ahead Planning: Reducing Variation to Work Flow on Projects Laden with Change. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, California.
- Sarhan & Fox. (2013). Performance measurement in the UK construction industry and its role in supporting the application of lean construction concepts. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(1). Obtenido de <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v13i1.3069>
- Sendall, S., & Kozaczynski, W. (15 de Septiembre de 2003). *Model transformation: The heart and soul of model-driven*. Obtenido de IEEE Software: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- Serna et al. (2018). *Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia*. Universidad EAFIT, Ingeniería y Ciencia, Bogotá. Obtenido de <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
- Shingate, R., & Hedao, M. (1 de Diciembre de 2017). Last Planner System- Theory to Implementation. *International Journal for Scientific Research & Development*, 5(9), 395-399. Obtenido de <http://www.ijserd.com>
- Soto, U. (2016). *Evaluación de la madurez de los principios Lean en proyectos de construcción*. Tesis magister, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Santiago, Chile.
- Terrazas, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Revista Perspectivas*(28), 7-32. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016). *Redes de Ingeniería* (Vol. 7). (G. Tarazona, J. Cueva, N. Callaos, O. Sanjuán, R. Gonzalez, & J. Cueva, Edits.) Bogotá, Colombia.
- Ureta, G. (2018). *Impactos en la aplicación del sistema Last Planner en obras de edificación con el uso de Tecnologías de la Información*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Construcción Civil, Santiago. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gerardo_Ureta/publication/325007730_Impactos_en_la_Aplicacion_del_Sistema_Last_Planner_en_Obras_de_Edificacion_con_el_Uso_de_Tecnologias_de_la_Informacion/links/5af1adfcaca272bf4256279f/Impactos-en-la-Aplicacion-del-Si

- Viana et al. (14-16 de Julio de 2010). A survey on the Last Planner System: Impacts and difficulties for implementation in brazilian companies. *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (págs. 497-507). Haifa. Obtenido de <https://www.iglc.net/Papers/Details/715>
- Womack, J., & Jones, D. (2008). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (Segunda ed.). Grpo Planeta. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation
- Yin, R. (Marzo de 1981). The Case Study Crisis: Some Answers. *Administrative Science Quarterly*, 26(1), 58-65. doi:10.2307/2392599
- Yin, R.K. (2009). Case study research: Design and methods. *The Canadian Journal of Action Research*, 14(1), 69-71. Obtenido de <https://journals.nipissingu.ca/index.php/cjar/article/view/73>

ANEXOS

ANEXO A. Encuesta de Evaluación de Madurez

Criterio	N°	Dimensión	Subcriterio	Nivel de evaluación de madurez				Puntaje	Porcentaje de cumplimiento
				Incipiente	Activo	Formalizado	Maduro		
				1	2	3	4		
Gestión del valor y pérdidas	1	Cultura	Existe una definición específica y conocida del valor para el cliente y la empresa						
	2	Filosofía	Se conoce claramente el proceso de producción de valor y se analiza para identificar pérdidas						
	3	Procesos	Existen prácticas e instancias colaborativas formales para buscar y cuantificar pérdidas						
	4	Prácticas	Se registra e informa periódicamente la productividad y pérdidas de los procesos productivos y de gestión						
	5	Estándares	Existe un registro evolutivo de las pérdidas cuantificadas de los procesos						
Estandarización	6	Cultura	Los procesos e iniciativas clave de la organización cuentan con procedimientos y estándares formales y conocidos						
	7	Filosofía	Se comparan periódicamente los procesos e iniciativas con respecto a los estándares y						

			procedimientos						
	8	Procesos	Existen instancias formales de análisis y evaluación de los estándares y procedimientos						
	9	Prácticas	Existen canales e instancias formales periódicas y colaborativas para proponer y/o implementar mejoras a los estándares y procedimientos						
	10	Estándares	Se mide sistemáticamente la ejecución y desempeño de procesos e iniciativas utilizando KPIs asociados al estándar						
Estabilización de flujos	11	Cultura	Existe un claro enfoque en los procesos y no solo en el producto final						
	12	Filosofía	Se conocen aquellos procesos que agregan mayor valor al producto						
	13	Procesos	Existen instancias formales, periódicas y colaborativas para buscar y atacar pérdidas que afecten a la continuidad del flujo de los procesos de agregación de valor						
	14	Prácticas	Se mide sistemática y cuantitativamente el desempeño de los flujos de valor del proyecto y sus detenciones						
	15	Estándares	Existen instancias y herramientas que facilitan el registro y evaluación periódica						

			del flujo de valor y sus pérdidas						
Mejora continua	16	Cultura	Se caracteriza periódicamente la situación actual del proyecto y la situación deseada						
	17	Filosofía	Existe un análisis y priorización periódica de las brechas entre la situación actual y deseada						
	18	Procesos	Existen instancias periódicas formales para evaluar las brechas, plantear e implementar medidas de mejora						
	19	Prácticas	Las instancias de mejoramiento continuo son colaborativas y existen espacios formales para que la fuerza laboral plantee mejoras						
	20	Estándares	Se mide, registra y controla periódicamente el estado de las brechas y grado de logro de la situación deseada						
Comunicación y transparencia	21	Cultura	Existen canales de comunicación e información claros, conocidos y efectivos entre los distintos niveles de la organización						
	22	Filosofía	Los canales, instancias y herramientas de comunicación de la empresa fomentan la colaboración e integración entre los niveles de la organización						

	23	Procesos	Las instancias de comunicación y colaboración son frecuentes y cuentan con la asistencia de todos los niveles requeridos de la organización						
	24	Prácticas	Las instancias, canales y herramientas de comunicación permiten que los niveles operacionales de la organización planteen problemas, causas posibles, oportunidades de mejora y sugerencias						
	25	Estándares	Existen registros de fácil acceso de la información, decisiones y conclusiones relevantes para la organización						
Trabajo en equipo	26	Cultura	Existen acciones, instancias y objetivos claros para el desarrollo y mejoramiento del trabajo en equipo y su cohesión						
	27	Filosofía	Las acciones, instancias y herramientas de trabajo en equipo promueven el involucramiento de todos los niveles de la organización en la toma de decisiones						
	28	Procesos	Todos los actores conocen su rol, objetivos y grado de involucración en los equipos e instancias de decisión en las cuales participan						

	29	Prácticas	Existen instancias periódicas que facilitan y promueven el involucramiento y cohesión de los equipos para la toma de decisiones y coordinación						
	30	Estándares	Existen procedimientos, estándares y métricas que permiten evaluar el funcionamiento, grado de comunicación y colaboración de los equipos de forma periódica y cuantitativa						
Desarrollo de capacidades	31	Cultura	Existe un plan formal de capacitación del equipo, con metas y objetivos claros y conocidos por toda la organización						
	32	Filosofía	Existen instancias periódicas de capacitación de la fuerza laboral los sistemas de producción, métodos y técnicas constructivas						
	33	Procesos	Existen instancias periódicas de capacitación de la fuerza laboral en principios, metodologías, herramientas y objetivos de Lean y Last Planner						
	34	Prácticas	Todo nuevo trabajador recibe una inducción formal de los métodos, herramientas, objetivos y procedimientos del proyecto						

	35	Estándares	Se mide y evalúa periódicamente el conocimiento de la fuerza laboral de los principios, métodos, herramientas y procedimientos implementados por la empresa						
Planificación	36	Cultura	La planificación se lleva a cabo de manera colaborativa y basada directamente en los inputs de los últimos planificadores						
	37	Filosofía	El equipo, y particularmente los últimos planificadores, conocen la metodología, procesos, prácticas y objetivos del sistema Last Planner (LPS)						
	38	Procesos	El lookahead del proyecto se analiza sistemática y colaborativamente para buscar, registrar y gestionar restricciones al plan intermedio						
	39	Prácticas	El lookahead del proyecto se actualiza periódicamente basado en la capacidad del equipo y el estado del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)						
	40	Estándares	Las instancias de planificación siguen un procedimiento claro, conocido y explícito que fomenta la colaboración						
Control basado en datos	41	Cultura	Existen métricas cuantitativas y cualitativas claras para cada área, proceso, procedimiento y dimensión del desempeño relevante para la empresa						

	42	Filosofía	Las métricas y dimensiones de desempeño utilizadas tienen metas claras, específicas y conocidas por toda la organización						
	43	Procesos	Las dimensiones de desempeño, métricas y metas se revisan y actualizan periódicamente para mejorar los estándares de control						
	44	Prácticas	Todas las métricas se registran y publican periódicamente para facilitar su análisis y la identificación de oportunidades de mejora						
	45	Estándares	Existen herramientas y estándares que facilitan y garantizan el registro y uso de datos históricos de la evolución del desempeño						
Adopción de tecnologías	46	Cultura	La adopción de tecnologías se entiende y evalúa como una herramienta para la mejora y no como un objetivo en sí mismo						
	47	Filosofía	Existen objetivos y métricas de evaluación claras y conocidas para el uso y desempeño de cada tecnología implementada						
	48	Procesos	Se han adoptado y utilizan constantemente tecnologías basadas en principios, prácticas y estándares Lean						

	49	Prácticas	Los estándares, procedimientos y grado de adopción de cada tecnología se revisan y actualizan periódicamente para mejorar su valor agregado						
	50	Estándares	Existen estándares y procedimientos claros y conocidos para el uso de cada tecnología y el alcance de sus objetivos						
Gestión del conocimiento	51	Cultura	Todas las problemáticas y causas de no cumplimiento del proyecto se analizan, identifican y registran periódicamente						
	52	Filosofía	Se utilizan metodologías y herramientas formales basadas en estándares Lean para la búsqueda y análisis de fuentes y causas raíces de problemáticas, brechas y causas de no cumplimiento						
	53	Procesos	Existe un procedimiento, instancias y herramientas claras, concisas y efectivas para la búsqueda y registro de las fuentes de origen de problemáticas y causas de no cumplimiento						
	54	Prácticas	El registro histórico de causas de no cumplimiento, fuentes y causas raíces se analiza periódica y colaborativamente para plantear acciones de mejora						

	55	Estándares	Existe un registro histórico, de acceso público, de las problemáticas, causas de no cumplimiento y sus fuentes de origen						
--	----	------------	--	--	--	--	--	--	--