

Procedimiento de implementación de Last Planner System, en la empresa Constructora CONICO para proyectos de obra pública.

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Procedimiento de implementación de Last Planner System, en la empresa Constructora CONICO

Llevado a cabo por el estudiante:

Leiva Rojas Joe Alexis

Carné: 2019049498

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el lunes 01 de agosto de 2024 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

**ARTURO JOSE
GAMBOA
SOLIS (FIRMA)**
Firmado digitalmente
por ARTURO JOSE
GAMBOA SOLIS
(FIRMA)
Fecha: 2024.08.09
07:55:30 -06'00'

Ing Arturo Gamboa Solís, MAP
Representante Director de la Escuela

**LUIS GUSTAVO
ROJAS CHACON
(FIRMA)**
Firmado digitalmente por
LUIS GUSTAVO ROJAS
CHACON (FIRMA)
Fecha: 2024.08.07 09:13:04
-06'00'

Ing. Luis Gustavo Rojas Chacón, MIV, MAP
Profesor Guía

**MANUEL ANTONIO
ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)**
Firmado digitalmente por MANUEL
ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2024.08.07 11:46:38 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA
Profesor Lector

**MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)**
Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO
SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2024.08.06 18:23:25
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Observador

RESUMEN

En este trabajo se buscó la implementación de Last Planner System la cual es una herramienta basada en la filosofía Lean Construction que busca la mejora en la eficiencia en la planificación y gestión de proyecto. Esta se aplicó con el objetivo principal de mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública en los proyectos ejecutados por la empresa Constructora CONICO.

Para esto se hizo un estudio de los proyectos ejecutados o en ejecución por parte de Constructora CONICO, con la finalidad de identificar los procesos actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra. Por otro lado, se realizó una investigación bibliográfica del estado del arte de Lean Construction y el estado de la práctica de Last Planner System, con la intención de identificar las buenas prácticas asociadas al sistema. A partir de esto se desarrolló el procedimiento de implementación de Last Planner System en obra pública, el cual se adaptó a las necesidades y falencias de la empresa, dicho procedimiento se aplicó de manera piloto en un período de cuatro semanas en el proyecto Cultivarte con la intención de evaluar el desempeño del procedimiento. Donde se establecieron buenos resultados en cuanto al desempeño del procedimiento, además del equipo de trabajo presentó una actitud colaborativa durante la implementación del procedimiento.

Palabras clave: Last Planner System, Lean Construction, obra pública, planificación, seguimiento, control de obra.

ABSTRACT

In this work we sought the implementation of Last Planner System which is a tool based on the Lean Construction philosophy that seeks to improve efficiency in planning and project management. This was implemented with the main objective of improving the processes in the stages of planning, monitoring, and control of public works in the projects executed by the company Constructora CONICO.

For this purpose, a study was made of the projects executed or in execution by Constructora CONICO, to identify the current processes in the stages of planning, monitoring, and control of work. On the other hand, a bibliographic investigation of the state of the art of the Lean Construction and the state of the practice of Last Planner System was carried out, with the intention of identifying the good practices associated with the system. From this developed the procedure of implementation of Last Planner System in public works, which was adapted to the needs and shortcomings of the company, this procedure was piloted over a four-week period in Cultivarte project with the intention of evaluating the performance of the procedure. Where good results were established regarding the performance of the procedure, in addition to the work team presented a collaborative attitude during the implementation of the procedure.

Key words: Last Planner System, Lean Construction, public work, planning, monitoring, control of work.

Procedimiento de implementación de Last Planner System, en la empresa Constructora CONICO para proyectos de obra pública.

JOE ALEXIS LEIVA ROJAS

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura de
Ingeniería en Construcción

Mayo de 2024

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
Resumen ejecutivo	6
Introducción	9
Objetivos	10
Alcance y limitaciones.....	10
Capítulo 1: Marco Teórico	12
Capítulo 2: Marco Metodológico	30
Capítulo 3: Resultados.....	47
Capítulo 4: Análisis de resultados	88
Capítulo 5: Conclusiones	96
Capítulo 6: Recomendaciones.....	98
Referencias Bibliográficas	99
Apéndices	103
Anexos.....	114

Resumen ejecutivo

Este proyecto de graduación tiene como objetivo principal la implementación de Last Planner System en proyectos de obra pública en la empresa Constructora CONICO, para la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra.

La empresa Constructora CONICO es una empresa privada que se encuentra vigente en el mercado desde el año 2013, la cual ha ejecutado proyectos de diversa naturaleza, que abarca remodelaciones, diseño, construcción y mantenimiento. Pero no fue hasta el año 2020 donde se dividió la empresa en dos sectores, obra civil y Gas & Oil (G&O). Para el caso de este proyecto se centrará en el sector de obra civil y los proyectos de carácter público, ya que, la empresa quiere mejorar sus procesos de gestión de proyectos, lo cual, se puede conseguir por medio de la implementación de Last Planner System.

Lean Construction fue un término introducido mediante la publicación de Lauri Koskela en 1992 "La nueva filosofía de producción en la construcción" definida como un conjunto de metodologías, técnicas y herramientas en pro de la mejora en el rendimiento de la construcción. En años posteriores se fundó el Lean Construction Institute debido a la serie de ventajas que la implementación de Lean Construction ofrecía. Debido a la divulgación de la filosofía Lean Construction se han derivado diversos sistemas y herramientas para su implementación. Entre ellas se destaca Last Planner System, la cual se basa en la mejora de los procesos de planificación, seguimiento y control de obra, en busca del aumento en la eficiencia de la gestión de los proyectos.

Last Planner System (LPS) es una de las herramientas más conocidas asociadas a Lean Construction. Esta herramienta tal como se mencionó atiende a los procesos de planificación, seguimiento y control de obra, destacando que LPS considera diversos aspectos en la planificación entre ellos la división de la planificación en tres etapas (largo plazo, mediano plazo y corto plazo), la integración y colaboración con las partes involucradas, además de la inclusión de indicadores para evaluar el desempeño de la planificación tal como el porcentaje de actividades completadas y las causas de no cumplimiento. Esta herramienta pretende alcanzar diversos beneficios a nivel de gestión de proyectos tal como la disminución de plazos de entrega, aumento de la fiabilidad de planificación, mejoras en la participación y colaboración del equipo de trabajo. Por otro lado, también se puede alcanzar ventajas competitivas en el mercado y aumento en las utilidades del proyecto.

En busca de la atención de los objetivos de desarrollo sostenibles establecidos por la Organización de Naciones Unidas, este proyecto atiende a dos de ellos, el primero de estos es el objetivo nueve " Industrial,

Innovación e Infraestructura", donde se busca la optimización de recursos, la disminución de costos y tiempos de construcción. Por otro lado, se atiende al objetivo once "Ciudades y Comunidades Sostenibles ", ya que mediante la correcta implementación de Last Planner System se busca evitar los reprocesos y desperdicio de material.

Para alcanzar el objetivo principal de este trabajo se establecieron los siguientes objetivos: estudio de los procesos actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, de la empresa Constructora CONICO con el propósito de identificar las falencias en dichos procesos. Investigación bibliográfica del estado del arte de la filosofía Lean Construction y el estado de la práctica de Last Planner System en proyectos de obra pública, para la identificación de las buenas prácticas para la adaptación de éstas a las necesidades de la empresa. Diseñar el procedimiento de implementación de Last Planner System en proyectos de obra pública y por último, la aplicación piloto del procedimiento diseñado para la evaluación de este.

Durante el desarrollo de este trabajo se aplicaron diversas técnicas e instrumentos para el cumplimiento de los objetivos. Donde se inició mediante la revisión de los proyectos ejecutados o en ejecución por parte de la empresa Constructora CONICO donde se estudiaron principalmente los cronogramas de trabajo, además se realizaron entrevistas a los profesionales de la empresa que están a cargo de la ejecución de la obra y observaciones las cuales proporcionaron una visión integral del actuar de los profesionales. Por otro lado, se realizó la revisión documental de casos de estudio de la implementación de LPS en proyectos similares a los ejecutados por Constructora CONICO. Y por medio de lo antes mencionado se logró establecer la información necesaria para el diseño del procedimiento de implementación.

Como resultado de la aplicación de los instrumentos se obtuvieron los siguientes resultados. Respecto a la situación actual de la empresa se identificó que los procesos estudiados presentan falencias, en el proceso de planificación se destacó la asignación de secuencia de actividades poco lógicas o desglose no detallado, lo cual desfavorece el entendimiento del flujo de trabajo.

Por otro lado, como resultado de la investigación bibliográfica de los casos de estudio de implementación de LPS, se encontraron distintos beneficios asociados a las buenas prácticas de la herramienta. Entre estos beneficios se menciona la disminución de los tiempos de entrega de los proyectos, mejoras en la colaboración y comunicación del equipo de trabajo, aumento de la fiabilidad de la planificación y aumentos en la productividad. Lo que conlleva el aumento en la eficiencia de la gestión de proyectos. Junto a los resultados del estudio de la situación actual de la empresa y del estado de la práctica de LPS, se diseñó el procedimiento de implementación el cual atiende a las necesidades y falencias identificadas en la empresa, dicho procedimiento está compuesto por distintas instrucciones y herramientas para llevar a cabo la planificación en las distintas etapas (largo plazo, mediano plazo y corto plazo), y realizar el seguimiento y control de obra.

El procedimiento desarrollado se implementó de manera piloto en un periodo de cuatro semanas, de lo cual se permitió establecer lo siguiente: actitud receptiva y colaborativa por parte del equipo de la empresa (ingeniero de proyecto, asistente de ingeniería y maestro de obras), buen desempeño de la planificación realizada reflejándose en un porcentaje de actividades completadas de 83% promedio de las cuatro semanas, y la identificación de las causas de no cumplimiento presentando el clima y bajo rendimiento de mano de obra como las más comunes.

Por último, se observó que la implementación de Last Planner System, puede mejorar la gestión de los proyectos, aun así, se debe aplicar desde el inicio de ejecución de un proyecto para obtener una mayor fiabilidad en los resultados obtenidos.

Introducción

En el sector de la construcción se ha buscado mejorar los procesos constructivos y la gestión de los proyectos, esto con el objetivo de aumentar la competitividad y eficiencia de las empresas o profesionales constructores. Para lograr esto se ha tenido que enfrentar distintas dificultades propias a la gestión de proyectos, definidas por la complejidad propia del proyecto y la colaboración entre los involucrados. Con lo cual, se ha demostrado que el sistema Last Planner ha funcionado como una herramienta que busca la mejora en la eficiencia de gestión de proyectos.

Last Planner System surgió como una herramienta basada en Lean Construction, que tiene como finalidad la eficiencia en la gestión de proyectos, mediante la mejora en la planificación y la participación colaborativa de los distintos involucrados en la ejecución del proyecto. Donde la implementación de Last Planner System puede conllevar beneficios operativos tales como mejoras en la colaboración y comunicación en el equipo de trabajo, reducción en plazos de entrega, por otro lado, se puede obtener ventajas competitivas en el mercado, y aumento en la utilidad de los proyectos.

Con lo cual, para este proyecto de graduación se busca la implementación de Last Planner System en la empresa Constructora CONICO, con el objetivo de mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública, y por consiguiente mejorar la gestión de sus proyectos, ya que, la empresa buscaba suplir las falencias en sus procesos de gestión de obra.

Con el desarrollo de este trabajo se contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Organización de Naciones Unidas (2023), específicamente se atiende a dos objetivos, el primero de ellos es el nueve que atiende a “Industrial, Innovación e Infraestructura” el cual se abarca mediante la optimización de uso de recursos, disminución de tiempos y costos de construcción. Por otro lado, se atiende al objetivo once referente a “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, ya que mediante la implementación de Last Planner System, se busca mejorar la planificación y por ende, evitar reprocesos y desperdicios de material.

Respecto a los beneficios de la implementación de Lean Construction y Last Planner System, se han publicado diversos artículos donde los mencionan. Para esto Latorre (2015) enumera distintos beneficios mediante la implementación de Lean Construction tal como mayor satisfacción del cliente, reducción de costes y mayor beneficio en utilidades. A su vez Pons y Rubio (2019), destacan una serie de beneficios que se pueden alcanzar por medio de Last Planner System, mencionando los siguientes: reducción de plazos de entrega, mayor integración en el equipo de trabajo, oportunidades de mejorar en etapas tempranas del proyecto.

Objetivos

Para el desarrollo de este proyecto se planteó el siguiente objetivo general:

- Desarrollar el procedimiento de implementación de Last Planner System a proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO, para la mejora de los procedimientos en los procesos de gestión de obra.

Por otro lado, para el desarrollo del objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los procedimientos en los procesos de gestión de obra actuales de la empresa Constructora CONICO en proyectos de obra pública para el análisis previo al empleo de Last Planner System.
- Realizar una investigación bibliográfica acerca del estado del arte de la filosofía Lean Construction y el estado de la práctica de Last Planner System aplicada a proyectos de obra pública, para la identificación, implementación y adaptación de buenas prácticas a los proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO.
- Diseñar el procedimiento de implementación de Last Planner System en proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO, para la mejora de los procesos de gestión de obra.
- Aplicar de manera piloto el procedimiento desarrollado, para la evaluación de este y así con la capacitación impartida en el proyecto Cultivarte ejecutado por la empresa Constructora CONICO.

Alcance y limitaciones

El objetivo final de este proyecto fue desarrollar el procedimiento de implementación de Last Planner System en proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO, para la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra. Con lo cual, el alcance de este proyecto se destaca en las siguientes aristas:

- Se identificó las falencias que se posee la empresa Constructora CONICO en los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, mediante la revisión y análisis de proyectos públicos ejecutados o en ejecución por parte de la empresa, realizar entrevistas a los ingenieros a cargo de proyectos y observaciones en el proyecto Cultivarte.
- Se realizó una investigación bibliográfica de casos de implementación de Last Planner System en proyectos públicos o similares a los ejecutados por Constructora CONICO, con el objetivo de identificar las buenas prácticas y adaptarlas al procedimiento a desarrollar.

- Se desarrolló un procedimiento de implementación de Last Planner System para la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública, además se adjunta distintas herramientas elaboradas por medio de Microsoft Excel para la facilidad de implementación.
- Se aplicó de manera piloto el procedimiento desarrollado en el proyecto Cultivarte por un período de cuatro semanas, donde se evaluó el procedimiento y se dio una pequeña capacitación al personal de la obra sobre el uso de este.

Por otro lado, se encontraron distintas limitaciones durante el desarrollo del proyecto, las cuales se mencionan a continuación:

- Debido a que se realizó la implementación piloto en un proyecto el cual ya había iniciado, la aplicación del procedimiento se limitó, principalmente en el desarrollo del plan maestro.
- A causa de que se posee subcontratistas para realizar ciertas actividades, se presentó leves indisposiciones, que puede influir el desempeño de la implementación de Last Planner System.

Capítulo 1: Marco Teórico

1.1 Constructora CONICO

El presente trabajo se realizará para la empresa de construcción Constructora CONICO, la cual tiene su sede en Zapote, San José, Costa Rica. Constructora CONICO es una organización privada fundada en el año 2013, la cual ha brindado servicios de construcción, gerencia de proyectos, consultoría y diseño. Inicialmente la empresa ejecutaba únicamente proyectos de carácter privado, y a partir del año 2016 la empresa inicio su trayectoria en proyectos de obra pública, donde se han ejecutado proyectos en el área hospitalaria, institucional y de hidrocarburos.

Como se mencionó, la empresa ha ejecutado proyectos de obra pública de distintas áreas, por lo cual, en el año 2019 la empresa se sectorizó en dos, un sector encargado de obra civil, abarcando construcción y remodelación de infraestructura urbana, y el otro sector encargado de proyectos de hidrocarburos, donde se atienden distintos aspectos, tales como mantenimiento de tanques y tuberías de la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE), al igual que la construcción de los tanques, la localización de los proyectos se extiende tanto como dentro como fuera de la GAM.

1.1.1 Estructura organizacional de la empresa

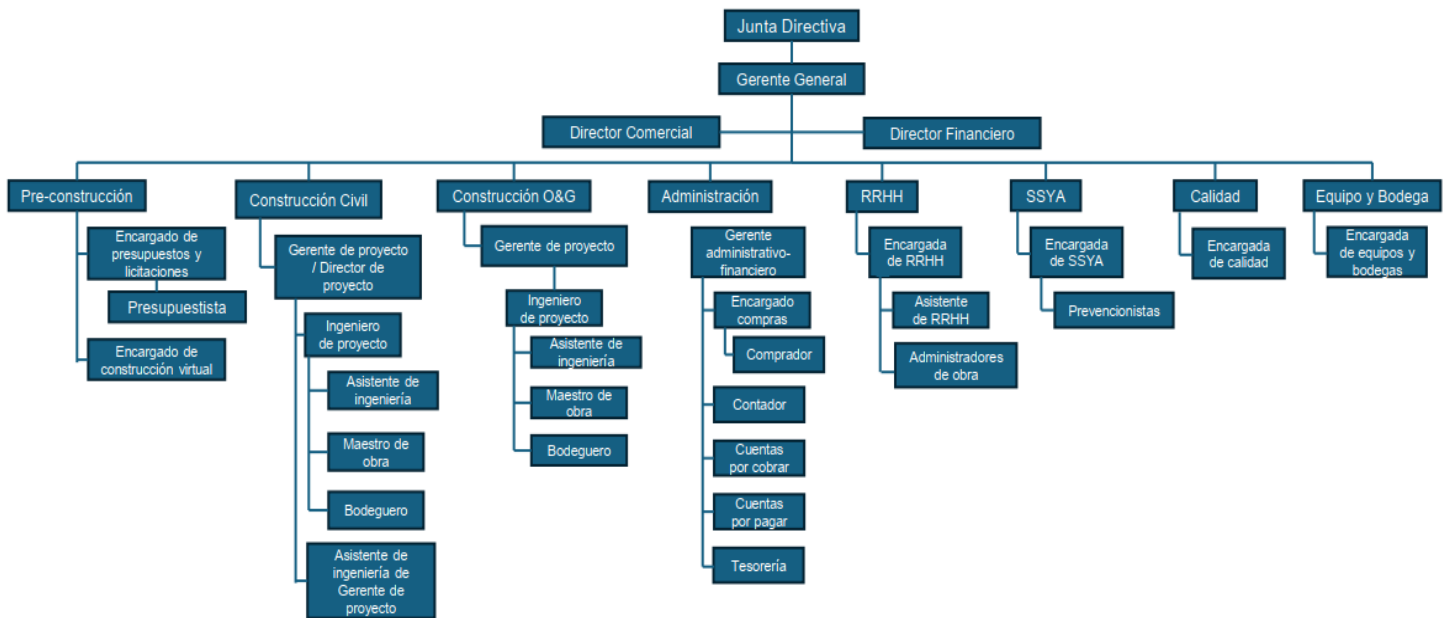
La estructura organizacional puede ser considerada como la estructura jerárquica, funcional u operacional que se rige internamente en una organización. A su vez, (Fremont y Rosenzweig 1988, citado en Meckel, 2018) menciona que una estructura organizacional, es el marco en el que se desenvuelve la organización, de acuerdo con el cual las tareas son divididas, agrupadas, coordinadas y controladas, para el logro de objetivos.

Cabe destacar la estructura organizacional de una empresa es susceptible a las necesidades de la empresa, por lo cual, esta puede llegar a ser diferente en cada organización. Así lo menciona Gray y Larson (2009), comentando que un buen sistema logra un equilibrio adecuado entre las necesidades tanto de la organización como las del proyecto, al definir la interfase entre el proyecto y la empresa en términos de autoridad, asignación de recursos y eventual integración de los resultados del proyecto a las operaciones principales.

En la empresa Constructora CONICO se presenta una estructura funcional que Gray y Larson (2009) definen como un enfoque para la organización de los proyectos consiste en tan sólo administrarlos dentro de la jerarquía funcional existente en la organización. Una vez que la administración decide llevar a cabo un proyecto, los distintos segmentos de éste se delegan a las unidades funcionales respectivas y cada una de ellas es responsable de terminar su parte del proyecto. A continuación, se muestra una figura para representar el organigrama de la empresa.

Figura 1.

Organigrama de Constructora CONICO.



1.1.2 Proyecto Cultivarte

Cultivarte corresponde al proyecto de obra pública ubicado en el distrito de Escazú al costado oeste del Palacio Municipal de Escazú y es ejecutado por la Constructora CONICO en el cual se realizará la implementación piloto de Last Planner System. El proyecto Cultivarte corresponde a un edificio de tres niveles con un sótano, y tiene como objetivo ser un espacio para responder a las necesidades de cultura y aprendizaje de la comunidad de Escazú. La distribución de áreas del edificio se hará de la siguiente manera:

- Sótano: Estacionamiento
- Primer nivel: Auditorio
- Segundo nivel: Sala de robótica e informática
- Tercer nivel: Salón de danza y Ludoteca (espacio de lectura y biblioteca).

El proyecto Cultivarte a nivel estructural se basa en principalmente en concreto reforzado y mampostería, y se puede clasificar como una estructura tipo dual de acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica 2010/14. Ya que, se constituirá a partir de marcos de concreto unidos por vigas de concreto, y losas de entrepiso con viguetas pretensadas, además de muros y columnas perimetrales de mampostería, por otra parte, a nivel de fundaciones constará de losas y vigas de fundación. Por último, a nivel de sótano constará de un muro de retención alrededor del perímetro. En la siguiente imagen se puede observar las obras a nivel de sótano.

Figura 2.

Construcción a nivel sótano en proyecto Cultivarte.



1.2 Proyectos de obra pública

En términos breves Bataller y Díaz (2016) definen a un proyecto como una iniciativa singular, no repetitiva, normalmente dirigida a alcanzar unos objetivos prefijados en un lapso determinado y con un presupuesto también determinado. Cabe destacar que la naturaleza y complejidad del proyecto varía de acuerdo con las necesidades del cliente. Asimismo, el Project Management Institute (PMI, 2017), menciona que un proyecto tiene como objetivo generar un producto, servicio o bien una combinación de estos, a su vez comentan que un proyecto debe tener en cuenta los siguientes factores:

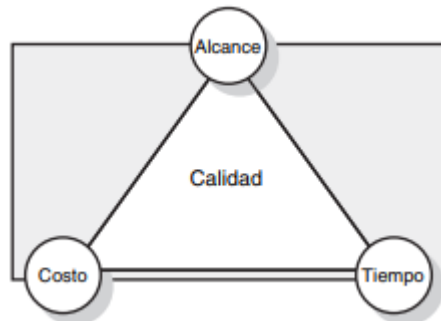
- Cumplir con las regulaciones legales o sociales.
- Satisfacer los requisitos y necesidades de las partes interesadas.

- Crear, mejorar o reparar un producto, proceso y/o servicio.

Al mismo tiempo Gray y Larson (2009) resaltan la importancia de delimitar un proyecto, con su respectivo alcance, plazo, requisitos y presupuesto, en la siguiente figura se puede observar la relación.

Figura 3.

Delimitación de un proyecto



Nota. Tomado de Gray y Larson (2009), Administración de proyectos.

Proporcionados los conceptos anteriores se puede definir un proyecto de construcción, como los esfuerzos requeridos durante las fases de planificación, ejecución y/o mantenimiento, para la construcción, remodelación o mantenimientos de obra de infraestructura tales como edificios, residencias, carreteras o puentes, dentro de un plazo, costo y alcance establecido. Por otro lado, este proyecto será referido a proyectos de obra pública, donde Herra (2017) los define como toda aquella obra de construcción, modificación y/o mantenimiento de un bien del Estado y regulado por la Contraloría General de la República, que tiene como objetivo el mejoramiento del interés público.

Y tal como se mencionó anteriormente, la Constructora CONICO en los últimos años ha ejecutado distintos proyectos de obra pública. La naturaleza de los proyectos ha variado ligeramente, ya que, entre la naturaleza de los proyectos ejecutados se destacan obra civil (construcción y remodelación) y Oil and Gas (O&G) lo cual se refiere a proyectos de construcción, mantenimiento de tanques y tuberías de RECOPE. Y en busca de mejorar sus servicios la empresa busca mejorar sus procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, mejorando su desempeño en la ejecución de obras.

1.3 Planificación, seguimiento y control de obra

La gestión de un proyecto se puede dividir en distintas etapas que se aplican continuamente durante todo el ciclo de vida del proyecto, para esto Walker (2015) define la gestión de proyectos como la planificación, coordinación y control de un proyecto desde su concepción hasta su finalización (incluyendo la puesta en marcha) en nombre de un cliente, requiriendo la identificación de los objetivos del cliente en términos de utilidad, función, calidad, tiempo y costo; el establecimiento de relaciones entre recursos; integrar, monitorear y controlar a los contribuyentes del proyecto y su resultado; y evaluar y seleccionar alternativas en busca de la satisfacción del cliente con el resultado del proyecto.

Siendo así Arce (2024) define la planificación como los procesos que definen el alcance, los objetivos y el plan de acción del proyecto, así como los componentes del plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto, estos procesos pueden requerir ciclos de retroalimentación y ajustes según se obtenga o se entienda mejor la información sobre el proyecto o se produzcan cambios importantes. Además, una correcta planificación permitirá que los miembros del equipo puedan comprender los objetivos a alcanzar durante la ejecución del proyecto.

A su vez, Arce (2024) define al seguimiento y control de obra como el conjunto de procesos tales como seguir, analizar, medir avance y rendimiento, para detectar y corregir las desviaciones presentadas respecto al plan inicial. La importancia del seguimiento y control de obra resalta en la obtención continua de información acerca del estado real del proyecto, esto permite la toma de decisiones para asegurar la correcta ejecución.

Los conceptos que se mencionan anteriormente son cruciales durante todo el ciclo de vida del proyecto, así que, la implementación de filosofías y herramientas que integren estos conceptos y favorezcan a una correcta ejecución del proyecto son esenciales. Por lo cual, en los siguientes apartados se estudiará los conceptos más relevantes alrededor de la filosofía Lean Construction y el sistema Last Planner.

1.4 Lean Construction

Lean Construction se puede definir según Shang y Pheng (2014) como un conjunto de herramientas y discursos. Y a su vez, el Lean Construction Institute (LCI) lo define como un proceso de entrega de proyectos que utiliza

métodos Lean para maximizar el valor, mientras se reduce el desperdicio, mediante la enfatización de la colaboración entre los equipos del proyecto.

Inicialmente Lean Construction fue introducido por Lauri Koskela en 1992 como “La nueva filosofía de producción en la construcción” la cual definió como un conjunto de metodologías, técnicas y herramientas. Donde propiamente Koskela (1992) menciona que las ideas de la nueva filosofía de producción tuvieron su origen en Japón en la década de 1950, en la línea de producción de Toyota la cual buscaba eliminar inventarios y desperdicios mediante la producción en pequeños lotes. El estudio mencionado anteriormente junto otros estudios promovieron la divulgación de la filosofía y su implementación, y para el año de 1997 Glen Ballard y Greg Howell fundaron el Lean Construction Institute, lo cual ha fomentado su aplicación reflejándose en un aumento en la rentabilidad de proyectos y en la ejecución de estos.

Aun así, tiende a confundirse Lean Construction como una herramienta para la gestión de proyectos, siendo caso contrario, ya que, Lean Construction busca cambiar los paradigmas actuales que se desempeñan en el ámbito de la construcción, iniciando con un cambio en la cultura de la organización, involucrando a todo el personal asociado al proyecto. Esto busca la mejora continua de los procesos de un proyecto, donde se atiende distintas etapas como la planificación, seguimiento y control, y así disminuir los retrasos, mejorar la calidad y el uso de los recursos.

Lean Construction presenta distintas dificultades para su implementación, una de ellas es el cambio cultural, y estos inician en los altos puestos jerárquicos de las empresas o bien los encargados de proyectos, ya que en ellos recae el éxito de su implementación. Para esto Pons y Rubio (2021) destacan que las principales razones por lo cual la implementación de Lean Construction falla:

Figura 4.

Razones de falla en la implementación de Lean Construction.

POR QUÉ FALLAN LAS EMPRESAS EN LA IMPLANTACIÓN	
1	No entender la verdadera esencia del significado de LEAN.
2	Buscamos la optimización local pero no la global.
3	La escasa transparencia y la desconfianza mutua típica de la industria AEC.
4	El miedo a fracasar en la implantación.
5	La falta de liderazgo, disciplina y perseverancia.
6	Pensar que Lean es una receta mágica que alguien viene a implantarnos.
7	No tener una sensación de urgencia (no visualizar la necesidad de cambiar).
8	A las empresas les cuesta mucho retener el conocimiento.
9	Pensar que éxitos pasados nos garantizarán éxitos futuros.
10	Una visión muy cortoplacista.

Nota. Tomado de Pons y Rubio (2021), Lean Construction, las 10 claves del éxito para su implementación.

Una correcta implementación de Lean Construction conlleva una serie de pasos y principios a llevar a cabo, en esto Pons y Rubio (2021) comenta que el éxito de implementación recae en cuatro aristas: gestión de personas, plan estratégico, enfoque en el proceso, y gestión del conocimiento y tecnología. A su vez, Koskela (1992) enlista los siguientes principios básicos:

- Simplificación de proceso.
- Flexibilidad.
- Transparencias.
- Completo control del proceso.
- Mejora continua.

Aunque puede llegar a representar un cambio difícil y sustancial, los beneficios que trae consigo una correcta implementación de Lean Construction pueden llegar a conceder una ventaja competitiva en el mercado respecto a otras empresas. Para esto Latorre (2015) menciona los siguientes beneficios de la aplicación de Lean Construction:

- Mayor satisfacción del cliente.
- Reducción de plazos de entrega.
- Mayor beneficio y reducción de costes.
- Mayor productividad.
- Mejor gestión del riesgo.

Dado su extensión en la industria de la construcción, se han derivado distintas herramientas para implementar Lean Construction entre ellas destacan Last Planner System (LPS), que favorece el desarrollo y ejecución de los proyectos. Lo descrito anteriormente evidencia no solo las ventajas de Lean Construction y sus herramientas asociadas, sino la importancia que puede llegar a representar su implementación. Por lo cual, objetivo de la investigación, es implementar el sistema Last Planner para mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control en proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO.

1.5 Last Planner System

Last Planner System (LPS) desarrollada por Glen Ballard y Greg Howell es una de las herramientas más conocidas y utilizadas dentro de la filosofía Lean Construction. Last Planner System es definido por Porras,

Sánchez y Galvis (2014), como un sistema de planificación y control de procesos para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. Esta herramienta incorpora en las etapas de planificación a todo aquel involucra que influya en el desarrollo de la obra, desde el ingeniero residente hasta el maestro de obra, ya que tal como lo menciona Rodríguez (2017) el conocimiento por parte de los involucrados brinda la posibilidad de disminuir la incertidumbre e imprevistos de los proyectos.

Por lo cual es responsabilidad del planificador normalmente el ingeniero residente reunir los criterios y compromisos por parte de los involucrados y desarrollar la planificación, la cual se puede dividir en tres secciones principalmente, largo plazo (lo que se debe hacer), mediano plazo (lo que se puede hacer) y corto plazo (lo que se va a hacer), estos términos se atenderán con detalle más adelante. En la siguiente figura podemos observar la vinculación de estas planificaciones.

Figura 5.
Relación entre etapas de planificación.

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

Nota. Tomado de Pons y Rubio, (2019), Lean Construction y planificación colaborativa, Metodología Last Planner System.

1.5.1 Funciones y beneficios de Last Planner System

El éxito del sistema Last Planner yace en la incorporación del criterio de los sujetos involucrados directamente en el avance del proyecto, por lo cual se requiere que entre las personas participes del proceso exista colaboración, comunicación, compromiso y transparencia. Esto permite que la planificación realizada sea lo más apegada a la realidad. Ballard y Tommelein (2016) mencionan las funciones a cumplir por parte de los involucrados para implementar el sistema Last Planner:

- Definir las tareas que deben realizarse, cuando y quienes deben realizarlas.
- Hacer que las tareas programadas estén listas para realizarse.
- Planear y ajustar los planes para lograr los objetivos del proyecto.

- Seleccionar las tareas diarias y semanales, además decidir el trabajo siguiente a realizar.
- Hacer que la responsabilidad de liberación de tareas sea fiable entre los participantes.
- Hacer visible el estado actual y futuro del proyecto.
- Medición del rendimiento de la planificación, y aprendizaje continuo.

Sobre la misma línea, se establecen distintas reglas para lograr actuar bajo los presupuestos de LPS y así facilitar la ejecución de funciones, entre estas reglas Ballard y Tommelein (2016) destacan las siguientes: mantener cada plan y detalle a la vista de los participantes todo el tiempo, producir los planes en colaboración con quienes los van a ejecutar, rehacer los planes cuanto sea necesario para ajustarlo a las realidades presentadas, identificar y eliminar las restricciones de las tareas como equipo, y por último, no iniciar tareas que no deben hacerse o que no pueden completarse. Siguiendo de la mano con las reglas y funciones del sistema, se puede mencionar que la correcta implementación de LPS, conlleva una serie de beneficios a corto y a largo plazo, donde Pons y Rubio (2019) destacan los siguientes beneficios:

- Reducción de costes.
- Reducción de plazos de entrega.
- Ambiente de trabajo basado en el aprendizaje y mejora continua.
- Mejor integración entre los subcontratistas, comunicación y compromiso.
- Oportunidades de mejora en etapas tempranas,
- Mayor satisfacción al cliente.
- Mejor gestión del riesgo y variabilidad.

1.5.2 Desafíos y acciones para implementar LPS

El sistema Last Planner presenta distintos desafíos para su implementación, los desafíos pueden presentarse tanto previo a su aplicación como durante la misma. Por lo cual, se genera desconfianza entre los encargados de la planificación ya sea trabajadores independientes como trabajadores de empresas. Para ejemplificar, Latorre (2015) menciona algunas dificultades para la implementación de LPS:

- Falta de conocimiento del significado.
- Falta de compromisos entre los sujetos involucrados.
- Comunicación y colaboración deficiente entre los sujetos involucrados.
- Oposición al cambio de pensamiento, actitud y comportamiento.

Tomando en cuenta lo anterior, se requieren distintas acciones para favorecer el éxito de aplicación de LPS, además de mantener la filosofía Lean Construction a lo largo del tiempo en la cultura de pensamiento de la empresa y con ello generar una ventaja competitiva en el mercado, para esto Pons y Rubio (2019) destacan 4 categorías en la cual se debe trabajar y que acciones implementar:

- **Gestión de las personas:** Liderazgo interno por parte de los mandos altos e intermedios de la compañía, y que tengan claro el propósito y objetivo a seguir.
- **Plan estratégico:** Diseñar un plan estratégico propio y a largo plazo, además de analizar su funcionamiento para realizar posibles rectificaciones.
- **Enfoque en el proceso:** Implementación piloto, y uso de herramientas orientadas al flujo de valor.
- **Gestión del conocimiento y la tecnología:** Aprendizaje continuo, retroalimentación y uso de tecnología adecuadas.

1.6 Componentes de Last Planner System

En este apartado se atienden los componentes del sistema Last Planner System, como lo son planificación a largo plazo (Plan maestro), planificación intermedia (Look-ahead) y planificación a corto plazo (planificación semanal).

1.6.1 Largo plazo (Plan maestro)

En el plan maestro se definen las fases o hitos generales a alcanzar durante el proyecto, por lo cual, se debe establecer los grupos de actividades a realizar, su duración, la secuencia de cada actividad y las codependencias que existe entre ellas. En el plan maestro no se define cada actividad a detalle, ya que, es a partir del mismo que durante la ejecución del proyecto funciona como base para comprender la secuencia de este y realizar las respectivas planificaciones más detalladas (plan intermedio y plan semanal).

Asimismo, Alpízar (2017) resalta la importancia de utilizar información lo más apegada a las condiciones posibles o reales al momento de producir el plan maestro, para así aumentar la fiabilidad y eficacia del sistema Last Planner. Para esto Pons y Rubio (2019) destacan los siguientes componentes a considerar en un plan maestro:

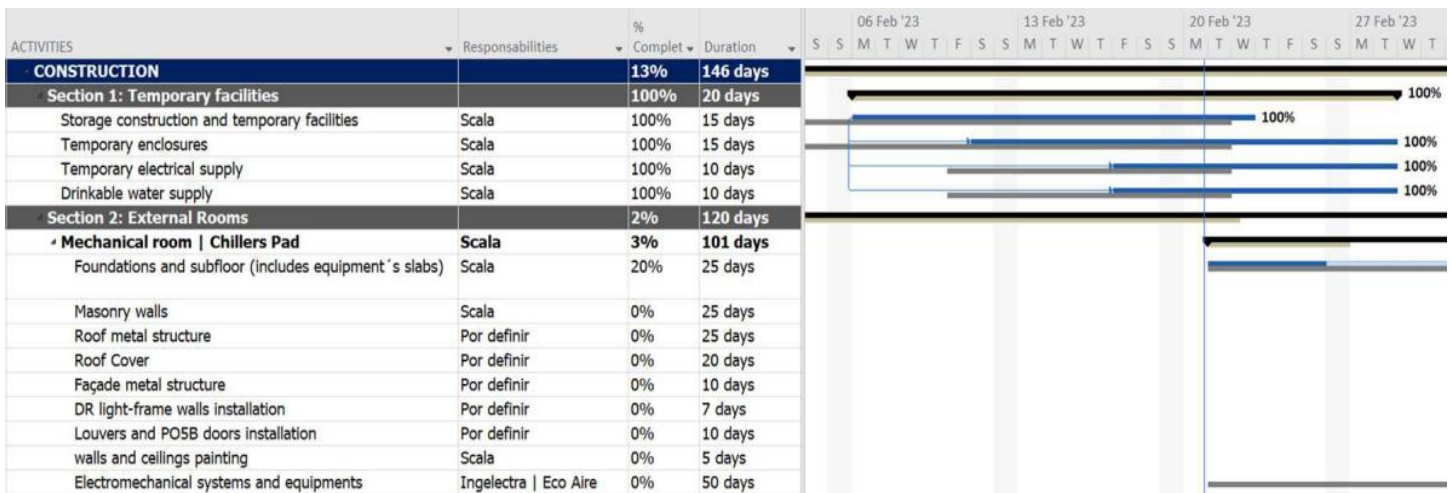
- Definición de alcance.
- Análisis de clientes, proveedores, subcontratistas, etc.
- Definición del desglose de trabajo.
- Análisis de riesgos.

- Definición de estrategia de trabajo.
- Identificación de recursos críticos.

Comúnmente un plan maestro se ve representado por un Diagrama de Gantt, y de este se puede obtener los hitos más importantes y se puede visualizar por medio de la ruta crítica la cual está compuesta por la secuencia de tareas o actividades que influyen directamente en la duración del proyecto. A continuación, se muestra un ejemplo de plan maestro.

Figura 6.

Ejemplo de diagrama de Gantt



Nota. Tomado de Sandí (2023), Proceso para fortalecer el uso de Last Planner para el mejoramiento de procesos constructivos de SCALA.

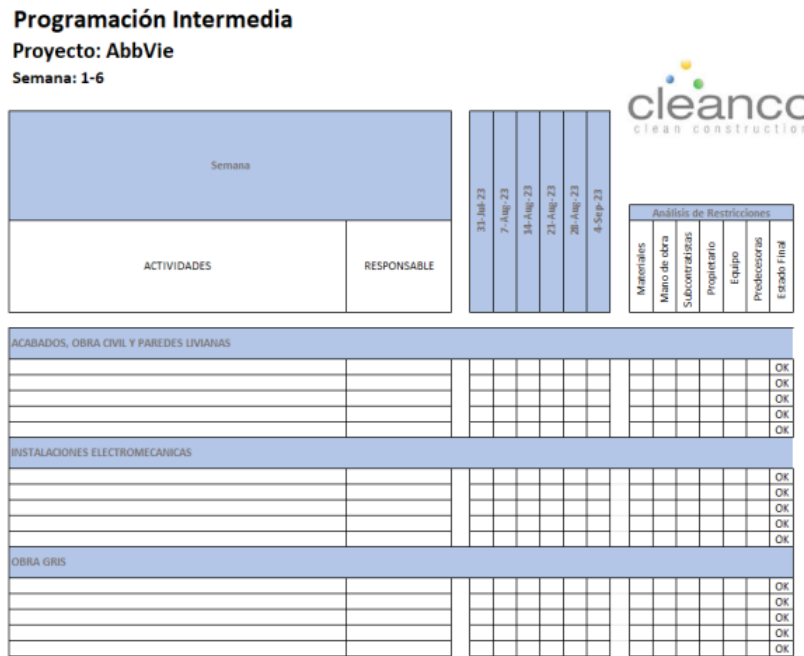
1.6.2 Mediano plazo (Plan intermedio-Look ahead)

El plan intermedio tiene como objetivo planificar las actividades “*que se pueden*” realizar dentro de un período seleccionado de entre 4 a 6 semanas dado un plan maestro, y se recomienda no cambiar dicho período a lo largo de la ejecución del proyecto. Durante el plan intermedio se realiza un análisis de restricciones a las actividades comprendidas en el período elegido (para el caso de este proyecto el lapso será de 4 semanas), esto con el fin de designar responsables que liberen dichas restricciones y sumar las actividades al inventario de trabajo ejecutable.

Así mismo Ballard (2000) menciona algunas funciones del plan intermedio o Look Ahead, tales como, dar forma y ritmo al flujo de trabajo, igualar la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo, descomponer las actividades del plan maestro en paquetes de trabajo y operación, desarrollar métodos detallados para

ejecutar el trabajo, y mantener/agregar actividades en el inventario de trabajo ejecutable. Para el correcto desarrollo del plan intermedio se requiere el compromiso y colaboración de todos los involucrados. Para la implementación de este plan es común utilizar una plantilla (ya sea en físico o en digital) para favorecer la visualización las tareas a realizar, su duración y dependencias. En la siguiente figura se muestra una plantilla de ejemplo.

Figura 7.
Ejemplo de plantilla de planificación intermedia



Nota. Tomado de Gamboa (2023), Implementación de la metodología Last Planner System en la empresa Clean Construction.

1.6.2.1 Restricción de actividades

El objetivo de esta actividad es revisar las actividades dentro del plan intermedio para determinar las posibles restricciones que pueda presentar, además de designar el plan a seguir para liberarlas y el responsable de hacerlo. Pons y Rubio (2019) recalcan la importancia de la presencia de los jefes de cuadrilla en estas reuniones, debido a que ellos conocen mejor la realidad en campo. Además, recomiendan que se lleve una lista de las restricciones, donde se contemple lo siguiente: Actividad afectada, descripción de la restricción, acción o compromiso, responsable de liberación, fecha de identificación, fecha dispuesta para liberación y fecha real de liberación. Para ejemplificar lo anterior se puede consultar la figura 7.

Ballard (2000), menciona que la naturaleza de la restricción dependerá de la actividad, para ello menciona los siguientes ejemplos de restricciones: Espera de permisos, inspecciones, aprobaciones, diseños, submittals, falta de materiales o equipo. Por otro lado, Pons y Rubio (2019) recomiendan llevar un control sobre el análisis de restricciones considerando los siguientes indicadores:

- Confiabilidad de liberación: Porcentaje de restricciones liberadas en la fecha esperada o antes.
- Cantidad de restricciones identificadas.
- Días de anticipación: Diferencia de días entre la fecha de identificación de la restricción y la fecha de liberación esperada.
- Capacidad de gestión del equipo: Diferencia de días entre la fecha de identificación de la restricción y la fecha real de liberación.
- Cantidad de compromisos vigentes por responsable: Su función es verificar si hay una sobrecarga o se está subutilizando personal.

Figura 8.

Ejemplo de plantilla de análisis de restricciones

Análisis de restricciones						
Proyecto					Revisión No.	
Encargado					Semana	
					Fecha de revisión	
Tarea por realizar	Restricción	Responsable de levantar la restricción	Fecha que debe estar resuelto	Observaciones	Estado	

Nota. Tomado de Rojas, (2021), Metodología de planificación basada en la filosofía “Last Planner” en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería.

1.6.2.2 Inventario de trabajo ejecutable

Son todas aquellas actividades que se han liberado de las restricciones identificadas en el proceso de análisis de restricciones y que se encuentran en el plan intermedio, atendiendo en este caso las actividades a realizar en un período de 4 semanas. La intención es mantener un flujo de trabajo estable, esto con el objetivo según (Díaz 2007, citado en Rojas, 2021) de no provocar inactividad o disminuir la productividad de las cuadrillas o subcontratistas. Por lo cual, estas actividades deben estar registradas y a la mano para su posterior ejecución. A continuación, se muestra una plantilla de ejemplo.

caso las causas de no cumplimiento. Para una mejor gestión de los compromisos adquiridos por parte del equipo Pons y Rubio (2019) recomiendan que se deje en claro los siguientes aspectos respecto a los compromisos adquiridos:

- Actividad por ejecutar.
- Responsable de la actividad.
- Cantidad de obra asumida (Avance esperado).
- Avance real.
- Fechas de inicio y entrega.

Al igual que para la planificación intermedia, en el plan semanal se utiliza una plantilla para visualizar las tareas semanales, y en su debido caso las causas de no cumplimiento y el porcentaje de actividades completadas, cabe recalcar que ambos términos mencionados anteriormente se atenderán en las siguientes secciones. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de plantilla,

Figura 10.
Ejemplo de plantilla para la planificación semanal.



PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS
LAST PLANNER SYSTEM, LPS (SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)
PLANTILLA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL

En las columnas de programación semanal anote las actividades/tareas que serán ejecutadas en la semana según el compromiso de los involucrados. Dentro de 8 días determine el porcentaje de avance de cada actividad/tarea y anote si se cumplió o no en las columnas de control semanal. Además marque las causas de no cumplimiento para el caso de actividades/tareas no completadas.

Proyecto:		Fecha de confección:	
Dirección Técnica:			

Periodo de Planificación	Semana N°
Fecha Inicial	
Fecha Final	

PROGRAMACIÓN SEMANAL	CONTROL SEMANAL		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO							
Actividad/ Tarea en la programación semanal	Porcentaje Ejecutado	Cumplimiento	Causas Externas	Falta Materiales	Falta de Herramientas o Equipos	Clima	Rendimiento MD	Predecesora	Diseños Indefinidos	Otras
PAC		0%								

Nota. Tomado de Alpizar (2017), Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.

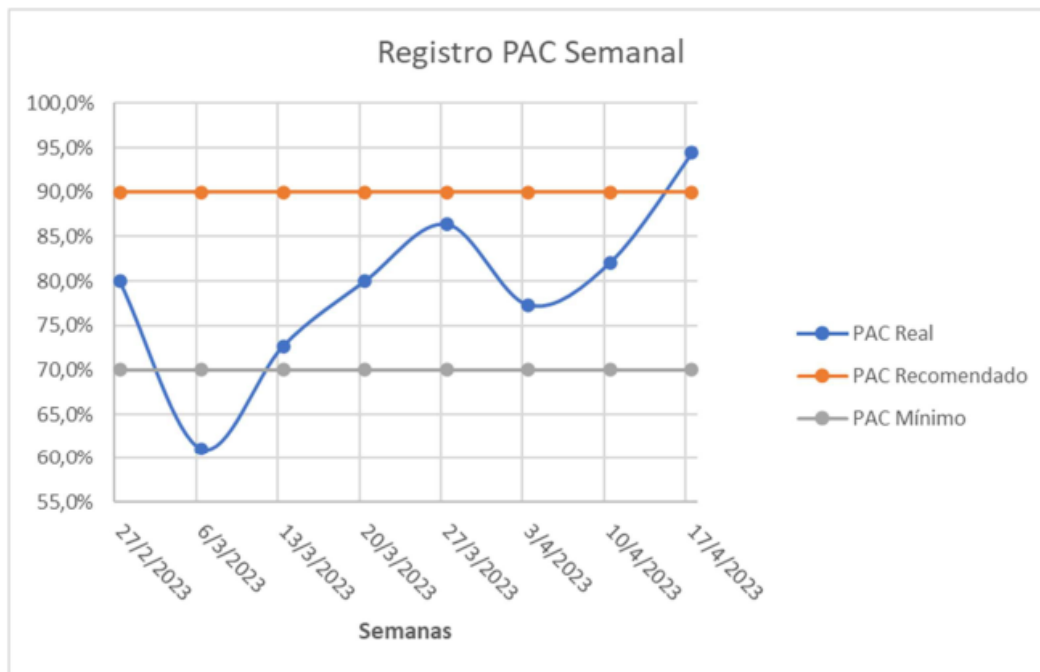
1.6.3.1 Porcentaje de actividades completadas (PAC)

Como su nombre lo indica el porcentaje de actividades completadas (PAC) funciona como indicador de los compromisos adquiridos durante el plan semanal, según Pons y Rubio (2019), esta herramienta funciona como medidor de la confiabilidad del equipo. El PAC considera que una actividad se cumplió si refleja un avance igual o superior al esperado, por lo cual, todas aquellas actividades que alcanzaron el objetivo esperado se les asigna una calificación de uno, caso contrario, se le asigna una calificación de cero, y dado estos resultados se evalúa las actividades completadas respecto al total de actividades planificadas para esa semana.

Según Alpízar (2017) el PAC idealmente deberá encontrarse entre el 80% y 90%, caso contrario se estaría incumpliendo con los compromisos por consiguiente se retrasaría el proyecto. El PAC se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$PAC = \frac{\text{Número de actividades completadas}}{\text{Número de actividades planificadas}} \cdot 100 \quad (1)$$

Figura 11.
Ejemplo de representación del PAC semanal.



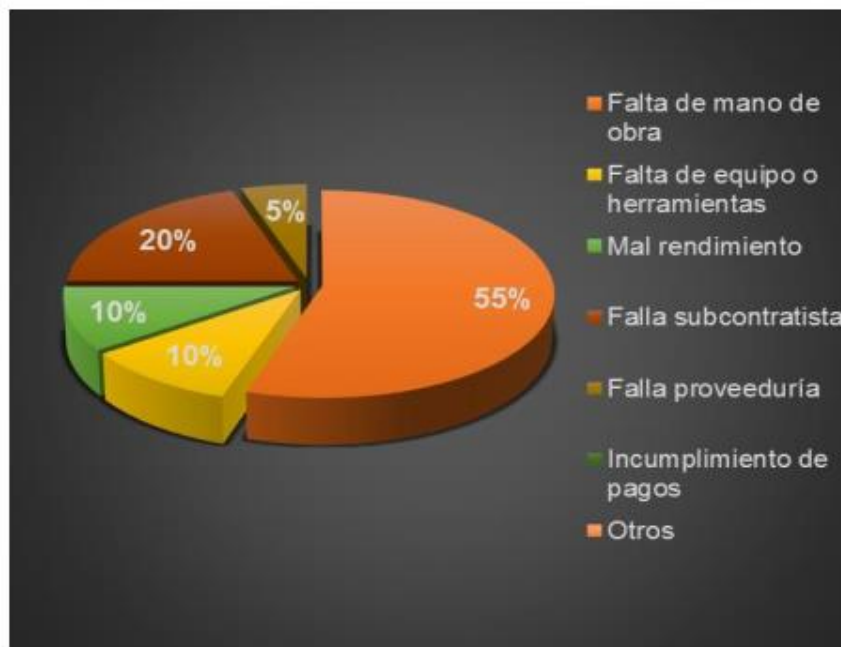
Nota. Tomado de Sandí (2023), Proceso para fortalecer el uso de Last Planner para el mejoramiento de procesos constructivos de SCALA.

1.6.3.2 Causas de no cumplimiento (CNC)

Este proceso se realiza durante cada plan semanal, y permite determinar la razón por la cual los compromisos adquiridos no se cumplieron. Pons y Rubio (2019) dan importancia a enlistar las CNC más comunes, y así tomar las acciones correctivas correspondientes. Registrar las CNC y tomar las acciones correctivas, tiene como objetivo el evitar incurrir sobre las mismas causas de atraso en futuras ocasiones durante la ejecución del proyecto. A continuación, se muestra una representación gráfica de las CNC a partir de su registro:

Figura 12.

Ejemplo de representación gráfica de las CNC.



Nota. Tomado de Rodríguez (2017), Implementación de la metodología de planificación y control “Last Planner” en el proyecto de construcción: Unidad Productiva San Rafael.

1.6.3.3 Reunión semanal

Esto es fundamental para el buen desarrollo de los aspectos antes mencionado. En la reunión semanal deberán asistir todas las partes involucradas (últimos planificadores). En esta reunión se tratan temas como el PAC, las CNC, se actualiza el plan intermedio y se realiza el plan semanal. Pons y Rubio (2019), proponen la siguiente estructura para una reunión semanal.

Cuadro 1.*Estructura típica de una reunión semanal*

Duración	Participantes
60-90 minutos	Ingeniero de obra, asistente, maestro de obra y subcontratistas.
Objetivos	Comportamiento esperado
Evaluar el PAC	No interrupciones, ni distracciones
Análisis de CNC	Apoyo al equipo
Toma de acciones para mitigar CNC	Compromiso
Actualizar plan intermedio, lista de restricciones, inventario de trabajo ejecutable y cronograma.	Preparación previa a la reunión
Definir el siguiente plan semanal.	Retrospección y aprendizaje continuo
Entradas	Salidas
Lista de problemas inmediatos y estado actual	Nuevos compromisos, actualización de lista de problema inmediatos, plan maestro, intermedio y semanal.

Nota. Adaptado de Pons y Rubio (2019), Lean Construction y la planificación colaborativa: metodología del Last Planner® System.

Capítulo 2: Marco Metodológico

En las siguientes subsecciones se explicará detalladamente el procedimiento seguido para el desarrollo de los objetivos de este proyecto.

2.1 Tipo de investigación

Una investigación según Hernández, Fernández y Baptista (2010) se define como un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno. El tipo de investigación se ve definida por el objetivo o la naturaleza del caso de estudio, entre los tipos de investigación se encuentra la cualitativa, cuantitativa, experimental, mixta, etc. Para este estudio es catalogada como una investigación mixta dada las características del proyecto, donde se involucran aspectos cualitativos y cuantitativos, además se analiza la relación entre ellos.

A continuación, se define brevemente qué es una investigación mixta.

2.1.1 Investigación mixta

Tal como se menciona anteriormente, en este proyecto se atienden aspectos cualitativos y cuantitativos, dado esto se selecciona realizar una investigación mixta con el objetivo de solventar la necesidad de la empresa. Los aspectos cualitativos relacionados al proyecto se atendieron primero, esto involucro una revisión documental acerca de Lean Construction y el estado de la práctica de Last Planner System, además del estudio y análisis del estado actual de la empresa en procesos de planificación, seguimiento y control de obra pública para la identificación de falencias.

Por otro lado, los aspectos cuantitativos se estudiarán, analizarán y medirán en distintas etapas durante el desarrollo del proyecto. Primero se realizará el análisis principalmente de cronogramas y presupuestos de obras públicas, con la intención de generar un antecedente, posterior a esto se aplicará de manera piloto el procedimiento para la implementación de LPS, de lo cual se extraerá datos medibles como tiempo de retrasos,

causas de no cumplimiento y porcentajes de actividades completadas. Combinando los aspectos cualitativos y cuantitativos, se permite el desarrollo correcto de los objetivos planteados en este proyecto.

2.2 Categorías y variables

Dado que la investigación a realizar es clasificada como mixta, se utilizarán distintas categorías y variables. Para esclarecer las diferencias de estas, se definen los conceptos de categorías y variables. Para esto Jiménez (2020) menciona que las categorías son los conceptos claves de la investigación y poseen su origen en los objetivos específicos. Lo cual permite categorizar la información y facilita su análisis.

Por otro lado, las variables las define Hernández, Fernández y Baptista (2010) como una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse, donde una variable puede ser la resistencia de un material, la productividad de un objeto o sujeto. También mencionan que el valor de una variable en una investigación está sujeta a su posibilidad de relacionarse con otras variables. En las siguientes subsecciones se definen las categorías y variables utilizadas en la investigación y a qué objetivo específico están asociadas.

2.2.1 Categorías

En la siguiente tabla se definen las categorías utilizadas según el objetivo específico.

Cuadro 2.

Definición de las categorías y sus subcategorías para cada objetivo específico.

Categoría	Definición	Subcategoría	Definición	Objetivo Específico
Gestión de proyectos	Disciplina o conjunto de procesos, donde se aplican distintas técnicas y herramientas que permiten la planeación y control de obra, para asegurar el éxito en la ejecución de proyectos.	Planificación	Procesos y conjunto de técnicas para definir la secuencia, recursos y plazos de actividades para la correcta ejecución de un proyecto de construcción.	1

Cuadro 2.*Definición de las categorías y sus subcategorías para cada objetivo específico. (Continuación)*

Categoría	Definición	Subcategoría	Definición	Objetivo Especifico
Gestión de proyectos		Seguimiento y Control	El seguimiento es el análisis de la información del proyecto para la comparación de lo ejecutado respecto a lo planeado. Que es facilitado a partir del control de obra, correspondiente al conjunto de herramientas y técnicas para la medición, diagnóstico y verificación de cumplimiento de actividades, que permiten la toma de decisiones y aplicar medidas correctivas.	1
Listado de proyectos	Conjunto de proyectos realizados, con información relevante como cronogramas y presupuestos.	Obra pública	Son todos aquellos proyectos de obra nueva, remodelación y/o expansión, cuyo beneficiario es la sociedad, estos pueden ser ejecutados y financiados por entes públicos.	1
Estado del arte	Es el resultado de una investigación y revisión literaria acerca de un tópico y/o método, donde se describe detalles de la historia, conceptos, técnicas.	Lean Construction	Filosofía relacionada a la aplicación de los conceptos Lean para mejorar la eficiencia de la planificación y ejecución en proyectos de construcción.	2

Cuadro 2.*Definición de las categorías y sus subcategorías para cada objetivo específico. (Continuación)*

Categoría	Definición	Subcategoría	Definición	Objetivo Especifico
Estado de la práctica	Es el resultado de una investigación y revisión literaria acerca de un tópico y/o método donde se describe conceptos, herramientas, dificultades, recomendaciones y buenas prácticas.	Last Planner System	Sistema asociado a Lean Construction, enfocado a la planificación y gestión de obra que promueve la mejora en aspectos planificación, seguimiento y control de obra.	2
Análisis F.O.D. A	Análisis que permite la detección del estado actual respecto a fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, que se presentan en una empresa, proyecto o bien método.	Fortalezas	Son todas aquellas características o acciones que presenta la empresa, proyecto o método que funcionan bien y generan ventajas.	2
		Oportunidades	Son aquellas herramientas o acciones que la empresa, proyecto o método puede adoptar para generar una ventaja competitiva.	2
		Debilidades	Son todas aquellas características o acciones que presentan la empresa, proyecto o método que no funcionan de la manera correcta y disminuye el valor.	2

Cuadro 2.*Definición de las categorías y sus subcategorías para cada objetivo específico. (Continuación)*

Categoría	Definición	Subcategoría	Definición	Objetivo Especifico
Análisis F.O.D. A		Amenazas	Agentes o cambios externos, que van o pueden producir la disminución del valor de la empresa, proyecto o método.	2
Procedimiento de implementación de Last Planner System	Conjunto de documentos y herramientas, para la correcta implementación de LPS y mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control	Documento de implementación de LPS	Documento donde se describe y especifica los conceptos necesarios relacionados a LPS, además de la serie de pasos a seguir para la correcta aplicación.	3
		Herramientas de Excel para aplicar LPS	Conjunto de hojas de cálculo que permiten la planificación, seguimiento y control, además del registro de estas y otros indicadores como el PAC o CNC.	3
Personal capacitado	Aquellos sujetos que han sido instruidos y capacitados para el entendimiento y/o manejo de algún tema o método.	Personal involucrado	Todos aquellos sujetos participantes en la acción de algún proceso o actividad, que afecten en la duración de la obra.	4

Cuadro 2.

Definición de las categorías y sus subcategorías para cada objetivo específico. (Continuación)

Categoría	Definición	Subcategoría	Definición	Objetivo Especifico
Personal capacitado		Capacitación	Enseñanza y/o instrucción de los conocimientos y en el uso de las herramientas requeridas sobre un tema o método.	4
Aplicación piloto del procedimiento	Implementación limitada y controlada de un procedimiento en un proyecto real para determinar su eficiencia.	Identificación de mejoras y procedimiento ajustado	Procedimiento ajustado por medio de la identificación de mejorar durante la aplicación piloto del mismo.	4

2.2.2 Variables

Dada la definición de variable expuesta en el apartado 2.2, en esta subsección se detallan las variables utilizadas para cada objetivo. En la siguiente tabla se muestran las variables.

Cuadro 3.

Variables utilizadas según objetivo específico.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Objetivo Especifico
Falencias en etapas de planificación, seguimiento y control de obra.	Son todas aquellas falencias y oportunidades de mejora en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, que produce una ineficiente ejecución del proyecto, produciendo aumento en plazos y sobrecostos.	Falencias/puntos de mejora en la planificación: Planificación inadecuado o deficiente durante la ejecución de un proyecto. Falencias/puntos de mejora en seguimiento y control de obra: Seguimiento y control escaso, nulo o deficiente durante la ejecución de obra.	1

Cuadro 3.

Variables utilizadas según objetivo específico. (Continuación)

Variable	Definición	Definición Operacional	Objetivo Especifico
Resumen de resultados de implementación de procedimiento	Conjunto de datos categorizados, que facilitan el análisis y evaluación del procedimiento de implementación de Last Planner System, esto a partir de indicadores tales como plazos de actividades, causas de no cumplimiento y porcentaje de actividades completadas.	<p>Causas de no cumplimiento (CNC): Son todas aquellas razones por las cuales las actividades programadas no se llegaron al avance planeado. Esta información puede ser mostrada en gráficos (gráfico de barras o pastel).</p> <p>Porcentaje de actividades completadas (PAC): Resultado de la división de las actividades completadas al 100% o el avance planeado entre las actividades programadas. Esta información puede ser suministrada a partir de un gráfico, donde se compara el PAC real respecto al PAC recomendado.</p>	4

2.3 Sujetos de información

Los sujetos de información son todos aquellos individuos o grupos que participan en una investigación, ya sea suministrando información o siendo objeto de análisis. Tal como menciona (Hernández, Fernández y Baptista 2018, citado en Sandí, 2023) los sujetos de información pueden participar en experimentos, entrevistas o ser expertos en un tema.

Los sujetos de información elegidos en esta investigación deben tener distintas cualidades y conocimientos técnicos (métodos de planificación, criterios empleados, etc.), además deberán tener una influencia directa en las etapas de planificación, seguimientos y control de obra. Por lo cual, entre los sujetos de información se encuentra el gerente general, director técnico, ingeniero residente, asistente de ingeniería, y maestro de obras. En la siguiente tabla se detalla los sujetos de información:

Cuadro 4.

Sujetos de información

Sujeto	Puesto	Información suministrada
Ing. Gilberto Alexander Soto Hidalgo	Ing. Residente (<i>Proyecto Cultivarte</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Ing. Diego Alonso Marchena Arce	Asistente de ingeniería (<i>Proyecto Cultivarte</i>)	Técnicas y métodos utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Maylor Cabeza Quijano	Maestro de obras (<i>Proyecto Cultivarte</i>)	Perspectiva de relevancia en las etapas de planificación de obra.

Cuadro 4.*Sujetos de información. (Continuación)*

Sujeto	Puesto	Información suministrada
Ing. Tomás Segreda	Ing. Residente (<i>Centro Cívico por la Paz en Corredores, proyecto en ejecución</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Ing. Julio Bravo	Ing. Residente (<i>Delegación policial Río Frio, proyecto en ejecución</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Ing. Octavio Tovar	Gerente General (<i>Proyectos de construcción y mantenimiento de tanques de RECOPE, proyectos en ejecución y ejecutados</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Ing. Jorge Robles	Gerente de obra (<i>Proyectos ejecutados de obra pública</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.
Arq. Laura Baltodano	Encargada (<i>Remodelación, Hospital del Trauma INS, proyecto en la recepción provisional</i>)	Técnicas, métodos y criterios utilizados actualmente para la planeación, seguimiento y control de obra. Conocimiento previo de LPS en caso de conozca el sistema y disposición de implementar LPS.

2.4 Fuentes de información

Según Miranda y Acosta (2008) las fuentes de información son todos aquellos medios de los cuales procede la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación o problema presentado y, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados. Entre las fuentes se pueden encontrar documentos, entre ellos libros, artículos, revistas, casos de estudio, etc. Las fuentes de información se llegan a clasificar en dos tipos, fuentes primarias y fuentes secundarias; cabe recalcar que en este proyecto se hizo uso de ambos tipos de fuentes de información.

En la siguiente tabla se explicará cada tipo de fuente de información y se darán ejemplos de estas utilizadas durante el desarrollo del proyecto.

Cuadro 5.

Tipos de fuentes de información y ejemplos

Tipo de fuente de información	Definición	Ejemplos utilizados
Fuentes primarias	Según Maranto y Gonzáles (2015) este tipo de fuentes contienen información original es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, documentos oficiales, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros.	<ul style="list-style-type: none">- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction (Vol. 72, p. 39). Stanford: Stanford University.- Documentación de proyectos de obra pública ejecutados por la empresa.- Entrevistas realizadas a los gerentes de obra, ingenieros residentes, asistente de ingeniería y maestro de obra.

Cuadro 5.

Tipos de fuentes de información y ejemplos. (Continuación)

Tipo de fuente de información	Definición	Ejemplos utilizados
Fuentes secundarias	Por otro lado, Maranto y Gonzáles (2015) mencionan que las fuentes de información secundarias son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria.	<ul style="list-style-type: none">- Artículos relacionados a Last Planner System.- Casos de implementación de LPS.- Trabajos finales de graduación relacionados a la implementación de LPS.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información.

En este apartado se atienden las técnicas e instrumentos de recolección de datos aplicados para el desarrollo de los objetivos establecidos en el proyecto. Por un lado, Hernández y Duana (2020) mencionan que técnicas de recolección de datos comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación. Por otro lado, se encuentran los instrumentos de recolección de información, donde Hernández y Duana (2020) las define como los instrumentos que crean las condiciones para la medición de datos que expresan una abstracción de la realidad, por lo cual, debe ser confiable y objetivo.

En los siguientes apartados se detallan las técnicas e instrumentos utilizados en este proyecto.

2.5.1 Revisión documental

La revisión documental es una técnica común para recopilar información relacionada al tema de investigación, que según Gómez, Carranza y Ramos (2016), ayuda tanto a la construcción del conocimiento como desarrollo de este. Para este proyecto se utilizó documentación relacionada a la empresa respecto a proyectos de obra pública y documentos relacionados a Lean Construction y sobre la implementación de LPS.

Cuadro 6.

Revisión documental y documentos consultados.

Técnica	Descripción
Revisión de la documentación de la empresa Constructora CONICO.	Revisión de cronogramas de trabajo o diagramas de Gantt de proyectos de obra pública. Para este proyecto se estudiarán los siguientes: Proyecto FECOSA, OP8 (RECOPE), Centro Cívico por la Paz de Corredores, Delegación policial de Horquetas y Cultivarte. Esta información permitirá la identificación de las posibles debilidades o falencias con lo que respecta a las etapas de planificación, seguimiento y control de proyectos de obra pública.
Revisión documental de Last Planner System.	Se refiere a la investigación bibliográfica acerca de Last Planner System. Donde se consultará distintas fuentes tales como documentos, libros, artículos, casos de estudio de implementación de Last Planner System. Esto se realizará con el objetivo de aumentar el conocimiento y fundamentar la base teórica alrededor de Lean Construction, por otro lado, se buscará identificar las principales claves de éxito, recomendaciones y posibles dificultades para implementar Last Planner System. Tanto la información que se recopilará en la revisión documental de Lean Construction y LPS, y en la revisión de la documentación de la empresa, permitirá desarrollar el procedimiento de implementación de Last Planner System, con el objetivo de mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de proyectos de obra pública de la empresa Constructora CONICO.

2.5.2 Observaciones

Las observaciones según (Behar 2008, citado en Rojas, 2021) se refiere como aquel registro sistemático, válido y viable de comportamiento o conducta manifiesta. Las observaciones se realizarán durante las reuniones entre el ingeniero residente, asistente de ingeniería y maestro de obras, en estas reuniones se adoptó una posición neutral para no afectar el flujo normal de estas, ni el criterio de los participantes. Las observaciones se realizarán en dos etapas, la primera etapa tiene como objetivo obtener datos respecto al estado actual de la empresa en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública, y la segunda etapa corresponde al período

cuando se realizará la implementación del procedimiento de Last Planner System, donde se observará como el equipo se desempeña bajo la aplicación del procedimiento.

2.5.3 Entrevistas

Según Torres, Paz y Salazar (s.f) menciona que a partir de esta técnica se obtienen datos más subjetivos del entrevistado lo cual permite adquirir información más apegada a la realidad. Por lo cual, las preguntas realizadas se deben orientar sobre una misma temática, en este caso se trata acerca de los procesos de planificación, seguimiento y control de obra.

La finalidad de las entrevistas en el presente trabajo es obtener información de los ingenieros residentes, asistentes, maestros de obra, gerentes y directores de obra, sobre los actuales procesos de planificación, seguimiento y control de obra, en obras públicas. Además, se aspira a saber sobre la predisposición de los participantes a utilizar LPS. Cabe recalcar que la naturaleza de las preguntas varía entre las realizadas al personal profesional (ingenieros) y personal técnico (maestro de obra).

En el **apéndice A** se muestran los cuadros con las preguntas a realizar al gerente general, gerente de obras, ingenieros residentes, arquitecta, asistente de ingeniería y maestro de obra.

2.5.4 Procedimiento de implementación de Last Planner System

Para el presente trabajo se tiene como finalidad la implementación del sistema Last Planner, para el cual se desarrollará el procedimiento de implementación el cual estará adaptado a las necesidades de la empresa Constructora CONICO. Además, se brindarán las herramientas necesarias para implementar dicho procedimiento abarcando así el plan maestro, plan intermedio y plan a corto plazo. Este apartado atiende al objetivo específico 3, el procedimiento será explicado en la sección de resultados y será adjuntado en el **Apéndice C**. Cabe recalcar que el procedimiento se efectuará una vez se haya concluido con la aplicación de las técnicas e instrumentos mencionados en los apartados 2.5.1, 2.5.2 y 2.5.3.

2.5.5 Aplicación piloto

La aplicación piloto, corresponde a la implementación controlada en un período aproximado de 4 semanas del procedimiento mencionado en el apartado 2.5.4. La finalidad de la aplicación piloto es evaluar el desempeño

del procedimiento a desarrollar, y atender al objetivo específico 4. Los resultados de este apartado serán atendidos en la sección de resultados.

2.6 Análisis y manejo de la información

Al finalizar de aplicar las técnicas e instrumentos de recolección de información detallados anteriormente se procede a la debida presentación, análisis y manejo de la información obtenida. Este proceso permite que se pueda identificar de una manera simple y concisa de los datos; a su vez, facilita su manipulación para justificar la toma de decisiones.

Por lo cual, se tiene como objetivo detallar la presentación de los productos esperados, al igual que describir el proceso seguido al analizar la información. Esto pretende establecer la base de las conclusiones y futuras recomendaciones.

2.6.1 Presentación de los resultados

La presentación de resultados se refiere a los métodos que se emplearán para ilustrar las evidencias y conclusiones de la investigación a realizar, la presentación del resultado dependerá del tipo de investigación, técnicas e instrumentos de recolección de información aplicados. En la siguiente tabla se detalla la forma de presentación de los datos de acuerdo con la técnica o instrumento aplicado.

Cuadro 7.

Resumen de la presentación de los datos

Técnica o instrumento	Forma de presentación	Objetivo Específico
Revisión de la documentación de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Lista o resumen (Proyectos de obra pública ejecutados por Constructora CONICO) - Resumen (Falencias o debilidades identificadas en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública) 	1
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Fotografías y detalle de las reuniones de planificación, seguimiento y control realizadas en obra. 	1
Revisión documental de LPS	<ul style="list-style-type: none"> - Resumen o tabla (Análisis FODA del estado de la práctica de LPS). - Tabla (Matriz comparativa de las buenas prácticas de LPS y estado actual de la empresa respecto a planificación, seguimiento y control de obra). 	2

Cuadro 7.

Resumen de la presentación de los datos. (Continuación)

Técnica o instrumento	Forma de presentación	Objetivo Específico
Entrevistas	<ul style="list-style-type: none">- Tablas que muestre la respuesta de cada sujeto.- Resúmenes que destaquen las principales falencias o debilidades identificadas.	1
Procedimiento de Last Planner System y aplicación piloto	<ul style="list-style-type: none">- Documento que contiene el procedimiento para la aplicación de Last Planner System en proyectos de obra pública de la empresa Constructora CONICO e instructivo del uso de las herramientas desarrollados en Excel.- Archivo de Excel compartido por medio de OneDrive o similar, que contiene las herramientas para facilitar las etapas de planificación, seguimiento y control de proyectos de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO	3
Aplicación piloto	<ul style="list-style-type: none">- Personal de trabajo (ingenieros residentes, directores de proyectos, obreros) capacitados en la aplicación del procedimiento y uso de las herramientas desarrolladas.- Resumen de ejecución del procedimiento, destacando las oportunidades de mejora y desempeño del procedimiento y equipo de trabajo.- Procedimiento ajustado a partir de las oportunidades de mejora identificadas.	4

2.6.2 Descripción del proceso de análisis

Con la información que se obtiene a partir de la aplicación de las técnicas e instrumentos respectivos, se procede al análisis ordenado y secuencial de la información. Donde se indicará de qué manera como cada proceso de análisis contribuye al desarrollo de productos y logro de objetivos específicos, además de su relación con otros objetivos. En la siguiente tabla se muestra la descripción del proceso de análisis de la información, según la técnica e instrumento a utilizar.

Cuadro 8.

Descripción del proceso de análisis según técnica o instrumento.

Técnica o instrumento	Proceso de análisis
Revisión de la documentación de la empresa	Este apartado permite cumplir con el primer objetivo, ya que, se pretende abordar la situación actual de la empresa respecto a las etapas de planificación, seguimiento y control en obra pública. Para el análisis de esta información primero se realiza la recolección y evaluación de información, proveniente de proyectos de obra pública ejecutados por la empresa, tales como cronogramas o diagramas de Gantt. El análisis se realizará con el objetivo de identificar las prácticas actuales de la empresa y sus falencias. Como se mencionó anteriormente esta información será dispuesta en el apartado de resultados con su debido análisis en la sección correspondiente. Cabe recalcar que los productos obtenidos se utilizaran para desarrollar el segundo objetivo, a través de la comparación del estado actual de la empresa y las buenas prácticas que ofrece LPS.
Revisión documental de Last Planner System	De manera similar al punto anterior se atiende este, el cual contribuye al segundo objetivo. Donde primero se efectuará la recolección y evaluación de información, provenientes de libros, informes, artículos y casos de estudio de LPS, filtrando datos relevantes y aplicables a nuestro proyecto, tales como, buenas prácticas en LPS, recomendaciones para su implementación, métodos y técnicas usadas. Junto al punto anterior, la información analizada permitirá desarrollar una matriz comparativa entre los procesos actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control, y las buenas prácticas de LPS.
Observaciones	Las observaciones se realizarán durante las reuniones entre el ingeniero residente, asistente de ingeniería, el maestro de obra y los posibles subcontratistas. Con el objetivo de recolectar información relacionada a la estrategia a seguir en las etapas de planificación y control, además del criterio utilizado. Esta información se evidenciará a partir de anotaciones y fotografías tomadas en las reuniones. Al igual que en los puntos anteriores la información recolectada permite la identificación de oportunidades de mejora en las respectivas etapas y corregirlas con la implementación de LPS.

Cuadro 8.

Descripción del proceso de análisis según técnica o instrumento. (Continuación).

Técnica o instrumento	Proceso de análisis
Entrevistas	<p>Las entrevistas se realizarán con miembros de la oficina de campo del proyecto Cultivarte, con ingenieros residentes a cargo de ejecutar proyectos de obra pública y con los respectivos gerentes de proyecto. El objetivo es identificar el estado actual de la empresa respecto a procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública. Por esto, las preguntas realizadas van enfocadas a temas relacionadas a la planificación y control de obra, experiencia en obra pública y los desafíos presentados.</p> <p>Cada respuesta será tabulada o presentada en gráficos para su debido análisis en la sección respectiva. La información obtenida de los entrevistados brindará el conocimiento de estado actual de la empresa, además permite identificar las falencias con el propósito de suplirlas a partir de la implementación de LPS.</p>
Procedimiento de Last Planner System	<p>Tal como se mencionó anteriormente el procedimiento de implementación de LPS se desarrollará una vez aplicadas las técnicas e instrumentos de los apartados 2.5.1, 2.5.2 y 2.5.3, esto permitirá ajustar dicho procedimiento a los requerimientos de la empresa respecto a proyecto de obra pública, a su vez se desarrollarán distintas herramientas para facilitar su implementación.</p>
Aplicación piloto	<p>Posterior al desarrollo del procedimiento se realizará una aplicación piloto del procedimiento en el proyecto Cultivarte durante un período aproximado de 4 semanas, para evaluar el procedimiento, y también los cambios generados en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, a partir de indicadores tales como el porcentaje de actividades completadas o las causas de no cumplimiento.</p>

Capítulo 3: Resultados

En esta sección se mostrarán los resultados de las actividades desarrollados para cumplir con los objetivos propuestos.

3.1 Procesos en la gestión de obra en la Constructora CONICO

En esta sección se describen los principales resultados obtenidos respecto al estado actual de la empresa Constructora CONICO respecto a los procesos de planificación, seguimiento y control de obra.

3.1.1 Estudio de proyectos de Constructora CONICO

Como parte del estudio de los proyectos de la Constructora CONICO, se solicitó información referente a la planificación, seguimiento y control de obra proyectos públicos. Para lo cual, la empresa brindó únicamente los cronogramas empleados en proyectos de obra pública finalizados o en ejecución, estos en formato MS Project o PDF (consultar **Anexo A**), ya que comentaron que no tenían registro de información de seguimiento y/o control de los proyectos. Para esto se hizo estudio de seis proyectos de obra pública, lo cuales se establecen en el siguiente cuadro:

Cuadro 9.

Listado de proyectos a analizar

Nombre del proyecto	Institución que promueve	Tipo de proyecto	Estado
Centro Cívico por la paz	Municipalidad de Corredores	Construcción	Ejecución
Cultivarte	Municipalidad de Escazú	Construcción	Ejecución

Cuadro 9.*Listado de proyectos a analizar (Continuación)*

Nombre del proyecto	Institución que promueve	Tipo de proyecto	Estado
Ampliación y remodelación del Centro de Equipos y Esterilización, y Remodelación de Sala de Operaciones del Hospital del Trauma del INS	Instituto Nacional de Seguros (INS)	Ampliación/Remodelación	Recepción provisional (Concluido)
Terminal de buses FECOSA	Municipalidad de Alajuela	Construcción	Concluido
OP8, Tanque 704	RECOPE	Mantenimiento	Concluido
Delegación Policial de Horquetas, Río Frío	Ministerio de Seguridad Pública	Construcción	Ejecución

Tal como se mencionó anteriormente, se pretende analizar la información presente en los cronogramas, tal como su estructura, contenido y nivel detalle. Por lo cual, en el siguiente cuadro se muestra un resumen del análisis realizado.

Cuadro 10.*Resumen de análisis de proyectos ejecutados por Constructora CONICO*

Proyecto	Procesos identificados
Centro Cívico por la Paz	<ul style="list-style-type: none"> • Se agrupan las actividades. • Las actividades se desglosan en tareas. • Se asigna duración y secuencia a las tareas. • Los grupos de actividades siguen una secuencia lógica y facilita el entendimiento del flujo del proyecto.
Ampliación/Remodelación del Hospital del Trauma	<ul style="list-style-type: none"> • No se agrupan todas las actividades • Las actividades no presentan un desglose • Se asigna duración y secuencia en actividades. • La secuencia asignada a las actividades permite el seguimiento de ejecución del proyecto.
Cultivarte	<ul style="list-style-type: none"> • Agrupamiento de actividades • No se desglosa las actividades • Se asigna duración y secuencia lógica a las actividades. • La secuencia asignada permite entender el flujo de trabajo a realizar.

Cuadro 10.

Resumen de análisis de proyectos ejecutados por Constructora CONICO. (Continuación)

Proyecto	Procesos identificados
Terminal de buses FECOSA	<ul style="list-style-type: none">• En algunos casos se desglosan los grupos de actividades, en otros casos solo se hace mención del grupo de actividades, ejemplo: "Obra gris".• Se asigna duración y secuencia a los grupos de actividades o actividades mismas.• La secuencia permite tener una idea básica del flujo de trabajo.
OP8, Tanque 704	<ul style="list-style-type: none">• Presenta un cronograma detallado• Se agrupan las actividades• Se desglosa las actividades, y se asigna una duración y secuencia.• La secuencia no resulta lógica, lo cual puede producir confusiones para entender el flujo del trabajo.
Delegación Policial de Horquetas, Río Frío	<ul style="list-style-type: none">• Se agrupan las actividades• Los grupos de actividades se asignan por módulo o sector de construcción.• Se desglosa las actividades, y se asigna duración y secuencia.• La secuencia asignada resulta lógica y permite seguir el flujo de trabajo.

3.1.2 Entrevistas y observaciones

Con la intención de indagar a mayor detalle sobre el estado actual en las etapas de planificación, seguimiento y control, y las principales causas de atrasos de obra pública se realizaron entrevistas con el personal profesional y de campo. Por otro lado, se realizaron distintas preguntas para verificar si el personal profesional tenía conocimiento sobre LPS y su predisposición a implementar Last Planner System. Para facilitar la comprensión de las respuestas del personal profesional (consultar **Apéndice A**), se realizaron distintos gráficos, los cuales se muestran a continuación:

Figura 13.

Diagrama de barras pregunta 2: ¿Qué elementos considera fundamentales durante la planificación?

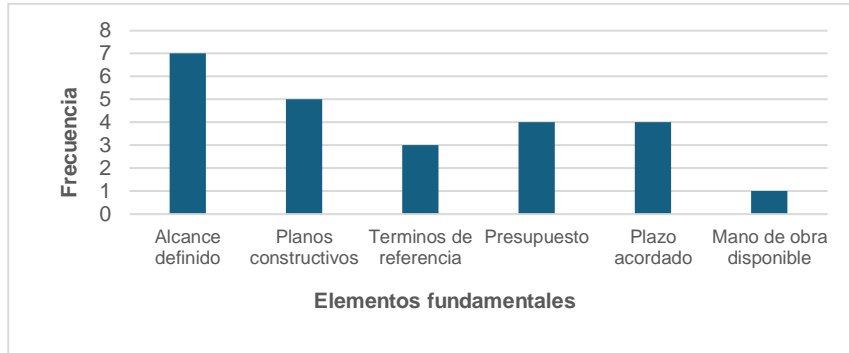


Figura 14.

Diagrama de barras pregunta 3: ¿Cómo realiza actualmente el proceso en la etapa de planificación de obras públicas?

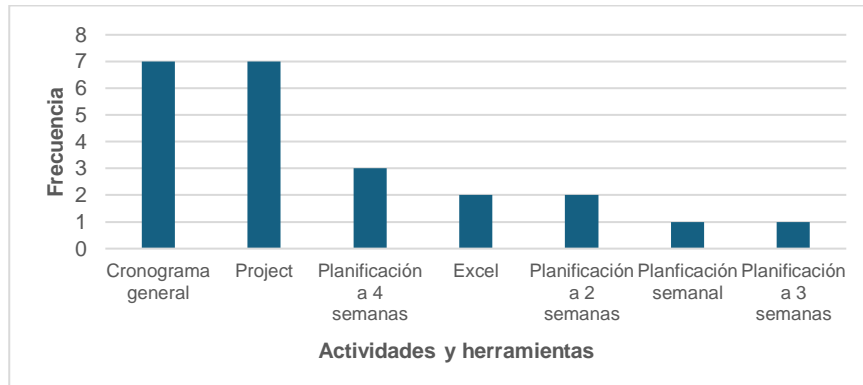


Figura 15.

Diagrama de barras pregunta 4: ¿Actualmente se lleva un seguimiento y control de proyectos de obra pública debidamente? En caso de que sí, explique cómo.

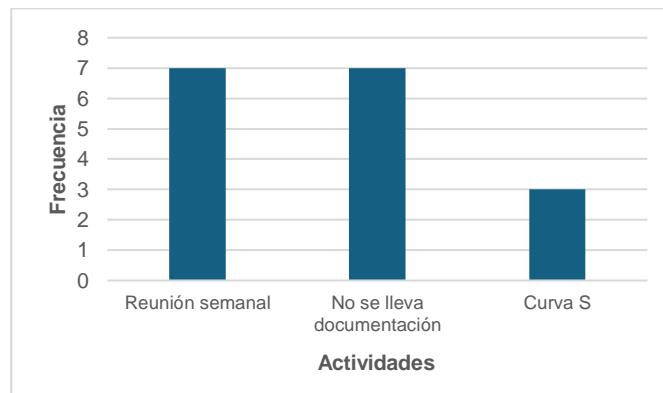
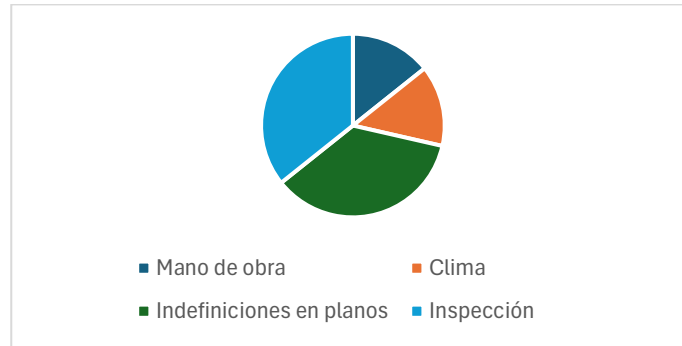


Figura 16.

Gráfico pastel pregunta 5: ¿Cuáles son las principales causas de atraso que ha experimentado durante la ejecución de proyectos de obra pública?



En la figura anterior se observa que la inspección encabeza la lista de las causas de atraso en obras públicas, es importante resaltar que la inspección engloba distintos puntos, entre los cuales destaca los tiempos de respuesta por parte de los inspectores o la institución licitante en consultas o aprobaciones ya sea en RFI (Request for Information) o submittals y la falta de criterio de estos debido a que en ocasiones los inspectores forman parte del personal de la institución licitante y no de una empresa especializada a la inspección.

Figura 17.

Gráfico pastel pregunta 6: ¿Conoce usted sobre el sistema Last Planner y cuál es su opinión acerca de?



Respecto a la pregunta 6, el Ing. Gilberto indicó que en el sistema Last Planner le parece beneficio y útil, ya que involucra a la mayor parte del equipo de trabajo, los demás entrevistados no extendieron una opinión acerca de LPS.

Figura 18.

Gráfico pastel pregunta 7, ¿Durante su carrera profesional ha sido capacitado acerca del sistema Last Planner?



Figura 19.

Gráfico de pastel pregunta 8: ¿Ha participado en proyectos donde se implemente el sistema Last Planner?



Figura 20.

Gráfico pastel pregunta 9: ¿Estaría dispuesto a implementar el sistema Last Planner en sus obras?



En lo que respecta a la pregunta 9, se destaca las respuestas de los gerentes, debido a que, aunque sí estarían dispuestos a implementar LPS, recalcan que primero se implementaría a un proyecto de manera piloto

para verificar su rendimiento, el costo/beneficio de su aplicación y posterior a esto se analizaría si aplicarlo a nivel empresa.

Por último, se realizó una entrevista con Maylor Cabeza (consultar **Cuadro A4, Apéndice A**), quien es el maestro de obras del proyecto Cultivarte. Con la intención de conocer su perspectiva respecto a las etapas de planificación y seguimiento de obra. Durante la entrevista el maestro de obra destaca la importancia que tiene su participación durante las reuniones de planificación de la obra, ya que, él menciona que son los trabajadores quienes tienen la información a primera mano acerca de la ejecución y necesidades de la obra, con lo cual él menciona que se facilita la planificación de las actividades de antemano a las reuniones. Por otro lado, menciona que es importante registrar las causas de no cumplimiento y atraso, debido a que puede favorecer a posibles justificaciones en los proyectos de obra pública.

Por otro lado, para aumentar el conocimiento respecto a los procesos actuales de la empresa respecto a las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, se realizaron observaciones en el proyecto Cultivarte y dado que se está presente diariamente. Las observaciones se realizaron en un período cercano a dos meses, lo cual permitió presenciar dos reuniones de planificación. En la primera reunión fueron participes el ingeniero residente, el asistente de ingeniería y el maestro de obras, la reunión tenía como meta planificar las actividades de las próximas dos semanas (observar **figura B1 en apéndice B**), donde se observó que el ingeniero residente y maestro de obras, desglosaban las actividades, y asignaban la secuencia y duración de cada tarea. Además, verificaban junto al asistente de ingeniería si no había restricciones en las actividades. Por otro lado, se observó que no llevaban registro documentado de los temas discutidos, como restricciones de actividades, actividades ejecutadas y razones de atraso. Por último, se observó que la planificación la realizan en una pizarra (la cual se encuentra en la oficina de campo), donde clasificaban las tareas propias de una actividad dada su naturaleza (trazo, armadura, formaleta, etc.), y a partir de etiquetas adhesivas, anotaban las tareas a realizar por cada actividad (se asignaba un color por actividad). Esto se puede observar en la **figura B1 y B2, en el apéndice B**.

En la segunda reunión de planificación los participantes fueron los mismos que en la primera reunión, al igual que el proceso desarrollado. Sin embargo, en esta reunión realizaron una planificación a 4 semanas (observar **figura B2 en apéndice B**), y al igual que en la reunión antes mencionada, no se registró información acerca de los temas discutidos tales como restricciones, actividades completados y razones de atraso de la obra.

Por último, es importante mencionar que durante el período de dos meses se realizaron únicamente dos reuniones para planificar. Además, no se realizaron reuniones de seguimiento continuas para verificar el estado del proyecto respecto a su avance. A continuación, se muestra un cuadro con el registro de fechas de las observaciones realizadas.

Cuadro 11.

Registro de fechas de observaciones.

Registro de observaciones	
Nota: Las observaciones se realizaron durante dos meses debido a que se está laborando en el proyecto.	
Primera observación (Observar Figura B1)	
Fecha	Lunes 5 de febrero del 2024
Personal presente	Ing. de proyecto (Gilberto Soto) Asistente de ingeniería (Diego Marchena) Maestro de obra (Maylor Cabeza)
Segunda Observación (Observar figura B2)	
Fecha	Viernes 1 de marzo del 2024
Personal presente	Ing. de proyecto (Gilberto Soto) Asistente de ingeniería (Diego Marchena) Maestro de obra (Maylor Cabeza)

3.1.3 Falencias y debilidades identificadas

A partir de los resultados obtenidos de las actividades del apartado 3.1.1 y 3.1.2, se identificaron distintas falencias u oportunidades de mejora por atender respecto a las etapas de planificación, seguimiento y control de obra. Dichos puntos de mejora se mencionan el siguiente cuadro.

Cuadro 12.

Falencias identificadas en procesos de planificación, seguimiento y control de obra.

Falencias y debilidades		
Encontradas a partir del estudio de proyectos.	Encontradas a partir de entrevistas	Encontradas a partir de la observación
<ul style="list-style-type: none">• En el cronograma general de los proyectos estudiados, se notó que no se realiza un desglose adecuado de las actividades.• Las secuencias asignadas en algunas ocasiones no permiten entender el flujo del trabajo y los hitos más importantes.• Falta de evidencias del seguimiento del cronograma.	<ul style="list-style-type: none">• No se registra la información analizada en las reuniones de seguimiento.• No se permite el seguimiento adecuado del proyecto dado a la falta de información.	<ul style="list-style-type: none">• Falta de claridad en consignación de compromisos para resolver problemas asociados en la ejecución de actividades• No se realiza una reunión de seguimiento periódica.• No se registra información en minutas o similar, de lo analizado durante las reuniones de seguimiento.

3.2 Last Planner System

Esta sección tiene como objetivo el estudio de casos de implementación de Last Planner System en proyectos de construcción, esto para la identificación de beneficios, buenas prácticas y recomendaciones. Con lo cual se desarrolla una matriz comparativa respecto al estado actual de la empresa Constructora CONICO en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, y lo ofrecido por la metodología de LPS.

3.2.1 Casos de estudio y análisis FODA del estado de la práctica de LPS.

Last Planner System ha adquirido importancia en la comunidad de los profesionales de la construcción en los últimos años, lo cual ha derivado en estudios acerca del sistema y en casos de implementación. Por lo cual, en esta sección se estudian diversos casos de implementación de LPS, donde se destaca las principales conclusiones, recomendaciones y dificultades presentadas en los proyectos. Los resultados de dicho estudio se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro 13.

Primer análisis de caso de implementación de LPS en obra pública.

Título de proyecto: Aplicación de la metodología Last Planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego.	
Descripción	Autor: Bach. Carlos Alfredo Gonzales Ventura Año de publicación: 2018 El trabajo realizado corresponde al proyecto para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Donde se tenía como problema los tiempos de entrega en las obras, por lo cual, se tenía como objetivo disminuir dichos plazos.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none">• Al aplicar LPS en el planeamiento, programación y control en la obra se logró disminuir los tiempos de ejecución.• Se logró disminuir la duración del proyecto en 11 días.• Un plan intermedio permitió el análisis de restricciones, mejorando el flujo del trabajo.• A partir del plan maestro se logró definir los hitos más importantes del proyecto.• Por medio de la planificación intermedia se permite la anticipación de la toma de decisiones respecto a restricciones.• Se logra disminuir la variabilidad de las actividades.• A partir de la planificación intermedia se logra mantener un inventario de trabajo ejecutable estable que permite el flujo continuo del trabajo.• Elaborando el porcentaje de actividades completadas y revisión de causas de no cumplimiento se logra reducir la variabilidad en las tareas y ser más precisos con las fechas propuestas.
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• Promover el uso de herramientas y metodologías para continuar con el proceso de mejora.• Promover el compromiso de los dueños, gerencia y jefaturas para lograr los compromisos de implementación.
Dificultades	<ul style="list-style-type: none">• No se mencionan

Nota. Adaptado de Gonzales, (2018), Aplicación de la metodología Last Planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego.

Cuadro 14.

Segundo análisis de caso de implementación de LPS en obra pública.

Título de proyecto: Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica.	
Descripción	Autores: Ramiro Fidel Chávez Morales, Elvis Jiovanny García Nicolás y Edgar Manuel Serrano Mariño. Año de publicación: 2022 El trabajo corresponde al proyecto para obtener el grado de Maestría en dirección de la construcción. Donde se tenía como objetivo mejorar la confiabilidad de la planificación del proyecto en la etapa de ejecución.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none">• Se aumentó progresivamente el PAC y se redujo las CNC, a partir de la planificación intermedia y semanal.• Se aumentó la confiabilidad en la planificación.• Se redujo los tiempos de ejecución del proyecto.• Se logra un ahorro en los costos de ejecución de la obra.
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• Establecer un encargado (ingeniero residente) para la aplicación de LPS.• Capacitar al personal sobre las nuevas metodologías como BIM para aumentar la eficiencia de LPS.
Dificultades	<ul style="list-style-type: none">• Falta de compromiso del personal involucrado.

Nota. Adaptado de Chávez et al (2022), Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica.

Cuadro 15.

Tercer análisis de caso de implementación de LPS en obra pública.

Título de proyecto: Integración de Last Planner® System en los planes para la dirección de proyectos de infraestructura pública, creados con las prácticas de la Guía del PMBOK®, sexta edición. Caso: Proyecto “Control de desbordes del río Ica (Tramo 1-II)”	
Descripción	Autores: Julio Roberto Caro Guevara, Jherson Rubén García Danós, Luis Rafael Lozano Sánchez, Karen Katherine Poma Aira y Angie Yuriko Tapia Diaz. Año de publicación: 2022 El trabajo corresponde al proyecto para obtener el grado de Maestría en administración y dirección de proyectos. Donde se tiene el propósito de establecer un plan para la dirección de proyectos, que integre los conceptos de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos establecido por en la PMBOK y los conceptos de la metodología Last Planner System.

Cuadro 15.

Tercer análisis de caso de implementación de LPS en obra pública. (Continuación)

Título de proyecto: Integración de Last Planner® System en los planes para la dirección de proyectos de infraestructura pública, creados con las prácticas de la Guía del PMBOK®, sexta edición. Caso: Proyecto “Control de desbordes del río Ica (Tramo 1-II)”	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none">• Se aumentó la confiabilidad en la planificación debido al aumento progresivo del PAC.• Se redujo los tiempos de ejecución del proyecto.• El sistema Last Planner permite mejorar la productividad debido a que aumenta la confiabilidad en el flujo de trabajo.• Promueve la identificación y eliminación de fuentes de desperdicio.• LPS ofrece una oportunidad para aumentar las utilidades y mejorar la imagen de la empresa ya que ofrece seguridad en los cumplimientos de plazos.
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• Fortalecer las habilidades de liderazgo en profesionales con roles de dirección de proyectos.• Invertir en capacitaciones y recursos que permiten una mejora implementación de LPS.
Dificultades	<ul style="list-style-type: none">• Se requiere un cambio de mentalidad en los profesionales y las organizaciones, además de fuertes dosis de liderazgo.

Nota. Adaptado de Caro et al (2022), Integración de Last Planner® System en los planes para la dirección de proyectos de infraestructura pública, creados con las prácticas de la Guía del PMBOK®, sexta edición. Caso: Proyecto “Control de desbordes del río Ica (Tramo 1-II)”

Cuadro 16.

Cuarto análisis de caso de implementación de LPS en obra pública.

Título de proyecto: Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativas.	
Descripción	Autores: Bach. Roxana Pérez Balbin. Año de publicación: 2019 Trabajo realizado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. El estudio tiene el objetivo de medir el efecto de la aplicación de Last Planner System en la productividad de la construcción de una institución educativa.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none">• Se mejoró significativamente la productividad en la construcción de la institución educativas.• Se redujo la cantidad de trabajo no contributivo.

Cuadro 16.

Cuarto análisis de caso de implementación de LPS en obra pública. (Continuación)

Título de proyecto: Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativas.	
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• Emplear e investigar sobre nuevas herramientas para mejorar la ejecución de proyectos y eficiencia de LPS.• Ampliar el uso de LPS para mejorar la planificación y programación de proyectos.
Dificultades	<ul style="list-style-type: none">• No se menciona.

Nota. Adaptado de Pérez, (2019), Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativas.

Cuadro 17.

Quinto análisis de caso de implementación de LPS en obra pública.

Título de proyecto: Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.	
Descripción	Autores: Greivin Alpízar Ávalos Año de publicación: 2017 Trabajo realizado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Donde se tenía como objetivo optimizar los procesos de planificación, seguimiento y control de obra en FUPROVI.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none">• Las reuniones de planificación semanales son esenciales, ya que, permite involucrar el criterio de todas las partes y mejorar la comunicación.• La programación intermedia permite la adecuada identificación y gestión de las restricciones.
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none">• Se requiere brindar capacitación a los encargados de la dirección de un proyecto acerca de LPS, para generar una cultura y estandarización en los procesos de planificación, seguimiento y control de obra.• Establecer una obligatoriedad en los contratistas para el involucramiento en la aplicación de LPS, mediante el establecimiento de pautas en el contrato.• Fortalecer el proceso de evaluación y selección de contratistas para asegurar un mejor flujo y responsabilidad de trabajo.
Dificultades	<ul style="list-style-type: none">• No se menciona.

Nota. Adaptado de Alpízar (2017), Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.

Por medio del análisis de casos de implementación de determina que son diversas las buenas prácticas identificadas, lo cual se refleja en beneficios al ejecutor de la obra y el propio cliente. Por lo cual, en el siguiente cuadro se destaca las buenas prácticas identificadas.

Cuadro 18.

Resumen de buenas prácticas y beneficios asociados en la implementación de LPS.

Resumen de buenas prácticas identificadas y beneficios asociados en la implementación de LPS	
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar Last Planner System en el planeamiento, programación y control en la obra se logra disminuir los tiempos de ejecución. • Realizar el plan maestro permite definir los hitos más importantes. • A partir de la planificación intermedia, se permite realizar el análisis de restricciones, anticipar la toma de decisiones y beneficiar el flujo de trabajo. • La implementación de la planificación intermedia y semanal permite mejorar los resultados obtenidos a partir de las herramientas como el PAC y el CNC.
Seguimiento y control	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de herramientas de control como el PAC y revisión de CNC, se permite reducir la variabilidad en las tareas y ser más precisos con las fechas propuestas en las planificaciones. • La reunión semanal es esencial para involucrar el criterio de las partes involucradas y mejorar la comunicación.

El aplicar las buenas prácticas identificadas durante la gestión de un proyecto de construcción se puede llegar a mejorar el servicio brindado por el ejecutor de la obra. Asimismo, a partir de la revisión de la literatura respecto a casos de estudio donde se ha implementado la herramienta de Last Planner System, se procede a realizar un análisis FODA para proporcionar una visión integral de la herramienta. A continuación, se muestra un cuadro con el respectivo análisis.

Cuadro 19.*Análisis FODA del estado de la práctica de Last Planner System.*

Aspecto FODA	Características identificadas	Descripción de característica
Fortalezas	Eficiencia de planificación y control de obra.	Se mejora la planificación a largo, mediano y corto plazo, y su respectivo control. Lo cual genera distintos beneficios, tales como: aumento en la confiabilidad de planificación, aumento en el PAC, aumento en la fluidez de trabajo, disminución de tiempos de ejecución de actividades y disminución de plazos de entrega.
	Colaboración de personal y subcontratistas	Mediante la integración de todas las partes involucradas, se logra en las reuniones semanales una mejor comunicación y transparencia en el personal, acerca del estado del proyecto. Lo cual beneficia en los procesos de identificación y gestión de restricciones, y facilita la toma de decisiones.
	Productividad y costos	La confiabilidad en la planificación y la mejora en el flujo de trabajo conlleva al aumento de la productividad y reducción de trabajos no contributivos. Esto promueve el ahorro en los costos de ejecución de la obra.
Oportunidades	Capacitación	Una correcta formación de los líderes e involucrados del proyecto respecto al uso de Last Planner System induce a una mejor adopción del sistema, lo cual promueve su eficiencia en la implementación.

Cuadro 19.*Análisis FODA del estado de la práctica de Last Planner System. (Continuación)*

Aspecto FODA	Características identificadas	Descripción de característica
Oportunidades	Metodologías y tecnología	El uso de otras metodologías como BIM y de herramientas tecnológicas, complementan la implementación de Last Planner System, aumentando su eficiencia. Lo cual, en aspectos generales promueve en conjunto el mejoramiento de la gestión de proyectos.
Debilidades	Liderazgo y compromiso	La correcta implementación de Last Planner System implica que el personal con roles de dirección de proyectos, funjan como líderes tanto a nivel interno de la organización como a nivel de proyecto. Por lo cual, la falta de liderazgo o compromiso de los “líderes” de proyecto, pueden conllevar al fracaso en la implementación de LPS.
	Resistencia al cambio y costos	La implementación de una nueva metodología que implica grandes cambios respecto a la mentalidad y procesos de trabajo involucra normalmente resistencia al cambio. En puestos de gerencia o bien de subcontratista cuyos métodos de trabajo han sido tradicionales, esto implica una gran dificultad. Lo cual, desfavorece no solo a la eficacia de LPS, sino a su implementación como nueva mentalidad en la cultura de la empresa. Por otro lado, la implementación de LPS conlleva un costo asociado, respecto a capacitaciones o contrataciones de personal experto, lo cual, puede representar dificultades en empresas con recursos limitados o bien un factor de rechazo a líderes indispuestos.

Cuadro 19.*Análisis FODA del estado de la práctica de Last Planner System. (Continuación)*

Aspecto FODA	Características identificadas	Descripción de característica
Amenazas	Competencia en el mercado	La no adaptación a las solicitudes de mercado y no adopción de nuevas competencias, puede provocar la reducción en la competitividad. Esto puede llegar a representar una disminución tanto en la adjudicación de proyectos como en su rentabilidad.

3.2.2 Matriz comparativa

A continuación, se muestra un cuadro con las prácticas actuales de la empresa Constructora CONICO en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, comparándolas respecto a las buenas prácticas identificadas en la implementación de LPS.

Cuadro 20.

Matriz comparativa de las buenas prácticas de LPS y prácticas actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra en la empresa Constructora CONICO.

Matriz comparativa			
Proceso	Last Planner System		Constructora CONICO
	Buenas prácticas de LPS	Descripción de práctica	Prácticas actuales
Planificación	Plan maestro	Establecer el alcance del proyecto, donde se destacan los hitos principales a realizar. Para esto se puede agrupar las actividades y desglosar las actividades a realizar, donde se establece la duración, secuencia y codependencias entre estas. El plan maestro debe permitir entender de manera lógica el flujo de trabajo.	Se realiza un cronograma general de la obra, en el cual no siempre se detalla las actividades a realizar, al igual que la secuencia de actividades asignada en algunas ocasiones no permite entender el flujo de trabajo de manera lógica.

Cuadro 20.

Matriz comparativa de las buenas prácticas de LPS y prácticas actuales en procesos de planificación, seguimiento y control de obra en la empresa Constructora CONICO. (Continuación)

Matriz comparativa			
Proceso	Last Planner System		Constructora CONICO
	Buenas prácticas de LPS	Descripción de práctica	Prácticas actuales
Planificación	Plan intermedio	Planificar las actividades que se pueden realizar en un período seleccionado de entre 4 a 6 semanas. Durante la planificación intermedia se atiende y registra tareas como el análisis de restricciones, designación de responsables y se crea un inventario de trabajo ejecutable.	Se realiza planificaciones en plazos que abarcan 4, 3 o 2 semanas.
	Plan semanal	Se convierte las actividades que se encuentran en el inventario de trabajo ejecutable a paquetes de tareas a realizar. Y se visualizan en una plantilla a disposición del personal involucrado.	En algunos proyectos se realiza una planificación en períodos de una semana.
Seguimiento y control	Análisis de restricciones	Realizar un análisis de las posibles restricciones en las actividades del plan intermedio. Para asignar las acciones correctivas y el responsable de liberarlas. Se recomienda llevar un registro de las actividades con restricciones.	Se realiza un análisis, sin embargo, no se lleva un registro de los hallazgos, además de no dejar en claro el encargado de resolver los problemas asociados a la actividad.

Cuadro 20.

Matriz comparativa de las buenas prácticas de LPS y prácticas actuales en procesos de planificación, seguimiento y control de obra en la empresa Constructora CONICO. (Continuación)

Matriz comparativa			
Proceso	Last Planner System		Constructora CONICO
	Buenas prácticas de LPS	Descripción de práctica	Prácticas actuales
Seguimiento y control	Inventario de trabajo ejecutable	Registro posterior al análisis de restricciones de las actividades del plan intermedio con mayor probabilidad de ejecución.	No se realiza.
	Reunión semanal	Reunión con el propósito de atender y analizar temas referentes al porcentaje de actividades completadas, causas de no cumplimiento, actualización del plan intermedio y realizar el plan semanal. La información generada es registrada.	Se realiza una reunión de seguimiento, mas no se realiza alguna minuta o similar para registrar la información.
	Porcentaje de actividades completadas	Indicador que permite medir el cumplimiento de los compromisos adquiridos sobre las actividades del plan semanal. Estos resultados se grafican y permiten generar una trazabilidad durante las semanas de ejecución del proyecto.	No se realiza
	Causas de no cumplimiento	Registrar, cuantificar y graficar las causas por la cuales no se cumplieron los compromisos adquiridos. Lo cual permite identificar las principales causas de atraso y tomar decisiones al respecto.	No se realiza

3.3 Procedimiento de implementación de LPS

A partir de la información recolectada en los apartados 3.1 y 3.2, se realizó el documento que contiene el procedimiento de implementación del sistema Last Planner en proyectos de obra pública (Apéndice X). El procedimiento contiene la descripción de los pasos a seguir para ejecutar el plan maestro, plan intermedio y plan a corto plazo, además de las herramientas necesarias para implementarlo, dichas herramientas fueron elaboradas por medio de Microsoft Excel. El objetivo principal del procedimiento es la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra en proyecto de obra pública ejecutados por la empresa Constructora CONICO. El procedimiento realizado cuenta con 9 apartados: Introducción, Alcance, Objetivo, Conceptos, Inducción a Last Planner, Implementación de Last Planner, Ejemplo de aplicación y Registro de información.

A continuación, se describen brevemente los apartados con más relevancia.

3.3.1 Inducción a Last Planner System

Esta sección tiene como mencionar la importancia de que el equipo este informado sobre la implementación del sistema Last Planner. Por lo cual, en dicho apartado se adjunta una presentación a utilizar para la inducción a los miembros participantes del proyecto.

3.3.2 Implementación de Last Planner System

En este apartado se describe los pasos a seguir para la correcta implementación de LPS, dicho apartado se divide en las siguientes subsecciones: Designar responsable, Designar zona de trabajo, Planificación a Largo plazo- Plan maestro, Planificación a medio plazo (Look-ahead), Planificación a corto plazo.

3.3.2.1 *Designar responsable*

En esta sección se define el criterio para seleccionar el responsable de aplicar LPS en el proyecto de obra pública, además de definir las responsabilidades que posee este.

3.3.2.2 Designar zona de trabajo


Esta subsección atiende a la descripción de la zona de trabajo, el objetivo de estas y lugares donde se pueden atender.

3.3.2.3 Planificación a largo plazo – Plan maestro

En esta subsección se detalla el proceso a seguir para realizar el plan maestro, donde se toman en cuenta distintos factores tales como tablas de pago, plazo aprobado y nivel de desglose de actividades. Para esto se estableció que se utilizará el programa de Ms Project para realizar el plan maestro, a su vez realizó una plantilla en Microsoft Excel y se describió los pasos a seguir para completar la plantilla, lo que facilita la visualización de las actividades. A continuación, se muestra la plantilla a utilizar:

Figura 21.

Plantilla de plan maestro

	Contructora CONICO
	Plan Maestro
	<i>Nombre del proyecto</i>

Encargado

Actualización No.	
Fecha de actualización	
Semana	

Código	Actividad	Duración (días)	Semanas													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
			<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	

Designación de responsables

Esta sección se encuentra en la subsección del plan maestro, y se determina las responsabilidades de cada involucrado del proyecto que participe en las reuniones de planificación, exceptuando al último planificador. También se realizó una plantilla para facilitar el control de esto.

Figura 22.

Plantilla de designación de responsables (Planificación a largo plazo)

Designación de responsables		
Rol	Empresa	Encargado

3.3.2.4 Planificación intermedia (Look-ahead)

En esta subsección la serie de pasos a seguir para ejecutar la planificación intermedia, para esto en el documento desarrollado se adjunta las plantillas a utilizar, además de la instrucción de su uso. Entre los puntos más importantes atendidos son: definición de lapso de planificación, análisis de restricciones y el inventario de trabajo ejecutable. Al igual que en la subsección anterior, para la planificación look-ahead se realizó una plantilla mediante Microsoft Excel y se adjuntaron las instrucciones de su uso.

Figura 23.

Plantilla de planificación intermedia


		Constructora CONICO																															
		Plan intermedio																															
		Nombre del proyecto																															
Periodo abarcado		Fecha de confección																															
Plan intermedio				Restricciones (marcar con X si la actividad tiene restricción)	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4													
Código	Actividad Subactividad	Fecha Inicial	Fecha Final		Responsable	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D

Figura 24.

Plantilla de análisis de restricciones

	Constructora CONICO					
	Actividades con restricciones					
	<i>Nombre del proyecto</i>					
Revisión No.						
Fecha						
Semana						
Código	Actividad	Restricción	Encargado de liberación	Acción a realizar	Fecha de liberación establecida	Fecha de liberación real

Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

En esta subsección del documento desarrollado se establece el objetivo del ITE, al igual que su forma de uso, para esto se facilitó una plantilla para el control de este.

Figura 25.

Plantilla de inventario de trabajo ejecutable

	Constructora CONICO			
	Inventario de trabajo ejecutable			
	<i>Nombre del proyecto</i>			
Revisión No.				
Fecha				
Semana				
Código	Actividad	Encargado	Fecha de fin	Estado

Figura 27.

Plantilla de Registro de PAC semanal

Registro de PAC semanal		
Semana	PAC real	PAC recomendado
Semana 1		85%
Semana 2		85%
Semana 3		85%
Semana 4		85%

Causas de no cumplimiento (CNC)

Al igual que en el PAC, en el documento se explica la finalidad de realizar de registrar las CNC, además de cómo se debe realizar su análisis. Las CNC se registran mediante la plantilla mostrada en la figura 26 en la sección que dice “Causas de no cumplimiento (CNC)”, además se desarrolló otra plantilla para llevar el registro de las CNC, y a partir de este registro efectuar un gráfico pastel, el cual se realiza de manera automática en el archivo de Microsoft Excel compartido a la empresa.

Figura 28.

Plantilla de Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)

Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	0
Falta de mano de obra	0
Clima	0
Causa externa	0
Actividad predecesora	0
Bajo rendimiento	0
Otros	0

3.3.3 Ejemplo de aplicación

Con el objetivo de facilitar el entendimiento del procedimiento desarrollado, se creó este apartado donde se aplica el procedimiento de manera piloto en el proyecto Cultivarte en un período de 4 semanas y se atiende todos los pasos descritos en el proyecto, haciendo su excepción en el plan maestro. Además de un breve repaso en los puntos más importantes para tener en cuenta durante la implementación.

3.3.4 Registro de información

En esta sección del documento se brinda recomendaciones y pasos a seguir para registrar la información generada tras cada semana durante la implementación de LPS. Resaltando la importancia de la información generada respecto a temas de trazabilidad y análisis, permitiendo la mejora continua de los involucrados y por ende de la implementación.

3.4 Aplicación piloto de procedimiento

En esta sección se adjuntan los resultados durante la aplicación piloto del procedimiento desarrollado para la implementación de Last Planner System en obras públicas. La aplicación piloto abarcó un período de 4 semanas y fue efectuada en el proyecto Cultivarte el cual se describió en la sección 1.1.2 del presente documento. La finalidad de la aplicación piloto del procedimiento es atender a lo establecido en el objetivo específico 4, el cual atiende a la evaluación del procedimiento desarrollado.

Cabe recalcar que cuando se realizó la aplicación piloto el proyecto ya se encontraba en ejecución y se encontraba en obras a nivel sótano, por lo cual, no se pudo realizar todos los pasos del procedimiento desarrollado, principalmente el plan maestro, aun así se realizó la planificación intermedia abarcando un período de 4 semanas, además se realizó la debida planificación semanal. A continuación, se describe el proceso seguido y los resultados obtenidos durante la implementación:

1. En primera instancia se reunió al principal equipo de trabajo que se encontraba en la obra el cual era el ingeniero de proyecto, el asistente de ingeniería y el maestro de obra, esto con la intención de brindarles una pequeña inducción sobre Last Planner System. Por otro lado, también se le informó a los subcontratistas sobre la implementación de LPS.

Figura 29.

Evidencia de charla de inducción de LPS



2. Junto al ingeniero de proyecto se extrajeron las actividades a realizar durante las próximas 4 semanas, esto se realizó el viernes 26 de abril, para esto es importante a considerar que la aplicación se realizó a partir del 27 de abril y hasta el 24 de mayo del 2024. Además, se estableció los viernes para realizar la reunión semanal.
3. Por otro lado, hay que mencionar que para el momento de la aplicación piloto la ejecución del proyecto, este había sufrido atrasos importantes debido a cambios en el alcance del proyecto y por aprobaciones tardías por parte de los profesionales encargados de la inspección. Esto causó que la administración del proyecto redujera la mano de obra, además que cambiara la secuencia de ejecución de la actividades, esto con la intención de mantener un flujo de trabajo que permitiera mantener la mano de obra y evitar una posible suspensión del proyecto.
4. Una vez extraídas las actividades de las próximas 4 semanas, éstas se adecuaron a lo descrito en el procedimiento desarrollado y se establecieron en la programación intermedia mediante las plantillas realizadas, además se establecieron los principales involucrados y se identificaron las principales restricciones.

Figura 30.

Designación de responsables en proyecto Cultivarte

Designación de responsables		
Rol	Empresa	Encargado
Last Planner (L.P)	CONICO	Joe Leiva
Ing. Proyecto (I.P)	CONICO	Alexander Hidalgo
Maestro de obras (M.O)	CONICO	Maylor Cabeza
Contratista electromecánico (C.EM)	EYCO	Steven Barquero
Contratista de formaleta (C.F)	Cimentaciones El Pacto	Leyder Urbina

Figura 35.

Resultado de análisis de restricciones

Código	Actividad	Restricción	Encargado de liberación	Acción a realizar	Fecha de liberación establecida	Fecha de liberación real
1.3.2	Relleno y compactación en zona de acceso vehicular	Materiales	Ing. Proyecto	Hablar con el proveedor del material para verificar disponibilidad	7/5/2024	6/5/2024
1.3.3	Relleno y compactación en detrás de muro de retención	Materiales	Ing. Proyecto	Hablar con el proveedor del material para verificar disponibilidad	10/5/2024	13/5/2024
1.6.6	Colado de concreto de fundación	Permisos/Materiales	Ing. Proyecto	Solicitar permiso a Municipalidad para bloquear la vía pública durante medio día	6/5/2024	3/5/2024
		Otros		Verificar disponibilidad de bomba y material por parte del proveedor de concreto	10/5/2024	7/5/2024
1.7.1.3	Colado de concreto	Materiales	Ing. Proyecto	Verificar disponibilidad de proveedor de concreto	7/5/2024	6/5/2024
1.9.1	Colocación de previstas de Tanque 1	Permisos	Ing. Proyecto	Informar a Municipalidad del riesgo de atraso de la no aprobación de la propuesta de contratista	8/5/2024	8/5/2024
2.1.2	Colocación de formaleta de fondo de viga/entrepiso	Otros	Ing. Proyecto	Conseguir contratista de formaleta	20/5/2024	15/5/2024

5. Para cada semana de la planificación intermedia se realizó la planificación semanal, las cuales se encuentran en las siguientes figuras:

Figura 36.

Planificación semanal, semana 1

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 1							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión	
			S 27/04/2024	D 28/04/2024	L 29/04/2024	K 30/04/2024	M 1/5/2024	J 2/5/2024	V 3/5/2024	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad productora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado
1	Nivel Sotano																	
1.1	Movimientos de tierra																	
1.1.1	Colocación y compactación en zona de elevador	100%		■				■									100%	1
1.3	Obra civil mecánica																	
1.3.3	Tanque 3																	
1.3.3.1	Colocación de sello de concreto	100%	■	■													100%	1
1.3.3.2	Colocación de acero	75%	■	■	■												75%	1
1.3.3.3	Colado de concreto	20%		■			■										20%	1
1.3.3.4	Colocación de formaleta	70%		■				■									70%	1
1.6	Losas flotantes																	
1.6.1	Colocación de formaleta en rampa de acceso	100%	■	■													100%	1
1.6.2	Colocación de sello de concreto en rampa de acceso	100%	■	■													100%	1
1.6.3	Colocación de acero en rampa de acceso	100%	■	■	■												100%	1
1.7	Muros Chorreados																	
1.7.1	Muros de rampa																	
1.7.1.1	Colocación de acero	90%		■				■			x						80%	0
2	Primer piso																	
2.1	Vigas de entrepiso																	
2.1.1	Colocación de acero	70%		■				■				x					60%	0
									Suma	0	0	1	1	0	0	0	PAC	80%

Figura 38.

Planificación semanal, semana 2 (Continuación)

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 2							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión			
			S	D	L	K	M	J	V	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad predecesora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado	Cumple	
			4/5/2024	5/5/2024	6/5/2024	7/5/2024	8/5/2024	9/5/2024	10/5/2024											
1	Nivel Sotano																			
1.7	Muros chorreados																			
1.7.1	<i>Muro de rampa</i>																			
1.7.1.1	Colocación de acero	100%		■														100%	1	
1.7.1.2	Colocación de formaleta	100%		■														100%	1	
1.7.1.3	Colado de concreto	100%		■														100%	1	
1.7.2	<i>Elevador</i>																			
1.7.2.1	Colocación de acero	100%		■														100%	1	
1.7.2.2	Colocación de formaleta	100%		■														100%	1	
1.7.2.3	Colado de concreto	100%		■														100%	1	
1.7.3	<i>Muros de retención</i>																			
1.7.3.1	Colocación de acero	100%		■														100%	1	
1.7.3.2	Colocación de formaleta	90%		■														90%	1	
2	Vigas de entrepiso																			
2.1.3	Elevación de acero de vigas de entrepiso	100%		■														80%	0	
	Suma									0	1	2	0	0	0	0	0	0	80%	0
																			PAC	85%

Figura 39.

Planificación semanal, semana 3

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 3							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión		
			S	D	L	K	M	J	V	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad predecesora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado	Cumple
			11/5/2024	12/5/2024	13/5/2024	14/5/2024	15/5/2024	16/5/2024	17/5/2024										
1	Nivel Sotano																		
1.1	Movimiento de tierra																		
1.1.2	Relleno y compactación de lastre en zona de acceso vehicular	100%		■														100%	1
1.1.3	Relleno y compactación atrás de muro de retención	100%		■														100%	1
1.2	Muros de bloques																		
1.2.1	Levantamiento de muro (Colocación de bloques y relleno de celdas)	100%		■														100%	1
1.3	Obra civil mecánica																		
1.3.2	<i>Pozo de bombeo</i>																		
1.3.2.1	Colación de sello de concreto	100%		■														100%	1
1.3.2.2	Colocación de acero	60%		■														60%	1
1.3.2.3	Colocación de formaleta	60%		■														60%	1
1.3.2.4	Colado de concreto	50%		■														50%	1
1.3.2.5	Relleno y compactación	70%		■														70%	1
1.3.3	<i>Tanque 3</i>																		
1.3.3.2	Colocación de acero	100%		■														100%	1

Figura 40.

Planificación semanal, semana 3 (Continuación)

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 3							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión	
			S	D	L	K	M	J	V	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad precesora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado
1	Nivel Sotano																	
1.5	Columnas I Nivel																	
1.5.1	Colocación de formaleta de columnas centrales	100%		■				■									100%	1
1.5.2	Colado de concreto de columnas centrales	100%		■				■									100%	1
1.6	Losas flotante																	
1.6.5	Colocación de acero de fundación	95%		■				■									95%	1
1.6.6	Colado de concreto	95%		■				■									95%	1
1.7	Muros chorreados																	
1.7.3	Muros de retención																	
1.7.3.2	Colocación de formaleta	100%		■				■									100%	1
1.7.3.3	Colado de concreto	100%		■				■									100%	1
1.9	Sistema mecánico																	
1.9.1	Instalación de previstas de Tanque 1	100%		■				■									100%	1
2	Primer piso																	
2.1	Vigas de entrepiso																	
2.1.3	Elevación de vigas de entrepiso	100%		■				■									100%	
2.1.1	Colocación de acero	100%		■				■								x	95%	0
	Suma								0	0	0	0	0	1	0	0	PAC	94%

Figura 41.

Planificación semanal, semana 4

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 4							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión	
			S	D	L	K	M	J	V	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad precesora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado
1	Nivel Sotano																	
1.3	Obra civil mecánica																	
1.3.1	Tanque 1																	
1.3.1.1	Finalización de dados de concreto en interior tanque	100%		■				■									100%	1
1.3.2	Pozo de bombeo																	
1.3.2.1	Colocación de acero	100%		■				■									100%	1
1.3.2.2	Colocación de formaleta	100%		■				■									100%	1
1.3.2.3	Colado de concreto	100%		■				■									100%	1
1.3.2.4	Relleno y compactación	100%		■				■									100%	1
1.6	Losas flotantes																	
1.6.5	Colocación de acero de fundación	100%		■				■									100%	1
1.6.6	Colado de concreto	100%		■				■									100%	1
2	Primer piso																	
2.1	Vigas de entrepiso																	
2.1	Colocación de acero	100%		■				■			x	x					97%	0
2.2	Colocación de fondo de formaleta de vigas de entrepiso	50%		■				■									50%	1
	Suma								0	0	1	1	0	0	0	0	PAC	73%

6. Al igual se tomaron fotografías para evidenciar el avance del proyecto.

Figura 42.

Avance de semana 1, evidencia 1



Figura 43.

Avance de semana 1, evidencia 2



Figura 44.

Avance de semana 2, evidencia 1



Figura 45.

Avance de semana 2, evidencia 2

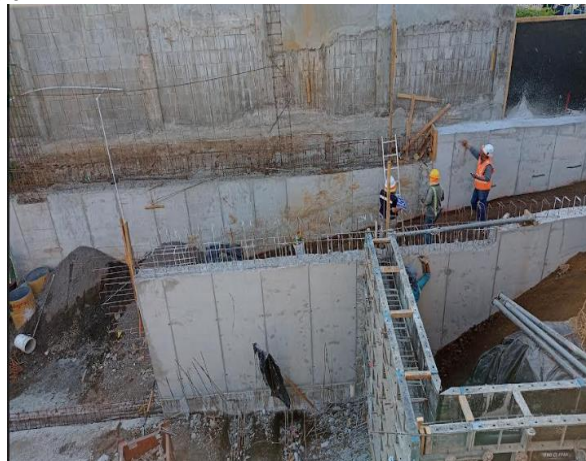


Figura 46.

Avance de semana 2, evidencia 3



Figura 47.

Avance de semana 3, evidencia 1



Figura 48.

Avance de semana 3, evidencia 2

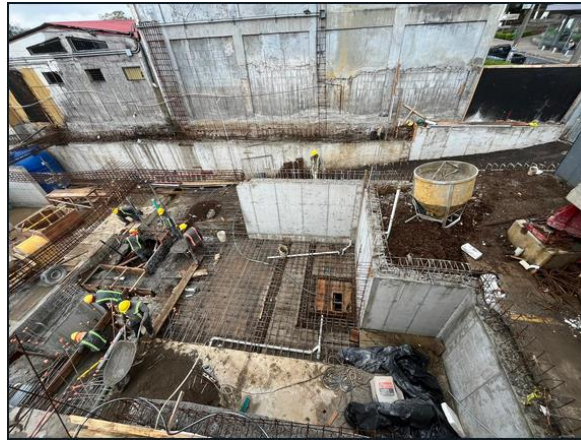


Figura 49.

Avance de semana 3, evidencia 3

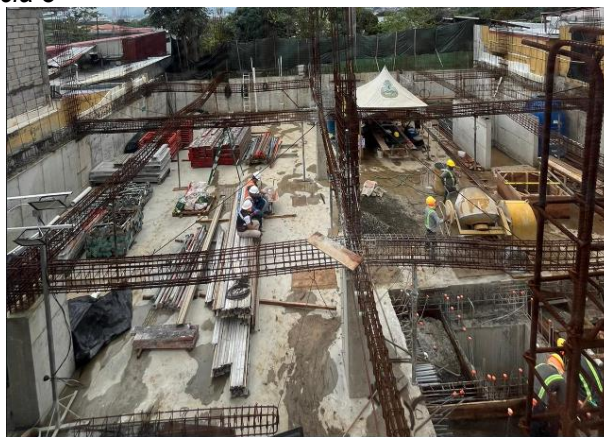


Figura 50.

Avance de semana 4, evidencia 1



Figura 51.

Avance de semana 4, evidencia 2



7. Por último, de se obtiene los resultados de los indicadores que ofrece LPS, tal como, el PAC y las CNC.

En primer lugar, tenemos el PAC generado a lo largo de las cuatro semanas de la aplicación piloto, los cuales se muestran a continuación:

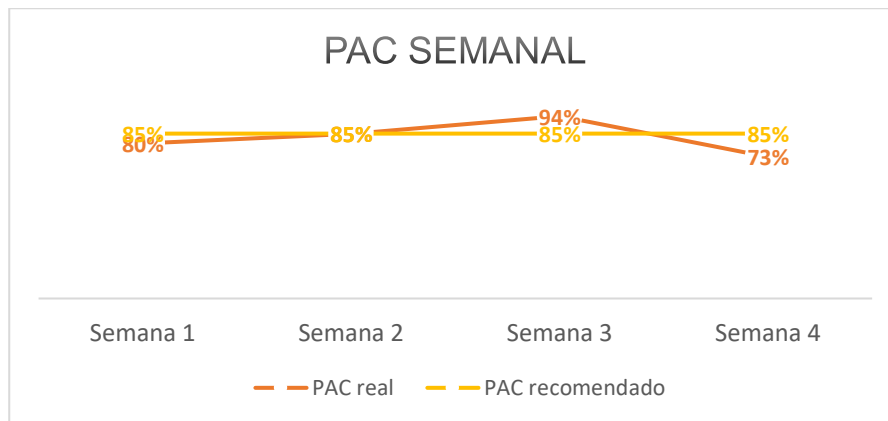
Figura 52.

Registro de PAC semanal

Registro de PAC semanal		
Semana	PAC real	PAC recomendado
Semana 1	80%	85%
Semana 2	85%	85%
Semana 3	94%	85%
Semana 4	73%	85%

Figura 53.

Gráfica de PAC semanal



Por otro lado, se recopiló las causas de no cumplimiento a lo largo de las 4 semanas, las cuales se resumen en las siguientes figuras:

Figura 54.

Resumen de CNC de semana 1

Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	0
Falta de mano de obra	1
Clima	1
Causa externa	0
Actividad predecesora	0
Bajo rendimiento	0
Otros	0

Figura 55.

Gráfica de CNC de semana 1

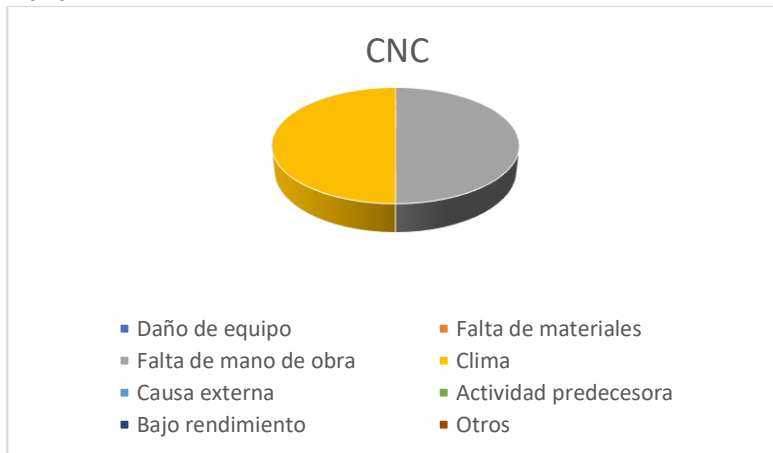


Figura 56.

Resumen de CNC de semana 2

Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	1
Falta de mano de obra	2
Clima	0
Causa externa	0
Actividad predecesora	0
Bajo rendimiento	0
Otros	0

Figura 57.

Gráfica de CNC de semana 2



Figura 58.

Resumen de CNC de semana 3

Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	0
Falta de mano de obra	0
Clima	0
Causa externa	0
Actividad predecesora	1
Bajo rendimiento	0
Otros	0

Figura 59.

Gráfico de CNC de semana 3



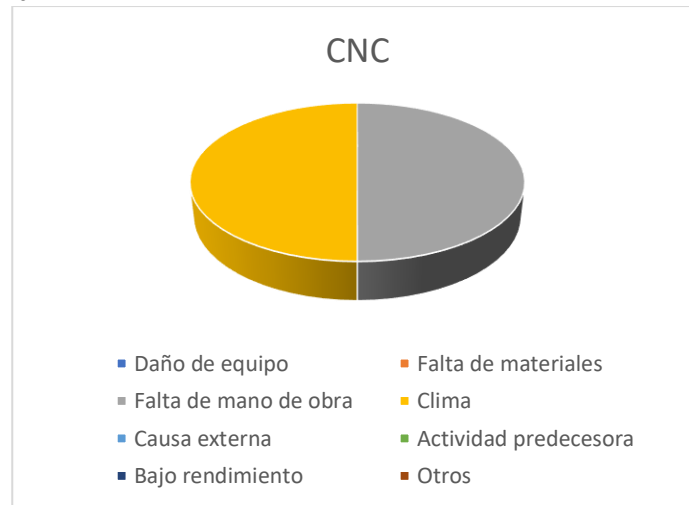
Figura 60.

Resumen de CNC de semana 4

Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	0
Falta de mano de obra	1
Clima	1
Causa externa	0
Actividad predecesora	0
Bajo rendimiento	0
Otros	0

Figura 61.

Gráfica de CNC de semana 4



Por último, se quiere destacar el desempeño del equipo de trabajo bajo la implementación del procedimiento. Para lo cual se destaca que el ingeniero de proyecto, el asistente de ingeniería y el maestro de obra, presentaron una buena actitud al respecto, y colaboraron con el desarrollo de la implementación. Por otro lado, los subcontratistas presentaron una actitud poco receptiva al informarles sobre la implementación y sus responsabilidades, más se les comunicó la importancia de su participación y colaboración. A su vez el ingeniero de proyecto recomendó involucrar al departamento de compras durante la implementación de LPS con la finalidad de la filosofía se extienda en la empresa y facilite la colaboración, y comunicación entre departamentos.

Capítulo 4: Análisis de resultados

En este capítulo se atenderán el respectivo análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

4.1 Procesos en la gestión de obra en la Constructora CONICO

Esta subsección atiende específicamente al análisis de los resultados obtenidos en el capítulo 3.1 de este documento.

4.1.1 Estudio de proyectos de Constructora CONICO

En la sección 3.1 se analizaron los cronogramas de trabajo de 6 distintos proyectos de obra pública, que han sido ejecutados o están en ejecución por parte de la empresa Constructora CONICO. Esto se realizó con el objetivo de identificar los procesos actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra.

Los resultados más importantes se observan en el Cuadro 10, donde se denota los procesos actuales de planificación en los proyectos estudiados. A partir de esto se permitió identificar las principales falencias relacionadas al proceso de planificación las cuales se pueden observar en el cuadro 12, y se destacan las siguientes: desglose inadecuado de los hitos, grupos de actividades y actividades en el cronograma general, y asignación de secuencia de trabajo poco lógica, lo cual impide entender el flujo de trabajo, y las dependencias entre actividades. Por otro lado, otra falencia identificada fue la falta de registro de información que permite el seguimiento de los proyectos.

Mediante las falencias identificadas se permitió establecer los puntos en los cuales el sistema Last Planner puede mejorar los procesos de planificación de la empresa.

4.1.2 Entrevistas y observaciones

Al igual que el análisis de cronogramas de proyectos, las entrevistas y observaciones tienen como finalidad establecer el estado actual de la empresa en lo que respecta a planificación, seguimiento y control de proyectos de obra pública. Estas actividades son cruciales porque permiten conocer el actuar directo de los encargados de los proyectos. Los principales resultados obtenidos por medio de las entrevistas se encuentran a partir de la figura 13 hasta la figura 20. Para conocer los procesos actuales respecto a planificación se puede observar que en la figura 14 que la totalidad de los entrevistados realizan un cronograma general de la obra y lo realizan por medio de Ms Project, por otro lado, también realizan programaciones de trabajo durante la ejecución de la obra en períodos de 1 semana hasta 4 semanas.

En la figura 15, se puede observar que las principales actividades de seguimiento y control de obra son las reuniones de seguimiento y la curva S. Aun así, los entrevistados mencionan que no se registra la información generada en las reuniones de seguimiento, donde es esencial considerar que estas acciones pueden perjudicar al correcto seguimiento de la ejecución del proyecto ya sea produciendo atrasos o errores de programación de trabajo. Por otra parte, los gerentes entrevistados mencionan que ellos realizan el seguimiento del avance del proyecto por medio de la curva S, la cual permite comparar el avance real de la obra respecto al avance planeado permitiéndoles una visión general del proyecto, sin embargo, estas herramientas pueden resultar insuficientes para realizar un seguimiento detallado de la ejecución del proyecto.

En la figura 16 se mencionan las causas de atraso más comunes experimentadas por los entrevistados en proyectos de obra pública, donde resalta la inspección, la cual engloba distintos puntos, tal como los tiempos de respuesta por parte de los inspectores a consultas por medio de RFI's (Request for Information) u ordenes de aprobación (submittals) o la falta de criterio de estos, debido a que en ocasiones según los entrevistados la institución pública licitante no contrataba a inspectores especializados, produciendo que el personal a cargo de la inspección tardará en brindar una respuesta o aprobación. Aunque estas causas de atraso no son debido a la administración del proyecto, es importante tomarlo en cuenta cuando se establece el lapso de la planificación intermedia y también cuando se realiza la planificación semanal, ya que se debe tener presente las posibles restricciones en actividades asociadas a la inspección, ya que se puede derivar en impactos significativos en las planificaciones y tiempos de ejecución del proyecto.

Referente a las observaciones, se anota los siguientes hallazgos: programación de trabajo en períodos de 2 y 4 semanas, involucramiento del maestro de obras en la toma decisiones respecto a programación, registro nulo de la información generada en reuniones, falta de continuidad en las reuniones de seguimiento. Entre estos hallazgos, es importante a resaltar la falta continuidad de las reuniones y el registro nulo de información, debido que estos aspectos pueden tener un impacto considerable en la efectividad de la programación de trabajo, el seguimiento y control de esta. Por un lado, la falta de continuidad de las reuniones impide el correcto seguimiento de la programación realizada y los compromisos adquiridos, por otro lado, el no registrar la

información impide una eficaz toma de decisiones respecto a los desafíos presentados en la obra y la revisión de avances de esta.

4.1.3 Falencias y debilidades identificadas

En función de los resultados obtenidos en el apartado 3.1.1 y 3.1.2, se realizó el cuadro 12 el cual resume las falencias encontradas en los procesos de planificación, seguimiento y control de obra. El tener claro las falencias en los distintos procesos, permite una implementación de LPS orientada a la necesidad de la empresa en busca de la mejora de los procesos y por ende la ejecución de los proyectos.

La división en categorías de las falencias y debilidades identificados facilita el asociamiento de estas respecto a las posibles herramientas que el sistema Last Planner ofrece. Las falencias se categorizarán en tres aspectos: planificación, seguimiento y control de obra. Respecto a las falencias en la planificación se identificaron a partir del estudio de proyectos ejecutados y se muestra en el cuadro 12 que éstas en relacionadas a la estructuración del cronograma de trabajo, en aspecto de desglose de actividades y secuencias de éstas.

Por otro parte, referente a los procesos de seguimiento y control, se identificaron las siguientes falencias: registro nulo de los hallazgos en las reuniones de seguimiento, consignación poco clara de compromisos para resolver problemas asociados a la ejecución de actividades, reuniones de seguimiento no periódicas e información escasa para el seguimiento del proyecto. Con lo cual, el objetivo de implementar Last Planner System es solventar dichas falencias tanto en los procesos de planificación, seguimiento y control de obra.

4.2 Last Planner System

Esta subsección atiende al análisis de resultados de la investigación realizada acerca de Last Planner System.

4.2.1 Casos de estudio y análisis FODA del estado de la práctica de LPS

Con la finalidad de conocer el estado de la práctica de Last Planner System se realizó una investigación de casos de implementación de LPS en proyectos de obra pública o similares a los ejecutados por la empresa Constructora CONICO. En la investigación realizada se estudiaron 5 casos de implementación de LPS, y los principales hallazgos se encuentran resumidos en los cuadros 13, 14, 15, 16 y 17, donde se destacó las conclusiones, recomendaciones y dificultades presentadas según cada autor.

En los proyectos estudiados donde se implementó LPS se puede observar que hay puntos en común respecto a los resultados obtenidos por cada uno de los autores. Estos se pueden resumir en los siguientes:

- **Disminución de los tiempos de ejecución y entrega de los proyectos:** Esto debido a la aplicación de herramientas de planificación, seguimiento y control de obra.
- **Mejora en la toma de decisiones:** A partir de la aplicación de planificaciones intermedias y su respectivo análisis de restricciones, los autores indican que se facilita la anticipación de posibles retrasos, además de la toma de acciones para liberar las restricciones identificadas. Por otro lado, las herramientas de seguimiento y control (PAC y CNC), brindan la información necesaria para identificar las posibles falencias del proyecto y tomar decisiones para mejorar la ejecución de este.
- **Mejoras en el flujo de trabajo:** Por medio de las herramientas de planificación, seguimiento y control que ofrece LPS se logra establecer un flujo de trabajo constante que permite aprovechar los tiempos de trabajo.
- **Liderazgo y compromiso:** En contraparte a los beneficios que ofrece LPS, se menciona que entre las principales dificultades al momento de implementar el sistema, es la falta de compromiso por parte de los involucrados, además los autores recalcan la necesidad de un líder en el equipo de trabajo y en la organización, que promueva la buena comunicación, compromiso y colaboración.
- **Capacitación y nuevas herramientas:** Por último, los autores recomiendan que exista una capacitación en habilidades tales como el liderazgo, además en el uso de software y herramientas que permitan la mejora y eficiencia de la implementación de LPS.

A partir de los antes mencionado se permite evidenciar que a pesar la diferencia entre los tipos de proyectos estudiados, los resultados obtenidos a partir de la implementación de LPS son similares. Con lo cual, en función de la información recolectada en los cuadros 13, 14, 15, 16 y 17, se realizó el cuadro 18 donde se resumió las buenas prácticas identificadas y los posibles beneficios de su implementación. Con base en la información recolectada en el cuadro 18, se estableció los principales elementos a considerar para desarrollar el procedimiento de implementación con el objetivo de suplir las falencias identificadas y mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública de la empresa Constructora CONICO.

Por último, se puede observar que en el cuadro 19, se establece un análisis FODA del estado de la práctica de LPS, dicho cuadro se realizó a partir de la información presente en los cuadros 13, 14, 15, 16 y 17. Este cuadro permite observar los distintos puntos por atender una vez se decida implementar LPS, principalmente se debe enfocar en las debilidades mencionadas, esto con el objetivo de aumentar la eficiencia y posibilidades de éxito previo a la implementación de LPS, con lo cual se puede maximizar los beneficios y minimizar los riesgos

El análisis realizado permite al interesado tener una visión clara de los beneficios que puede llegar a conseguir por medio de su implementación, tales como el aumento de fluidez en el trabajo, reducción en plazos de entrega, aumento de productividad y disminución en costos operacionales. Aun así, es necesario considerar las posibles dificultades las cuales pueden ser desde la falta de liderazgo o resistencia al cambio hasta la falta de recursos para la implementación. Esta información permite a la empresa o profesional una toma de decisiones fundamentada respecto a la implementación de LPS.

4.2.2 Matriz comparativa

A partir de los resultados obtenidos en los apartados 3.1 y 3.2.1, se realizó una matriz comparativa la cual se encuentra en la figura 20, para facilitar la relación de los procesos actuales de planificación, seguimiento y control de obra de la empresa Constructora CONICO respecto a las prácticas que ofrece Last Planner System. Esta relación nos permitir identificar directamente las áreas en las que puede suplir el sistema Last Planner.

Los principales hallazgos al comparar ambos procesos se centran en los aspectos de planificación a largo plazo, y la aplicación de herramientas de seguimiento y control. Respecto a la planificación a largo plazo, LPS ofrece la herramienta “Plan maestro”, por otro lado, la empresa realiza un cronograma general, y en dicho proceso se presentan distintas falencias ya mencionadas anteriormente tales como un desglose inadecuado de actividades y secuencia de actividades poco lógica que dificulta visualizar el flujo de trabajo. Mientras tanto en las planificaciones intermedias y a corto plazo, la empresa realiza actividades similares atendidas en la teoría del sistema Last Planner, aun así, éstas no se realizan de manera periódica lo cual difiere totalmente a lo mencionado en la teoría.

Por otro lado, en lo que respecta a las actividades y herramientas de seguimiento y control de obra que ofrece LPS, la empresa realiza dos actividades similares las cuales son las reuniones de seguimiento, y análisis de los posibles problemas asociados a las actividades. Sin embargo, no se registra la información generada en las reuniones de seguimientos, tampoco se realizan de manera periódica, por otro lado, herramientas como el PAC, registro de CNC, ITE no se efectúan lo cual desfavorece un correcto seguimiento y control del proyecto.

Esta comparación permite observar las falencias de la empresa y el escaso uso de herramientas a comparación de lo que ofrece LPS. No realizar una planificación eficiente de la obra, además de no llevar un seguimiento, y control de esta puede producir atrasos y sobrecostos en el proyecto. Además, a partir de dicha matriz se obtienen los puntos por atender y en los cuales se debe adecuar el procedimiento de implementación, con la intención de mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra.

4.3 Procedimiento de implementación de LPS

Mediante los resultados obtenidos mediante el estudio de los procesos actuales de la empresa en etapas de planificación, seguimiento y control de obra, y la investigación de casos de estudio de implementación de LPS, se logró identificar las falencias en dichas etapas, e identificar las buenas prácticas relacionadas a LPS. Esto permitió realizar el procedimiento de implementación de Last Planner System, el cual está adaptado a las necesidades de la empresa Constructora CONICO y va dirigido específicamente a obras públicas.

El documento cuenta con un total de ocho secciones en las cuales se explican los procedimientos a seguir, se adjuntan las herramientas a utilizar y sus instructivos, con el objetivo final de mejorar los procesos de la empresa en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública. Entre los principales resultados del procedimiento son las herramientas de planificación a largo, mediano y corto plazo, las cuales favorecerán y facilitarán la implementación de LPS.

Del apartado 1 hasta el 4 se atiende la introducción, alcance, objetivo y conceptos del procedimiento, estos apartados tienen la finalidad de establecer el propósito del procedimiento, además de definir brevemente los principales conceptos esto para facilitar el entendimiento y adaptación del usuario al procedimiento. El apartado 5 atiende al proceso de inducción que deben llevar los involucrados de la obra, esto es relevante ya que cada uno de los integrantes debe entender lo que se va a realizar y el propósito.

El apartado 6 es uno de los más importantes, debido a que en este se detalla el procedimiento a seguir durante las tres fases de planificación, además se atiende aspectos como el uso de herramientas de control y seguimiento. Donde en dicho apartado se resalta como se adaptó el procedimiento a las necesidades de la empresa, explicando las consideraciones a tomar en cada fase de planificación (largo, mediano y corto plazo). Por otro lado, estas herramientas proporcionan una estructura más sólida respecto a la planificación, seguimiento y control de obra, permitiendo una adaptación más ágil y una gestión más eficaz de la obra.

En el apartado 7 del documento se adjunta un caso de implementación piloto realizada en el proyecto Cultivarte, a fin de facilitar al usuario un ejemplo donde se detalla cómo aplicar el procedimiento, y usar las herramientas brindadas. Por último, en el apartado 8 se establece cómo se debe registrar la información, ya que una correcta administración de los datos generados permite al responsable de la implementación generar un aprendizaje continuo.

Tal como se mencionó anteriormente, el procedimiento desarrollado para la empresa Constructora CONICO tiene como objetivo la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, aun así, se espera que trascienda en la cultura organizaciones, y se mejoré la gestión de proyectos.

4.4 Aplicación piloto del procedimiento

Como primer punto se menciona la situación del proyecto antes de la aplicación piloto, la cual no era la más favorable debido a que el proyecto había sufrido atrasos importantes, causado a distintas razones donde principalmente se destaca el cambio en el alcance de este y las respuestas tardías por parte de los inspectores. Lo cual provocó que la administración cambiaría la secuencia de las actividades, además se redujo significativamente la mano de obra, esto con la intención que hubiera un flujo regular de trabajo y no incurrir en una suspensión en la ejecución del proyecto.

Al momento de informar al equipo de trabajo por parte de la empresa Constructora CONICO, específicamente al ingeniero de proyecto, asistente de ingeniería y maestro de obras, se reflejó una buena actitud respecto a la implementación de Last Planner System, lo cual facilitó la colaboración y comunicación. Por otro lado, respecto a subcontratistas se identificó una leve inconformidad cuando se les informó sobre la implementación de LPS, aun así, se trató de comunicarles los beneficios que conlleva la colaboración de ellos y las facilidades que puede presentar en la ejecución de trabajo. En la figura 30 se puede observar los responsables que estaban presentes durante la aplicación piloto del procedimiento.

De la figura 31 a la figura 34 se puede observar la planificación intermedia realizada para el período de la aplicación piloto el cual fue actualizado al final de la aplicación, esto se logró principalmente con la colaboración con el ingeniero de proyecto y el maestro de obras, donde se identificó las restricciones presentes en las actividades con suficiente anticipación para lograr liberarlas. También se adecuaron las actividades respecto a lo establecido al procedimiento, esto con la finalidad de facilitar la planificación semanal.

En la figura 35, se presenta el resultado del análisis de restricciones después de las cuatro semanas de la implementación del procedimiento. Donde se destaca la restricción de la actividad 1.9.1 la cual está relacionada a "Permisos", debido a que los inspectores no habían aprobado el submittal para el ingreso del subcontratista que estaba a cargo de la colocación de las previstas del tanque 1, ya que, si no se resolvía la situación descrita se produciría un atraso importante en el proyecto, causando una mayor afectación de la que ya se había mencionado. Con lo cual, el ingeniero de proyecto informó al equipo de inspección por parte de la municipalidad, la urgencia de la aprobación del submittal y de las consecuencias que se podían presentar en caso del atraso de la aprobación. Además, se puede observar en la figura 35 que todas las restricciones se liberaron el mismo día o antes del día establecido, evidenciando una buena gestión de las restricciones por parte del equipo de trabajo.

A partir de la figura 36 hasta la figura 41 se muestra la planificación semanal realizada y la evaluación de esta. Donde se puede resaltar que las principales causas de atraso fueron la falta de mano de obra y el

clima, aun así es importante mencionar que durante la semanas de aplicación las actividades estuvieron cerca de cumplirse, con lo cual, es un resultado positivo. Por otra parte, las CNC que se presentaban se discutían durante cada reunión semanal principalmente con el maestro de obra, debido a que era el que se relacionaba directamente con los operarios y ayudantes. A su vez, se puede observar a partir de la figura 42 hasta la figura 51 el avance de la obra a través de cada semana.

En la figura 52 y figura 53 se observa el registro del PAC durante la implementación del procedimiento, donde se observa que el PAC iba en aumento dentro de los rangos recomendados según la teoría logrando conseguir un PAC promedio de 83%, sin embargo, en la última semana decayó a un 73%, aunque esto puede reflejar una mal índice hay que tener en cuenta que la cantidad de tareas realizadas en la semana cuatro era menor, por lo cual, el valor porcentual de cada una de ellas era mayor.

Capítulo 5: Conclusiones

En este capítulo se dispone una síntesis de los principales hallazgos obtenidos durante el desarrollo del trabajo, donde se destaca los aportes de los resultados obtenidos, a continuación se muestran las principales conclusiones:

Mediante el estudio de cronogramas de obra de proyectos públicos ya ejecutados o en ejecución por parte de Constructora CONICO, se logró identificar los procesos actuales en la etapa de planificación de obra. Lo cual permitió identificar las falencias en dicho proceso y poder adaptar el sistema Last Planner a las necesidades de la empresa.

Por medio de las entrevistas y observaciones realizadas se logró obtener información muy relevante en cuanto al actuar de los profesionales en cada uno de los proyectos, entre esta información destaca los procesos actuales de planificación, herramientas utilizadas, y los actuales procesos de seguimiento y control de obra pública. Esta información permitió conocer el estado de la empresa, y mediante el análisis de esta se logró identificar las falencias en los procesos de planificación, seguimiento y control de obra.

A través de la investigación realizada de casos de estudio de la implementación de LPS en proyectos de obra pública o similares a los ejecutados por la Constructora CONICO, se logró determinar distintas buenas prácticas y los beneficios asociados en la gestión de proyectos tales como disminución de tiempos de entrega de proyecto, mejora en la toma de decisiones mediante la anticipación a eventualidades, mejora en la planificación y en la comunicación del equipo de trabajo.

Con ayuda del análisis FODA llevado a cabo del sistema Last Planner, se identificó las diferentes fortalezas que presenta este, las cuales pueden brindar distintos beneficios al momento de implementarla, las cuales van desde la mejora en gestión de proyectos hasta posibles aumentos en la utilidad de la empresa, Por otro lado, se destacó la importancia de considerar las dificultades previo a la implementación de LPS, esto con el objetivo de disminuir o mitigar las debilidades y amenazas que se pueden presentar.

Por medio del estudio de los procesos actuales en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra, y la investigación del estado de la práctica de LPS, se logró desarrollar el procedimiento de implementación de LPS adaptado a las falencias y necesidades de la empresa. Dicho procedimiento se establece los pasos a seguir, además se adjunta las herramientas a utilizar junto a sus instrucciones. Por otro lado, se destaca la inclusión de las tablas de pago en la etapa de planificación.

Se realizó la aplicación piloto del procedimiento de Last Planner System en el proyecto Cultivarte, donde se logró mejorar la comunicación entre los subcontratistas y equipo de administración del proyecto, esto debido a

que se involucró tanto a los subcontratistas como a todo el equipo de administración del proyecto en los procesos de planificación principalmente a medio y a corto plazo, donde dicho proceso se realizaba en las reuniones semanales, logrando así establecer una actitud colaborativa, lo cual facilitó la coordinación y la eficiencia en la ejecución del trabajo.

Mediante la aplicación piloto del procedimiento de Last Planner System, se alcanzó un PAC del 83% el cual aunque es menor al PAC recomendado de 85%, sigue encontrándose dentro del rango recomendado de la teoría (80%-90%), evidenciando el buen desempeño de la planificación durante la implementación del procedimiento. A su vez, por medio del registro de las CNC se permitió identificar las posibles dificultades a enfrentar durante la ejecución del proyecto y a tomar en cuenta en las planificaciones, además de mejorar la toma de decisiones, y así procurar la eficiencia de la ejecución del proyecto. Por último, esto demuestra que el procedimiento desarrollado resulta ser valioso para la mejora en la planificación y ejecución de obra, aunque aún hay margen de mejora en indicadores como el PAC.

Capítulo 6: Recomendaciones

Este capítulo tiene como finalidad brindar una serie de recomendaciones basadas en los resultados y conclusiones del presente trabajo, a continuación se muestran las principales recomendaciones:

Se recomienda a la empresa aplicar el procedimiento de implementación de Last Planner System en un proyecto desde el inicio de ejecución de este, esto para tener un plan maestro totalmente adaptado a lo indicado al procedimiento, y así lograr mejorar la eficiencia de la planificación.

Se aconseja a la empresa indicar a los subcontratistas sobre la implementación de LPS desde el inicio de la relación con estos, y poder lograr una mejor adaptación y colaboración de estos durante la ejecución del proyecto.

Se sugiere al ingeniero de proyecto, tomar en cuenta al personal de compras, esto para mejorar la gestión de los proyectos, evitar posibles atrasos respecto a falta de materiales o similares y así asegurar el éxito de implementación de Last Planner System.

Se recomienda a la empresa tener contratado a un maestro de obra con experiencia en el tipo de proyecto previo a la ejecución, esto para incluirlo en el proceso de planificación a largo plazo (plan maestro), y determinar tiempos de actividades más apegados a la realidad.

Se recomienda a la empresa capacitar a sus empleados de oficina y campo, respecto a temas de la filosofía Lean, esto para fomentar una cultura Lean en la empresa, y así poder mejorar la gestión de los proyectos.

Se recomienda tanto a la empresa evaluar el procedimiento periódicamente con la finalidad de adaptar este a las necesidades y desafíos que se pueden presentar en un futuro. Esto en base a las opiniones ofrecidas por parte del equipo de administración de los proyectos.

Referencias Bibliográficas

- Alpizar, G. (2017). *Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyecto de vivienda social de FUPROVI*. [Proyecto final de Licenciatura], Instituto Tecnológico de Costa Rica.: <https://hdl.handle.net/2238/7272>
- Arce, K. (2024). *Propuesta de un marco de gestión de proyectos para la empresa constructora ABC*. [Proyecto de maestría], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/15053>
- Ballard, H. (2000). *The Las Planner System of production control*. [Tesis de doctorado], University of Birmingham. <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/1/Ballard00PhD.pdf>
- Bataller, A., & Díaz, A. (2016). *La gestión de proyectos*. Editorial UOC.
- Ballard, G. & Tommelein, I. (2016). *Current Process Benchmark for the Last Planner System*. http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/10/Ballard_Tommelein-2016-Current-Process-Benchmark-for-the-Last-Planner-System.pdf
- Caro, J., García, J., Lozano, L., Poma, K. & Tapia, A. (2022). *Integración de Last Planner® System en los planes para la dirección de proyectos de infraestructura pública, creados con las prácticas de la Guía del PMBOK®, sexta edición. Caso: Proyecto "Control de desbordes del río Ica (Tramo 1-II)"*. [Proyecto de maestría]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/667144>
- Chávez, R., García, E. & Serrano, E. (2022). *Análisis de la implementación de la metodología Last Planner System para optimizar la planificación de la fase de superestructura del edificio principal del Hospital Regional de Huancavelica*. [Proyecto de maestría], Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/661173>
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2016). *Código Sísmico de Costa Rica 2010/ Revisión 2014*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

- Gamboa, G. (2023). *Implementación de la metodología Last Planner System en la empresa Clean Construction*. [Proyecto final de Licenciatura], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/15067>
- Gray, C. & Larson, E. (2009). *Administración de proyectos*. Cuarta edición
- Gómez, T., Carranza, Y. & Ramos, C. (2016). *REVISIÓN DOCUMENTAL, UNA HERRAMIENTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS COMPETENCIAS DE LECTURA Y ESCRITURA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS*. Revista Chakiñan, 1, 46-56.
- Gonzales, C. (2018). *Aplicación de la metodología Last Planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego*. [Proyecto de Licenciatura], Universidad Privada del Norte, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL/INTERAMERICA.
- Herra, J. (2017). *Estrategia para la mejora en la administración de proyectos de la empresa Constructora Peñaranda S.A enfocado en proyectos de obra pública*. [Proyecto de Maestría], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/9715>
- Hernández, S. & Duana, D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, 9 (17), 51-53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
- Jiménez, B. (2020). *Propuesta de una herramienta de gestión de proyectos para la empresa Constructora Hernán Solís hacia el aprovechamiento de proyectos público-privados*. [Proyecto de maestría], Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/2238/12334>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Stanford University. (Vol. 72, p. 39).
- Latorre, A. (2015). *Filosofía Lean en la construcción*. [Proyecto Final de máster], Universitat Politècnica de València.
- Lean Construction Institute (s.f). *Lean Construction*. [Lean Construction | Lean Construction Institute](#)

- Maranto, M & Gonzáles, M. (2015). *Fuentes de información*. <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Meckel, P. (2018). *Propuesta para el diseño de una Oficina de Administración de Proyectos (PMO) en el nivel superior del Ministerio de Obras Públicas y Transportes*. [Proyecto de maestría], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/9675>
- Miranda, U. & Acosta Z. (2008). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- Pérez, R. (2019). *Evaluación de la productividad usando Last Planner System en la construcción de una institución educativas*. [Proyecto de Licenciatura], Universidad Peruana Los Andes.
- Porras, H., Sánchez, O. & Galvis, J. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 11 (1). <http://dx.doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Sexta edición.
- Pons & Rubio. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa: metodología del Last Planner® System*.
- Pons & Rubio. (2021). *Lean Construction: Las 10 claves del éxito en su implementación. Colección guías prácticas de Lean Construction*. <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf>
- Rodríguez, K. (2017). *Implementación de la metodología de planificación y control "Last Planner" en el proyecto de construcción: Unidad Productiva San Rafael*. [Proyecto final de Licenciatura], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/7296>
- Rojas, J. (2021). *Metodología de planificación basada en la filosofía "Last Planner" en la empresa CIVIL Desarrollo e Ingeniería*. [Proyecto final de Licenciatura], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/12366>

Sandí, H. (2023). *Proceso para fortalecer el uso de Last Planner para el mejoramiento de procesos constructivo de SCALA*. [Proyecto final de Licenciatura], Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/14616>

Shang, G. & Pheng, L. (2014). *The last planner system in China's construction industry — A SWOT analysis on implementation*. *International Journal of Project Management*, 32 (7), 1260-1272. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.002>

Torres, M., Paz, M. & Salazar, F. (s.f). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf

Walker, A. (2015). *Project Management in Construction*. John Wiley & Sons, Ltd.

Apéndices

Apéndice A. Preguntas de entrevista a personal de profesional (ingeniero de proyecto, gerente general, gerente de obra, asistente de ingeniería) y maestro de obra, y sus respuestas.

Cuadro A1.

Preguntas hacia el personal profesional

<p>Razón de las preguntas: <i>Estás preguntadas se realizarán con la intención de conocer los procesos actuales respecto a planificación, seguimiento y control de proyectos de obra pública, lo cual permitirá la identificación de falencia en dichas etapas. Por otro lado, también se busca saber el conocimiento acerca de Last Planner System y la predisposición de los sujetos a implementarlo.</i></p>	
Sujetos	Pregunta
<p>Gerente general, director técnico, ingeniero residente y asistente de ingeniería. Gerente general, director técnico, ingeniero residente y asistente de ingeniería.</p>	Defina brevemente en sus propias palabras, “planificación de obra”.
	¿Qué elementos considera fundamentales durante la planificación?
	¿Cómo realiza actualmente el proceso en la etapa de planificación de obras públicas?
	¿Actualmente se lleva un seguimiento y control de proyectos de obra pública debidamente? En caso de que sí, explique cómo.
	¿Cuáles son las principales causas de atraso que ha experimentado durante la ejecución de proyectos de obra pública?
	¿Conoce usted sobre el sistema Last Planner y cuál es su opinión acerca de?
	¿Durante su carrera profesional ha sido capacitado acerca del sistema Last Planner?
	¿Ha participado en proyectos donde se implemente el sistema Last Planner?
¿Estaría dispuesto a implementar el sistema Last Planner en sus obras?	

Cuadro A2.

Preguntas hacia el maestro de obra

Sujeto	Pregunta
Maestro de obra	¿Participa usted activamente durante la planificación de obra una vez iniciada la construcción?
	¿Cree usted que es necesaria su opinión para que la planificación se realice de acuerdo con las condiciones reales de obra?
	¿Cree usted que registrar la causa de los atrasos permite mejorar la planificación?

Cuadro A3.

Respuestas de personal profesional

Respuestas de entrevistas de personal profesional						
Sujeto	Tomas Segreda Castro	Octavio Tovar Puentes	Julio César Bravo Velásquez.	Gilberto Alexander Soto Hidalgo.	Diego Alonso Marchena Arce	
Puesto	Ing. Proyecto	Gerente general	Ing. Proyecto	Ing. Proyecto	Asistente de ingeniería	
Fecha de entrevista	13/3/2024 (5:00 p.m.)	14/3/2024 (9:00 a.m.)	14/3/2024 (11:00 a.m.)	14/3/2024 (14:40 p.m.)	14/3/2024 (3:00 p.m.)	
Años de experiencia	8	30	24	17	1.16	
Años en la empresa	3	4	0.5	1	0.4	
1. Defina brevemente en sus propias palabras, "planificación de obra".	Esfuerzos necesarios y requeridos para generar un plan de gestión de proyecto.	Planeación, y destinación de recursos necesarios para ejecutar un proyecto, a partir de la revisión detallada del alcance.	Hacer el análisis de los requisitos de la obra, para planificar la secuencia y designar recursos.	Programa el uso de actividades y recursos para la ejecución del proyecto.	Programas todas las actividades necesarias para la ejecución de la obra.	
2. ¿Qué elementos considera fundamentales durante la planificación?	Un alcance bien definido, junto con los correspondientes términos de referencia, especificaciones técnicas o contrato.	Un alcance detallado, planos constructivos y sus especificaciones técnicas. También el cartel y un contrato correspondiente.	Alcance, planos constructivos y especificaciones técnicas claros, presupuesto, y una buena comunicación entre los departamentos de la empresa.	Alcance delimitado, planos constructivos correctos, plazo acordado en contrato.	Alcance del proyecto, presupuesto disponible, plazo establecido, mano de obra disponible.	
3. ¿Cómo realiza actualmente el proceso en la etapa de planificación de obras públicas?	Se realiza un cronograma general mediante Project o Excel, donde se analiza los planos constructivos, y también se realiza un plan a 4 semanas (en Excel) en conjunto con los subcontratistas, ingenieros y maestro de obra.	Se hace a partir de Project, y se realiza a partir de los planos constructivos y rendimientos históricos. También se hace reuniones semanales para planificar la siguiente semana.	Mediante Project o Excel, se hace un cronograma general y un plan a 2 semanas.	Mediante Project se realiza un cronograma general, y un plan a 4 semanas.	En Project, el ing. de proyecto realiza un cronograma general y se actualiza constantemente. También se planifica a 4 semanas.	

Cuadro A3.

Respuestas de personal profesional (continuación)

Respuestas de entrevistas de personal profesional					
4. ¿Actualmente se lleva un seguimiento y control de proyectos de obra pública debidamente? En caso de que sí, explique cómo.	Sí, se realiza la curva S y se determina el índice de tiempo. Y cada semana se hace una reunión para determinar el avance de la obra y las causas de atraso (No se registra la información generada).	En la reunión semanal se identifican las causas de atrasos, y se realiza las curvas de S de avance real vs teórico. (No se documenta nada)	Reunión semanal con los subcontratistas para verificar el avance de la obra. (No se documenta)	Sí. Reuniones semanales para verificar avance y cumplimiento. No se lleva documentado.	Sí, con una reunión semanal donde se analiza el avance planificado respecto al real. No se lleva nada documentado.
5. ¿Cuáles son las principales causas de atraso que ha experimentado durante la ejecución de proyectos de obra pública?	Dificultad para encontrar personal, respuestas tardías por parte de los encargados de inspección debido a una falta de decisión.	Indefiniciones en planos o especificaciones, tiempos de respuestas de los inspectores, falta de recursos, el clima.	Mal rendimiento del personal, atrasos en entrega de material	Indefiniciones de diseño por parte de la institución pública a cargo, prolongados tiempos de respuesta para aclaraciones.	Errores en planos, falta de criterio de los inspectores, respuestas prolongadas, el clima.
6. ¿Conoce usted sobre el sistema Last Planner y cuál es su opinión acerca de?	No conozco la herramienta.	No	No	Sí, me parece una metodología útil para involucrar a la mayor parte de equipo de trabajo.	No
7. ¿Durante su carrera profesional ha sido capacitado acerca del sistema Last Planner?	No	No	No	No.	No
8. ¿Ha participado en proyectos donde se implemente el sistema Last Planner?	No	No	No	Sí	No
9. ¿Estaría dispuesto a implementar el sistema Last Planner en sus obras?	Sí, creo que beneficiaría.	Sí, siempre y cuando se refleje un buen costo/beneficio.	Sí. Si se implementa una capacitación.	Sí.	Sí

Cuadro A3.

Respuestas de personal profesional (continuación)

Respuestas de entrevistas de personal profesional		
Sujeto	Jorge Robles	Laura Baltodano
Puesto	Director Técnico	Arquitecta
Fecha de entrevista	27/3/2024 (8:00 a.m.)	1/4/2024 (4:30 p.m.)
Años de experiencia	11	2
Años en la empresa	11	6
1. Defina brevemente en sus propias palabras, "planificación de obra".	Son los esfuerzos que se realizan antes del proyecto, para definir alcance, presupuesto, plazos, definición y aprobación de materiales, programación de pruebas y búsqueda/contratación de mano de obra.	Realizar un cronograma, al igual que tener listos los submittals, materiales y subcontratistas correspondientes.
2. ¿Qué elementos considera fundamentales durante la planificación?	Un alcance, plazo y presupuesto.	Alcance, plazo y presupuesto.
3. ¿Cómo realiza actualmente el proceso en la etapa de planificación de obras públicas?	Gerente: No se realiza planificación durante la ejecución, más que una revisión de cronograma y el cronograma 2 meses antes mediante Project. Ing. Proyecto: Se realizaba planes a 3 semanas, cada tres semanas y se revisaban las restricciones.	A partir del cronograma general de la obra se realiza una planificación a 2 semanas, también depende de la obra la planificación se puede realizar a un lapso menor o mayor de tiempo.
4. ¿Actualmente se lleva un seguimiento y control de proyectos de obra pública debidamente? En caso de que sí, explique cómo.	Se hace una revisión del índice de tiempo, de cronogramas. Además de una revisión en aspecto general del estado del proyecto.	Se hace una revisión semanal del avance del trabajo, pero no se documenta nada.
5. ¿Cuáles son las principales causas de atraso que ha experimentado durante la ejecución de proyectos de obra pública?	No hay mucha diferencia con respecto a los proyectos de índole privada, pero se podría destacar la falta de atención de los inspectores y errores en planos.	Errores en planos y diseño
6. ¿Conoce usted sobre el sistema Last Planner y cuál es su opinión acerca de?	No conozco la herramienta.	No
7. ¿Durante su carrera profesional ha sido capacitado acerca del sistema Last Planner?	No	No
8. ¿Ha participado en proyectos donde se implemente el sistema Last Planner?	No	No
9. ¿Estaría dispuesto a implementar el sistema Last Planner en sus obras?	Sí, primero se implementaría la metodología en un proyecto, y después de verificar su rendimiento, aplicarlo a nivel de empresa en los demás proyectos.	Sí

Cuadro A4.

Respuestas de entrevista de maestro de obra

Sujeto	Maylor Cabeza Quijano
Puesto	Maestro de obras
Fecha de entrevista	25/3/2024 (7:30 a.m.)
Años de experiencia	20
Años en la empresa	11
1. ¿Participa usted activamente durante la planificación de obra una vez iniciada la construcción?	Sí
2. ¿Cree usted que es necesaria su opinión para que la planificación se realice de acuerdo con las condiciones reales de obra?	Sí, porque nosotros somos los que ejercemos la construcción, y tenemos la información del avance del proyecto a primera mano. Y también se puede ir pensando en la planificación y que se necesita.
3. ¿Cree usted que registrar la causa de los atrasos permite mejorar la planificación?	Sí, ya que se puede saber porque se atrasa una obra, y no depender de alguien se acuerde de la causa. Y también se puede utilizar en el caso de que se permita, justificar los días de atraso.

Figura A1.

Evidencia de entrevista con Tomas Segreda.



Figura A2.

Evidencia de entrevista con Octavio Tovar.



Figura A3.

Evidencia de entrevista con Julio Bravo.

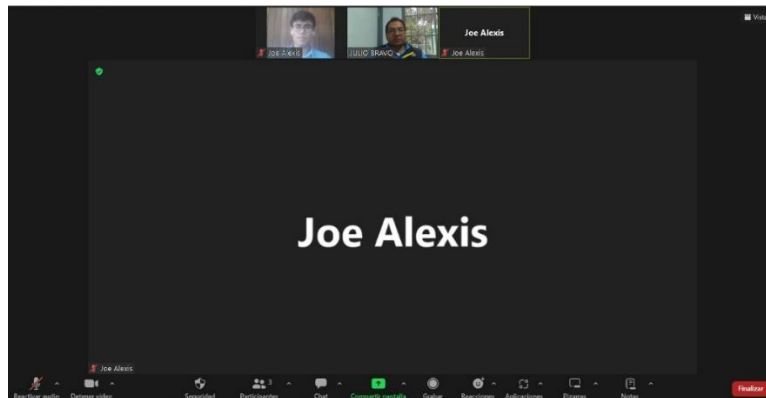


Figura A4.

Evidencia de entrevista con Gilberto Alexander Soto.



Figura A5.

Evidencia de entrevista con Diego Marchena.



Figura A6.

Evidencia de entrevista con Jorge Robles.



Figura A7.

Evidencia de entrevista con Laura Baltodano.



Figura A8.

Evidencia de entrevista con Maylor Cabeza



Apéndice B. Evidencia de observaciones realizadas durante reuniones.

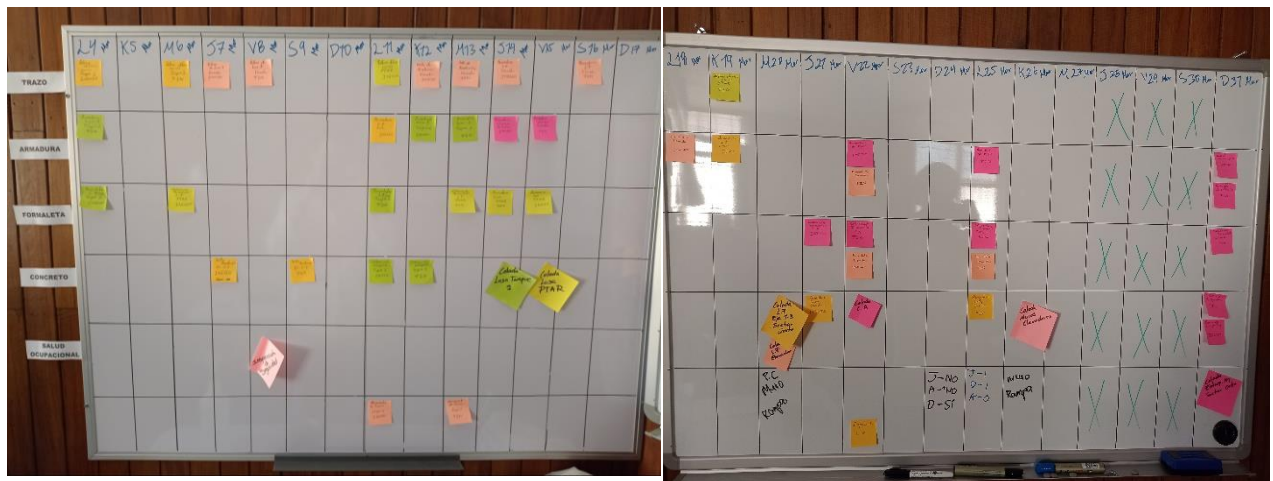
Figura B1.

Evidencia de observación de primera reunión



Figura B2.

Evidencia de observación de segunda reunión.



Apéndice C. Procedimiento de implementación de Last Planner System en proyectos de obra pública para la empresa Constructora CONICO.



CONSTRUCTORA

**PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM PARA
LA MEJORA EN LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y
CONTROL DE OBRA PÚBLICA EJECUTADOS POR LA EMPRESA
CONSTRUCTORA CONICO**

ELABORADO POR:
JOE ALEXIS LEIVA ROJAS

ABRIL 2024

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ALCANCE	3
3. OBJETIVO	3
4. CONCEPTOS	4
4.1 LEAN CONSTRUCTION	4
4.2 LAST PLANNER SYSTEM.....	4
5. INDUCCIÓN A LAST PLANNER SYSTEM	6
6. IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM.....	6
6.1 DESIGNAR RESPONSABLE	7
6.2 DESIGNAR ZONA DE TRABAJO.....	7
6.3 PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO (PLAN MAESTRO).....	8
6.3.1 Designación de responsables.....	11
6.4 PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOK-AHEAD)	12
6.4.1 Análisis de restricciones	15
6.4.2 Inventario de trabajo ejecutable (ITE).....	16
6.5 PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO.....	17
6.6 Reunión semanal	19
6.6.1 Porcentaje de actividades completadas (PAC).....	21
6.6.2 Causas de no cumplimiento (CNC)	23
7. EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	24
9. REGISTRO DE INFORMACIÓN.....	29
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a los procedimientos para la implementación de Last Planner System (LPS), para la mejora de los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública de los proyectos que son ejecutados por la empresa Constructora CONICO. Por lo cual, en este documento estará disponible la secuencia de pasos a seguir para implementar LPS, además de las herramientas necesarias para su aplicación, además se mostrará un ejemplo respectivo para el uso de la herramienta.

Para facilitar el entendimiento del sistema hacia el usuario, se realizó un apartado llamado “Conceptos”, donde se destacan la información más relevante respecto a la metodología. Aun así, se le recomienda al usuario consultar documentos para la ampliación de conocimiento.

2. ALCANCE

El documento corresponde a los procedimientos para la implementación de Last Planner System, para lo cual se brindará un repaso de la información más relevante acerca de LPS en el apartado de “Conceptos”. Además, se describirá el proceso de implementación de LPS y se brindará las herramientas necesarias y la explicación de su uso para la implementación de LPS en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra. También se contará con un ejemplo para facilitar al usuario el entendimiento del procedimiento y herramientas brindadas.

3. OBJETIVO

Brindar el procedimiento de implementación de Last Planner System, por medio de un documento explicativo y las herramientas necesarias, para mejorar los procesos en las etapas de planificación, seguimiento y control de obra pública de los proyectos ejecutados por la empresa Constructora CONICO.

4. CONCEPTOS

4.1 LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction se define por el Lean Construction Institute como el proceso de entrega de proyectos que utiliza métodos Lean para maximizar el valor del producto, mientras se reduce el desperdicio. Lean Construction parte a partir de 1992 cuando Lauri Koskela introduce la “Nueva filosofía de producción en la construcción” la cual definió como un conjunto de metodologías, técnicas y herramientas. Lo cual promovió la divulgación de la filosofía entre los profesionales de la construcción, y se ha reflejado mediante el aumento en la rentabilidad de los proyectos.

Una correcta implementación de Lean Construction conlleva una serie de beneficios al profesional o a la empresa que la implementa, lo cual puede otorgar una ventaja competitiva en el mercado, para esto Latorre (2015), nos enlista los siguientes beneficios:

- Mayor satisfacción al cliente.
- Reducción de plazos de entrega.
- Mayor productividad.
- Mayor beneficio y reducción de costes.

A partir de la divulgación de Lean Construction se han derivado distintos sistemas y herramientas que permiten su implementación. Entre ellas destaca Last Planner System, la cual se centra en los procesos durante las etapas de planificación, seguimiento y control de obra; y además es en este sistema en la cual se basa el desarrollo de este documento.

4.2 LAST PLANNER SYSTEM

Tal como se menciona anteriormente Last Planner System es uno de los sistemas más conocidos relacionados a Lean Construction. Y el cual es definido por Porras, Sánchez y Galvis (2014), como un sistema de planificación y control de procesos para mejorar la variabilidad en proyectos de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. Last Planner System integra tres fases de la planificación, las cuales son la planificación a largo plazo (lo que se debe hacer),

planificación a mediano plazo (lo que se puede hacer) y planificación a corto plazo (lo que se va a hacer).

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período.
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

Figura 1. Relación entre las fases de planificación.

Fuente: Pons y Rubio, (2019). Tomado de Lean Construction y planificación colaborativa, Metodología Last Planner System.

En Last Planner System destacan distintas funciones a cumplir para lograr su implementación de la manera correcta, y para esto Ballard y Tommelein (2016) destacan las siguientes:

- Definir las tareas que deben realizarse, cuando y quienes deben realizarlas.
- Hacer que las tareas programadas estén listas para realizarse.
- Planear y ajustar los planes para lograr los objetivos del proyecto.
- Seleccionar las tareas diarias y semanales, además decidir el trabajo siguiente a realizar.
- Hacer que la responsabilidad de liberación de tareas sea fiable entre los participantes.
- Hacer visible el estado actual y futuro del proyecto.
- Medición del rendimiento de la planificación, y aprendizaje continuo.

La correcta implementación de Last Planner System trae consigo una serie de beneficios, entre los cuales Pons y Rubio (2019) mencionan los siguientes:

- Reducción de costes.
- Reducción de plazos de entrega.
- Ambiente de trabajo basado en el aprendizaje y mejora continua.
- Mejor integración entre los subcontratistas, comunicación y compromiso.
- Oportunidades de mejora en etapas tempranas,
- Mayor satisfacción al cliente.

- Mejor gestión del riesgo y variabilidad.

5. INDUCCIÓN A LAST PLANNER SYSTEM

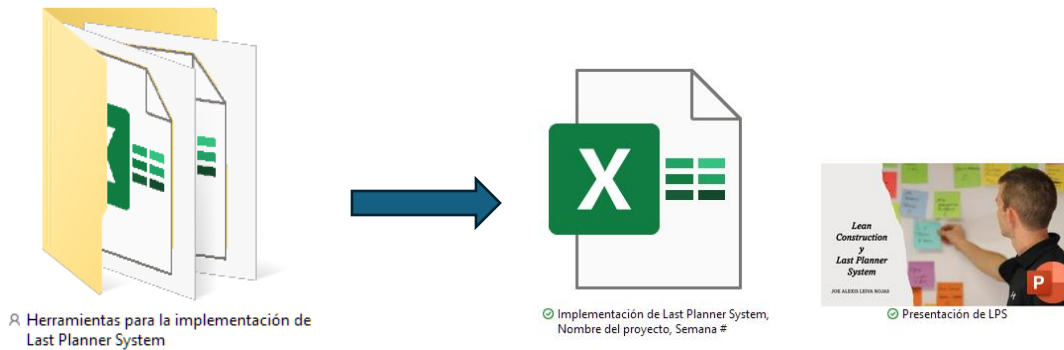
Para la implementación de LPS, se debe contar con un equipo de trabajo que este informado sobre el uso del sistema. Por lo cual, es necesario una vez se haya consolidado el equipo inicial del proyecto comúnmente conformado por el ingeniero residente, asistente de ingeniería y maestro de obras, informarlos sobre el uso de LPS. Esta tarea se deberá realizar cada vez que se integre un nuevo profesional o subcontratista que influya en los procesos de planificación.

Este paso es esencial para así facilitar al equipo de trabajo la adaptación al sistema Last Planner, dado esto en cada inicio de proyecto una vez haya sido asignado el equipo de trabajo, se realizará una pequeña inducción sobre la implementación de LPS. Dado la naturaleza de este proyecto, en esta ocasión se utilizará la presentación realizada por el estudiante. La cual se adjuntará junto con los demás documentos correspondientes a la herramienta.

6. IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM

Una vez finalizada la etapa de inducción se procede a realizar la implementación del sistema Last Planner la cual, consistirá en una serie de pasos a seguir y los cuales serán descritos próximamente. A su vez se suministra las plantillas y herramientas para la implementación de LPS, las cuales están disponible en el siguiente enlace: [Herramientas para la implementación de Last Planner System](#).

El enlace contiene una carpeta con el material disponible para implementar LPS durante las tres etapas de la planificación, y permitir el seguimiento y control de obra. El nombre de esta carpeta será el siguiente “Herramientas para la implementación de Last Planner System”, esta carpeta tendrá 2 archivos con los siguientes nombres “Presentación de LPS” (Archivo de Power Point) e “Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto*, *Semana #*”.



6.1 DESIGNAR RESPONSABLE

Una vez se haya conformado el equipo de trabajo inicial e informado sobre el uso de LPS, se debe asignar al responsable de la implementación de LPS conocido como el “último planificador”, comúnmente este cargo es desempeñado por el ingeniero de proyecto, debido a que es el responsable directo por parte de la empresa del avance del proyecto, por lo cual, se establece que el **último planificador** sea el **ingeniero de proyecto**. El último planificador tendrá distintas responsabilidades, entre ellas destacan la gestión de las reuniones semanales, control de las actividades planeadas e integración de los nuevos involucrados al equipo de trabajo. A su vez, deberá tener distintas habilidades entre las cuales destaca el liderazgo, para poder fomentar la cooperación, compromiso y la correcta comunicación entre los miembros del equipo.

6.2 DESIGNAR ZONA DE TRABAJO

La zona de trabajo corresponde a la zona donde se llevará a cabo las reuniones semanales, esta zona deberá tener el espacio suficiente para atender a los distintos involucrados en el proyecto. La zona de trabajo seleccionada debe tener distintos espacios, donde se atenderán los siguientes aspectos, planificación a largo plazo (plan maestro), planificación intermedia y la planificación semanal, estos espacios pueden ser paredes con la amplitud suficiente para colocar pizarras en ellas, en estas pizarras se podrá realizar la planificación intermedia. Entre los espacios más comunes donde se puede llevar las reuniones semanales se destaca la oficina de campo.

6.3 PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO (PLAN MAESTRO)

Este es plan general del proyecto, y representa un esquema inicial, donde se definen hitos y fases del proyecto, por lo cual, se deben establecer los grupos de actividades a realizar y el desglose de dichas actividades, asimismo de establecer la duración, secuencia y relación que existen entre ellas. No obstante, no se detalla minuciosamente cada actividad debido a que su función es brindar un mejor entendimiento del lapso, alcance del proyecto, posibles riesgos e identificación de la ruta y recursos críticos del proyecto, lo cual permitirá realizar las planificaciones intermedias y a corto plazo. Para esta fase el responsable de ejecutarla es el ingeniero de proyecto, y a su vez es recomendable a la medida de lo posible tomar en cuenta la opinión del maestro de obras y/o subcontratistas en caso de que estos ya estén seleccionados.

Debido a que este procedimiento está orientado a las obras públicas, hay factores que se deben considerar al momento de realizar el **plan maestro**. Con lo cual, un factor a tomar en cuenta son las **tablas de pago**, lo cual corresponde a la tabla donde se desglosa los costos asociados a cada actividad o hito del proyecto. Dicha tabla es establecida por la institución pública licitante.

Tal y como se mencionó anteriormente es necesario tomar en cuenta las actividades establecidas en la tabla de pagos, las cuales se deben analizar e integrar en el plan maestro, y permitir ser identificadas de manera clara. Sin embargo, hay que tener presente que las maneras en las cuales se desglosan las tablas de pagos son dependientes al criterio y decisión de la institución licitante, por lo cual, dichas actividades deben ser consideradas únicamente como punto de partida durante la elaboración del plan maestro.

Tomando en consideración lo mencionado se procede a describir el proceso a seguir para realizar el plan maestro y el nivel de detalle requerido, esto adaptado a las necesidades de la empresa en proyectos de obra pública:

- A partir de la tabla de pagos del proyecto se debe identificar y analizar las actividades que están incluidas.
- Utilizar las actividades identificadas como punto inicial para realizar el plan maestro.
- Analizar a detalle los requerimientos establecidos en el cartel de licitación y en planos constructivos.

- Establecer los principales hitos a completar en el proyecto, refiriéndose a hitos tales como (*Movimiento de tierra, nivel sótano, primer piso, segundo piso, etc.*). Estos hitos se adaptarán a las necesidades propias de cada proyecto.
- Establecer los grupos de actividades en los que se descompone cada hito, los cuales puede ser (*nivel sótano: obra gris, obra eléctrica, obra mecánica, acabados, etc.*).
- Indicar las actividades que conforman cada **grupo**, tal como (*obra gris: losas de fundación, vigas de fundación*). Por otro lado, el último nivel de desglose del trabajo sería establecer los paquetes de tarea de cada actividad tal como (*Vigas de fundación: Excavación, elaboración de armadura, colocación de formaleta, etc.*), sin embargo, dicho desglose se realizará en la planificación a corto plazo (**ver apartado 6.5**), ya que al incluir dichas tareas en el plan maestro, podría causar confusiones dado a la cantidad de estas.
- Por último, cada actividad establecida en la tabla de pagos debe estar incluida en el plan maestro y permitir su asociamiento con el presupuesto.

Para realizar el plan maestro se deberá utilizar el programa Ms Project. Cabe recalcar que el plan maestro se deberá mantener actualizado tras cada cambio en la duración de las actividades surgido durante la ejecución de la obra, y de esta manera poder realizar un correcto seguimiento.

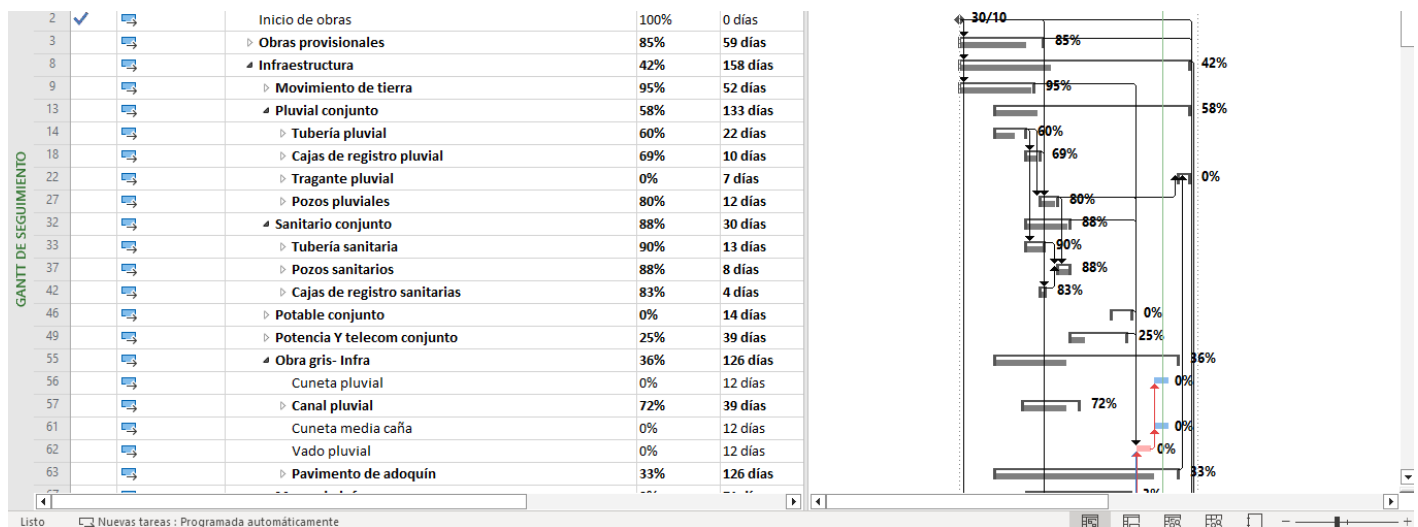
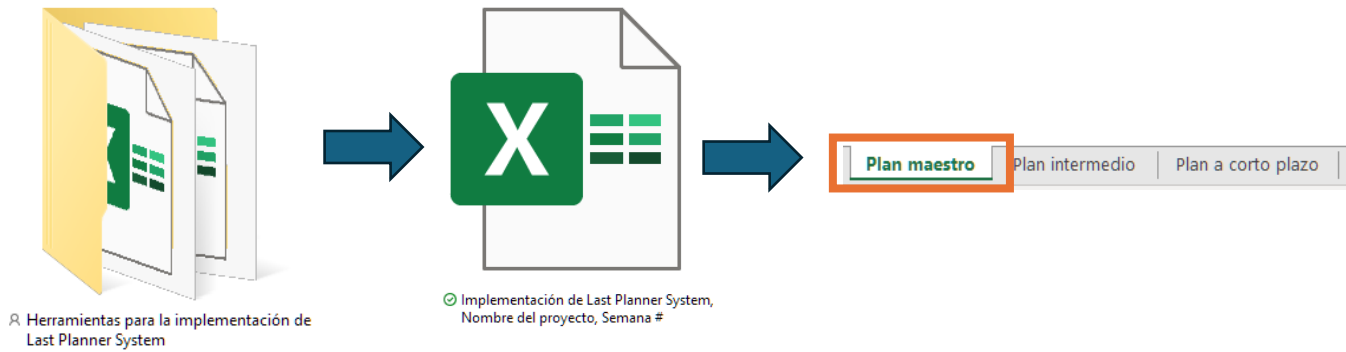


Figura 2. Ejemplo de diagrama de Gantt por medio de MS Project.

A su vez, se brindará una plantilla en Excel la cual se encuentra en el documento de Excel llamado "Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto*, *Semana #*". en el documento compartido por el estudiante, en la que se puede registrar las actividades a realizar.



	Contractora CONICO
	Plan Maestro
	<i>Nombre del proyecto</i>

Encargado

Actualización No.	
Fecha de actualización	
Semana	

Código	Actividad	Duración (días)	Semanas													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
			<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha</i>	

Figura 3. Plantilla para plan maestro

A continuación, se muestra como completar la plantilla:

- Las casillas editables son las que presentan fondo **gris**.
- Primero se completa las casillas de información general (*Nombre del proyecto*, *Encargado*, *Actualización No.*, *Fecha de actualización* y *Semana*). La casilla de *Encargado* corresponde al nombre del último planificador, la casilla de *Actualización No.* corresponde al número de actualización del plan maestro y, por último, *Semana* se refiere a la semana del proyecto en que se actualizó el plan maestro.

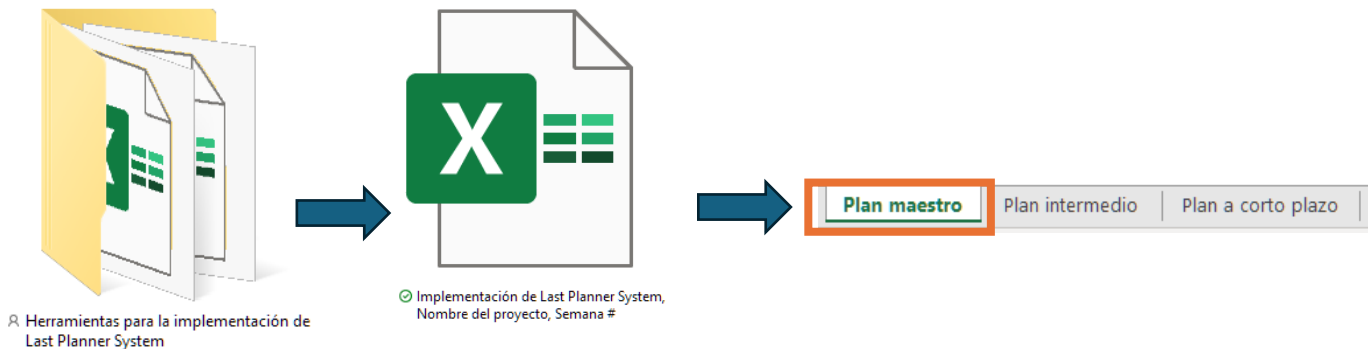
- Luego se procede a completar las casillas (*Código, Actividad y Duración*), la cual se completará con la información indicada en el plan maestro realizado por medio de MS Project, en la cual debe coincidir el código, actividad y duración.
- Por último, se debe completar las casillas de las *semanas*, la cual permite visualizar de una mejor manera la duración de cada una de las actividades. Primero se debe completar las casillas indicadas como *Fecha* la cual corresponde a la fecha inicial de la semana. Posteriormente se debe rellenar las casillas con un color distinto por cada grupo de actividades y, así permitir la visualización y diferenciación de estas.

Una vez completado, se entregará una copia en PDF a los involucrados, esto para facilitar la visualización del trabajo.

6.3.1 Designación de responsables

La designación de responsables corresponde a la selección de los representantes de cada equipo de trabajo, estos equipos de trabajo pueden ser los subcontratistas o el maestro de obras. Esta etapa es diferente a lo mencionado en el apartado 6.1, debido a que en dicho apartado se selecciona al último planificador.

Los responsables designados por cada equipo de trabajo es el encargado de velar por el cumplimiento de los compromisos adquiridos durante las planificaciones (intermedia o semanal), además debe estar presente en cada reunión semanal, liberar las restricciones según corresponda y deberá rendir cuentas ante el último planificador respecto al avance en su trabajo. A continuación, se muestra la plantilla a utilizar la cual se encuentra en el documento de Excel "Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto, Semana #*" en el documento compartido por el estudiante:



Designación de responsables		
Rol	Empresa	Encargado

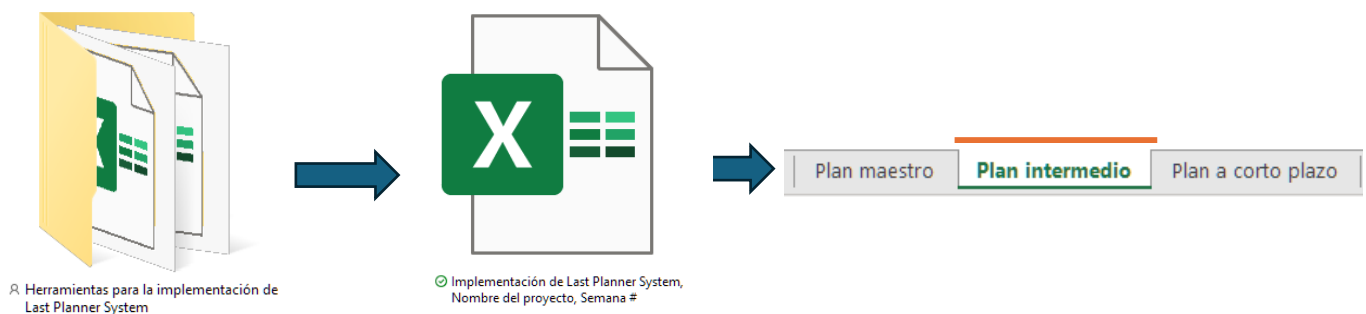
Figura 4. Plantilla de registro de responsables

6.4 PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOK-AHEAD)

La planificación intermedia (Look-ahead) corresponde a la planificación de las actividades que **se deben** realizar en un período seleccionado que puede variar entre 4 a 6 semanas. Para la selección del período de planificación se tiene que tomar en consideración factores importantes como los tiempos de respuesta de las instituciones licitantes en cuanto a consultas por medio de RFI (Request for Information), submittals o similar, ya que estos tiempos pueden ser elevados y atrasar la ejecución de la obra. Durante la planificación se debe realizar el análisis correspondiente de las actividades en el período abarcado.

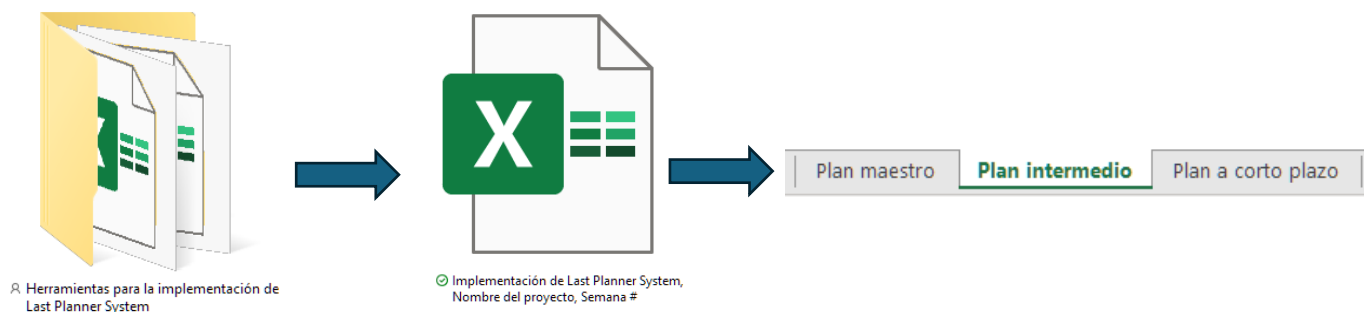
Cabe recalcar que la planificación intermedia se debe actualizar cada semana durante la reunión semanal (ver **apartado 6.6**), donde se agrega una semana a la planificación. Por ejemplo, una vez establecido la planificación intermedia de 4 semanas, realizada en la *semana 1*, en la siguiente reunión semanal se debe agregar la quinta semana a la planificación, este proceso se reitera tras cada reunión semanal.


A continuación, se describirá los pasos a seguir para realizar la planificación intermedia, al igual que se adjuntarán las plantillas a utilizar, la plantilla a utilizar se encuentra en el documento de Excel “Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto*, Semana #”.



A continuación, se muestra como completar la plantilla:

- Primero se completa las casillas de la información general (*período abarcado, nombre del proyecto y fecha de confección*). La casilla de *período abarcado* corresponde a las fechas que abarcan las semanas planificadas.
- Luego se completa las cinco primeras columnas de izquierda a derecha (*código, actividad, fecha inicial, fecha final y responsable*). Los datos de estas casillas deben coincidir con lo indicado en el plan maestro y la casilla de *responsables* se debe completar de acuerdo con lo asignado en la plantilla de “*Designación de responsables*”.
- Como tercer paso se procede a realizar el **análisis de restricciones** (ver **apartado 6.4.1**), donde en conjunto con los responsables se establece el tipo de restricción que presente la actividad y se marca con una “x” en la casilla correspondiente. A su vez se procede a completar la plantilla de análisis de restricciones presentada en la figura 6 la cual se encuentra en el documento de Excel “Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto, Semana #*”. En la cual se escribe el *código* y la *actividad* con la restricción, el responsable de liberarla, la acción a realizar y la fecha de liberación, cabe recalcar que dicha plantilla se tiene que actualizar durante cada reunión semanal con los datos correspondientes.



	Constructora CONICO
	Actividades con restricciones
	Nombre del proyecto

Revisión No.	
Fecha	
Semana	

Código	Actividad	Restricción	Encargado de liberación	Acción a realizar	Fecha de liberación establecida	Fecha de liberación real

Figura 6. Plantilla para el análisis de restricciones.

- Una vez completado el análisis de restricciones se debe agregar las tareas que presenten una alta probabilidad de ejecutarse al **inventario de trabajo ejecutable** (ver apartado 6.4.2).
 - Por último se debe establecer las fechas que abarcan las actividades en las columnas de (Semana 1, 2, 3 y 4). Por lo cual, en las casillas de *Fecha* se debe establecer la fecha de cada día de la semana, además se rellenará las casillas de cada fecha con un color y así permitir la visualización de las fechas que abarca cada actividad.
3. Como último paso se debe tener la planificación intermedia visible para todos los miembros del equipo, la cual será de manera digital compartiendo una copia del archivo en formato PDF.

6.4.1 Análisis de restricciones

Este proceso consiste en el análisis de las restricciones que puede presentar cada una de las actividades planteadas en la planificación intermedia. Este proceso debe realizarse en conjunto con todos los responsables del proyecto y es recomendable tal como se mencionó anteriormente que cada uno de los integrantes tenga a disposición la planificación intermedia (digital o físico), esto para facilitar la visualización y análisis de las actividades e identificación de las restricciones.

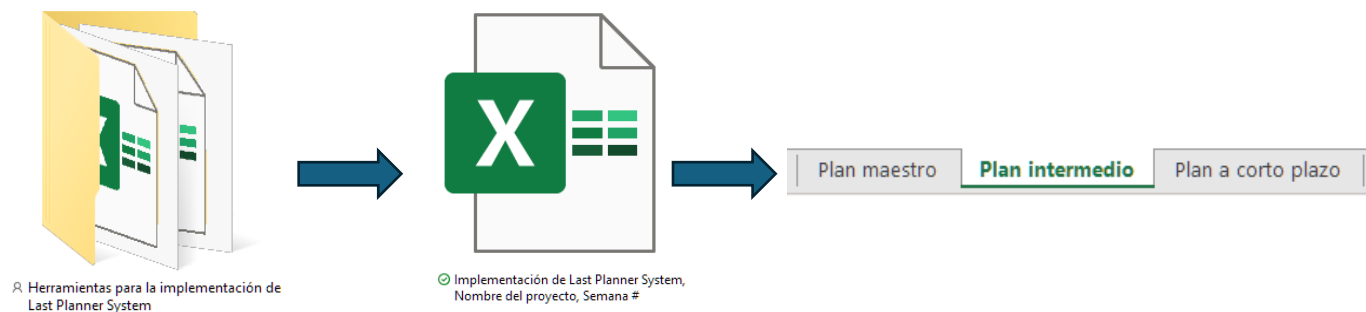
Cuando sean identificadas y analizadas las restricciones, estas se deben registrar, esto se facilita a partir de la plantilla presentada en la figura 6. En dicha plantilla se debe designar la actividad,

restricción, acción a implementar para liberarla, el responsable de liberar la restricción y la posible fecha de liberación.

Cabe recalcar que el responsable será designado de acuerdo con la naturaleza de la restricción, y este se comprometerá con las obligaciones adquiridas. Por otra parte, las fechas establecidas para la liberación de las restricciones debe permitir un flujo continuo de trabajo, y de esta forma no generar atrasos en la ejecución de la obra. Este proceso es de suma importancia durante la planificación intermedia, dado que el correcto análisis de restricciones permite una mejor toma de decisiones respecto a la planificación de actividades.

6.4.2 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

Este paso se realiza una vez concluido el análisis restricciones y consiste en registrar las actividades que poseen un alto de grado de probabilidad de poder ejecutarse en el período asignada en el plan intermedio. Tener registradas una cantidad adecuada de actividades en el ITE permite mantener un flujo continuo de trabajo, ya que siempre se va a disponer de trabajo por realizar. La plantilla se encuentra en el documento de Excel “Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto, Semana #*”.



	Constructora CONICO
	Inventario de trabajo ejecutable
	Nombre del proyecto

Revisión No.	
Fecha	
Semana	

Código	Actividad	Encargado	Fecha de fin	Estado

Figura 7. Plantilla para el inventario de trabajo ejecutable (ITE).

Para completar la anterior plantilla se sigue los siguientes pasos:

- Completar las casillas con información general (*Nombre del proyecto, Revisión No., Fecha y Semana*). La información de estas casillas se debe actualizar durante cada reunión semanal con la información correspondiente.
- Por último, se completan las casillas de (*Código, Actividad, Encargado, Fecha de fin y Estado*). Para las casillas de *Código y Actividad* la información de esta debe coincidir con la indicada en la planificación intermedia, la casilla de *Encargado* corresponde al responsable de ejecutar la tarea, la casilla de *Fecha de fin* se refiere a la fecha en la cual la tarea debe estar terminada y por último la casilla *Estado* es referente en que condición se presenta la tarea en la fecha de la revisión la cual puede variar entre (Ejecutada y No ejecutada).

6.5 PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO

Esta etapa consiste en convertir en paquetes de trabajo las actividades del ITE, que se tengan que iniciar durante el período a planificar. La planificación a corto plazo puede variar entre 1 a 2 semanas. Esta planificación se realiza durante cada **reunión semanal** (ver **apartado 6.6**). Para realizar dicha

con lo planteado en el plan intermedio y así facilitar el seguimiento de las actividades planeadas. La casilla **% Avance planeado** corresponde al avance acordado a completar por el responsable de la actividad durante la semana y, por último, en la casilla de **semana #** se debe establecer las fechas que abarcan las tareas en las columnas de (L, M, K, J, V, S y D, referente a los días de la semana). Para esto se asignará un color por actividad y/o tarea y se rellenará las casillas de cada fecha con el color correspondiente (observar ejemplo mencionado en el **paso 2, apartado 6.4**)

4. Por último, los involucrados deberán tener a su disposición la planificación semanal por medio digital en formato PDF.

6.6 Reunión semanal

En la reunión semanal deberán participar todas las personas involucradas (ver **apartado 6.3.1**), y durante la reunión se atiende distintos temas, tales como, la **planificación intermedia (apartado 6.4)**, **planificación a corto plazo (apartado 6.5)**, **porcentaje de actividades completadas (apartado 6.6.1)** y **causas de no cumplimiento (apartado 6.6.2)**.

En el siguiente cuadro se muestra las generalidades de la estructura que se debe llevar a cabo en cada reunión semanal.

Cuadro 1. Generalidades de la estructura de la reunión semanal.

Duración	Participantes
• 60-90 minutos	• Ingeniero de obra, asistente, maestro de obra y subcontratistas.
Objetivos	Comportamiento esperado
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el PAC • Análisis de CNC • Toma de acciones para mitigar CNC • Actualizar plan intermedio, lista de restricciones, inventario de trabajo ejecutable y cronograma. • Definir el siguiente plan semanal. 	<ul style="list-style-type: none"> • No interrupciones, ni distracciones • Apoyo al equipo • Compromiso • Preparación previa a la reunión • Retrospección y aprendizaje continuo
Entradas	Salidas
Lista de problemas inmediatos y estado actual del proyecto.	Nuevos compromisos, actualización de lista de problema inmediatos, plan maestro, intermedio y semanal.

Fuente: Pons y Rubio (2019). Adaptado de Lean Construction y la planificación colaborativa: metodología del Last Planner® System.

A continuación, se definen los pasos a seguir para realizar la reunión semanal:

1. Como primer paso se debe definir un día a la semana y hora aproximada para realizar la reunión, se recomienda mantener el día definido durante toda la ejecución del proyecto.
2. Revisar el porcentaje de avance de los compromisos adquiridos durante la **planificación semanal** y completar la información correspondiente de la plantilla de planificación semanal mostrada en la figura 9. Donde primero se completa la casilla *Revisión* y se anota el porcentaje de avance completado de las tareas adquiridas, lo cual nos generaría el **PAC** (ver **apartado 6.6.1**)
3. Como tercer paso se debe verificar las **causas de no cumplimiento** (ver **apartado 6.6.2**), ya que, en caso de que algún compromiso no haya alcanzado la meta propuesta, el responsable de la tarea debe brindar la causa de no cumplimiento. Y con esta información se completa la casilla *Causas de no cumplimiento (CNC)* de la plantilla mostrada en la figura 9, donde se marca con una “x” la CNC correspondiente. Además, se debe tomar las acciones correctivas dadas las causas de no cumplimiento para no incurrir en las mismas en casos futuros.
4. Se debe definir las nuevas actividades que se tomaran en cuenta en la planificación intermedia (acatar pasos mencionados en **apartado 6.4, 6.4.1 y 6.4.2**)
5. Actualizar el **plan maestro** en caso de ser necesario.
6. Por último, se realiza la planificación de la próxima semana (ver **apartado 6.5**).

Para cumplir con lo antes mencionado, cada involucrado debe cumplir con sus responsabilidades, para lo cual, en el siguiente cuadro se muestran algunas de ellas, de igual manera hay que recordar que se requiere el total compromiso por parte de los involucrados para ejecutar de la mejor manera posible los pasos propuestos y asegurar una correcta ejecución del proyecto.

Cuadro 2. Responsabilidades de involucrados en la reunión semanal

Responsabilidades en reunión semanal	
Subcontratistas y jefes de cuadrilla	Último planificador
<ul style="list-style-type: none"> • Llevar su porcentaje de avance y las causas de no cumplimiento de sus compromisos. • Información del estado de su trabajo. • Lista tentativa de las tareas para la siguiente semana. • Revisión del estado de restricciones que se le asignaron durante la planificación intermedia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar plan maestro e intermedio. • Llevar comparación de objetivos propuestos y logrados. (PAC) • Listado de nuevas actividades para la planificación intermedia. • Actualizar el ITE.

Fuente: Gutiérrez, (s.f). Adaptado de Metodología para la aplicación de Last Planner System.

6.6.1 Porcentaje de actividades completadas (PAC)

El porcentaje de actividades completadas es un indicador que permite verificar el cumplimiento de los compromisos adquiridos durante la planificación semanal por parte de los involucrados. Para realizar el PAC se debe calificar los compromisos adquiridos de manera binaria, esto se refiere a que si el compromiso alcanzó o superó lo planificado se asigna una calificación de **uno**, caso contrario, se asigna una calificación de **cero**. Es recomendable mantener un PAC entre el 80% y 90%, lo cual refleja que se están cumpliendo la mayoría del trabajo ejecutado. El PAC se calcula mediante la división de los compromisos adquiridos completados entre el total de compromisos adquiridos por **cient**. Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$PAC = \frac{\text{Total de compromisos completados}}{\text{Total de compromisos adquiridos}} \cdot 100 \quad (1)$$

A continuación, se muestra las actividades a realizar para completar el PAC.

- A partir de la plantilla de planificación semanal mostrada en la figura 9, se procede completar la casilla *Revisión*, en la cual posee dos apartados (*% Avance completado* y *Cumple*), estas casillas se completan durante la reunión semanal. El *% Avance completado* es informado por parte del responsable de la actividad y se anota en la hoja de Excel y de manera automática en el Excel brindado verifica si el *% Avance completado* es igual o superior al *% Avance planeado*, y asigna una calificación de 1 o 0 en la casilla de *Cumple*.
- Posteriormente se calcula el PAC a partir de la ecuación 1, este proceso lo realiza el Excel de manera automática una vez completado el paso anterior con cada una de las tareas planificadas.

Como último paso, se registra el PAC obtenido en la semana, este proceso se realiza durante cada reunión semanal, lo cual permite generar un seguimiento del cumplimiento de los compromisos. Para este proceso se facilita la plantilla mostrada en la figura 10, La plantilla por utilizar se encuentra en el documento de Excel "Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto*, Semana #".



Registro de PAC semanal		
Semana	PAC real	PAC recomendado
Semana 1		85%
Semana 2		85%
Semana 3		85%
Semana 4		85%

Figura 9. Plantilla de registro de PAC semanal

Y a partir de la información registrada en dicha plantilla, se genera una gráfica para visualizar el PAC, esta gráfica se realiza de manera automática en el Excel brindado por el estudiante.

- *Análisis del PAC*

El análisis del PAC se basa a partir de dos factores, el **PAC objetivo** y el **PAC alcanzado**. Para esto tomaremos dos casos de análisis el primero de ellos es cuando el PAC alcanzado es alto (90%-100%) y un PAC alcanzado bajo (60%-75%).

Primer caso (PAC 90%-100%): Cuando se alcanza un PAC alto podría interpretarse que el trabajo fluye de la mejor manera posible y las causas de atraso han sido casi nulas, mas no necesariamente puede ser la situación real. El haber alcanzado ese porcentaje, puede deberse a una planificación deficiente ya que se planificaron menos tareas respecto a la capacidad del equipo de trabajo, lo cual produce un desperdicio en la mano de obra.

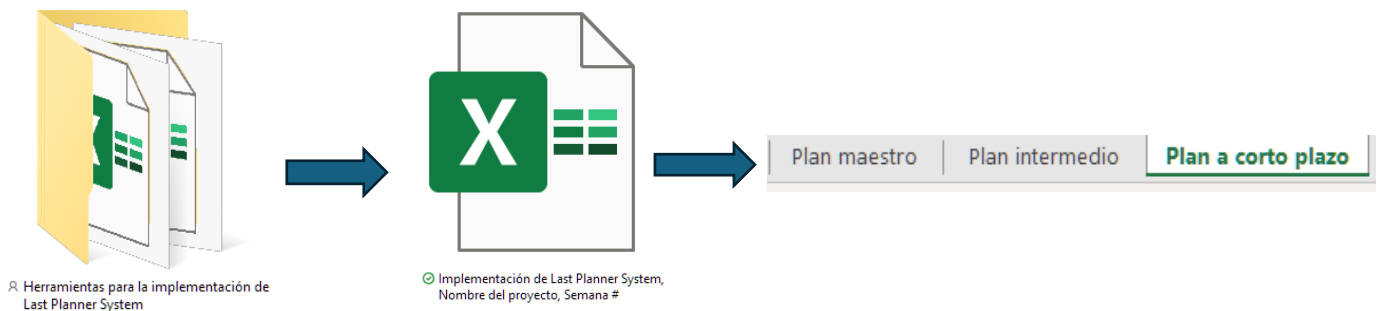
Segundo caso (PAC 60%-75%): Caso contrario, alcanzar un PAC relativamente bajo, podría basarse distintas razones., entre las cuales se puede mencionar, atrasos no previstos, mano de obra deficiente o insuficiente, o una planificación deficiente, debido a una sobreasignación de tareas comparado a la capacidad del equipo. Si el PAC alcanzado es menor a los valores mencionados,

es importante realizar una revisión minuciosa de las causas de no cumplimiento en caso de presentarse y tomar las medidas necesarias para evitar la repetición del caso.

El objetivo de describir los dos casos anteriores es mostrar los extremos que puede alcanzar el PAC. Tal como se mencionó anteriormente es recomendable que el PAC objetivo oscile en un valor entre 80% y 90%, ya que se presupone que no se va a cumplir el 100%, mas se va a cumplir la mayor parte de las tareas. A partir de la planificación semanal se tiene que establecer un balance entre el trabajo a ejecutar y la capacidad de trabajo del equipo, de esta manera se genera una exigencia moderada, que logre cumplir con el PAC objetivo.

6.6.2 Causas de no cumplimiento (CNC)

Las causas de no cumplimiento se refieren a las razones por la cuales los compromisos adquiridos no pueden ser completados Las CNC se registran en la plantilla mostrada en la figura 10 y esto se realiza conforme al paso 3 del **apartado 6.6**, con el registro de las CNC se realiza un gráfico para poder visualizarlas de una mejor manera, este gráfico se realiza de manera automática en el Excel brindado el cual se encuentra en el documento de Excel “Implementación de Last Planner System, *Nombre del proyecto, Semana #*”.



Resumen de causas de no cumplimiento (CNC)	
Daño de equipo	0
Falta de materiales	0
Falta de mano de obra	0
Clima	0
Causa externa	0
Actividad predecesora	0
Bajo rendimiento	0
Otros	0

Figura 10. Plantilla de resumen de CNC

- *Análisis de las CNC*

A partir del registro de las CNC, se puede efectuar un análisis de estas, y aplicar acciones correctivas. Esto se logra a partir de una comunicación efectiva entre los partes involucrados donde se aporta el criterio de cada uno, atendiendo a las posibles medidas por aplicar, y de esta manera poder erradicar la causa, evitando que se presente en casos futuros. Es importante recalcar que, aunque este sea un trabajo en equipo, recae en el **último planificador** la responsabilidad de tomar las decisiones y la ruta a seguir en pro de la correcta ejecución del proyecto. Realizar dichas acciones promueve una cultura de compromiso, comunicación en el equipo de trabajo y la mejora continua en la toma de decisiones y en la planificación semanal e intermedia en ocasiones futuras.

7. EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

A continuación, mostrará el caso de aplicación del procedimiento, el cual se desarrolló en el proyecto Cultivarte en un período de cuatro semanas.

Pasos por seguir:

- 1. Primer paso:** Una vez se haya conformado el equipo inicial del proyecto, se informa sobre el uso de Last Planner System, y se designa al responsable del equipo que cumpla la función de **último planificador**.
- 2. Segundo paso:** Se designa la zona de trabajo y se realiza la inducción sobre la implementación de LPS.

Código	Actividad	Restricción	Encargado de liberación	Acción a realizar	Fecha de liberación establecida	Fecha de liberación real
1.3.2	Relleno y compactación en zona de acceso vehicular	Materiales	Ing. Proyecto	Hablar con el proveedor del material para verificar disponibilidad	7/5/2024	6/5/2024
1.3.3	Relleno y compactación en detrás de muro de retención	Materiales	Ing. Proyecto	Hablar con el proveedor del material para verificar disponibilidad	10/5/2024	13/5/2024
1.6.6	Colado de concreto de fundación	Permisos/Materiales	Ing. Proyecto	Solicitar permiso a Municipalidad para bloquear la vía pública durante medio día	6/5/2024	3/5/2024
		Otros		Verificar disponibilidad de bomba y material por parte del proveedor de concreto	10/5/2024	7/5/2024
1.7.1.3	Colado de concreto	Materiales	Ing. Proyecto	Verificar disponibilidad de proveedor de concreto	7/5/2024	6/5/2024
1.9.1	Colocación de previstas de Tanque 1	Permisos	Ing. Proyecto	Informar a Municipalidad del riesgo de atraso de la no aprobación de la propuesta de contratista	8/5/2024	8/5/2024
2.1.2	Colocación de formaleta de fondo de viga/entrepiso	Otros	Ing. Proyecto	Conseguir contratista de formaleta	20/5/2024	15/5/2024

Figura 16. Resultado del análisis de restricciones posterior a las 4 semanas

6. Sexto: Se procede a realizar la planificación semanal (ver apartado 6.5). Hay que recordar que la planificación se realiza en un día establecido anteriormente.

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 1							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión		
			S 27/4/2024	D 28/4/2024	L 29/4/2024	K 30/4/2024	M 1/5/2024	J 2/5/2024	V 3/5/2024	Datio de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad predecessora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado	Cumple
1	Nivel Sotano																		
1.1	Movimientos de tierra																		
1.1.1	Colocación y compactación en zona de elevador	100%		■															
1.3	Obra civil mecánica																		
1.3.3	Tanque 3																		
1.3.3.1	Colocación de sello de concreto	100%		■															
1.3.3.2	Colocación de acero	75%		■	■														
1.3.3.3	Colado de concreto	20%		■				■											
1.3.3.4	Colocación de formaleta	70%		■															
1.6	Losas flotantes																		
1.6.1	Colocación de formaleta en rampa de acceso	100%		■															
1.6.2	Colocación de sello de concreto en rampa de acceso	100%		■															
1.6.3	Colocación de acero en rampa de acceso	100%		■															
1.7	Muros Chorreados																		
1.7.1	Muros de rampa																		
1.7.1.1	Colocación de acero	90%		■															
2	Primer piso																		
2.1	Vigas de entrepiso																		
2.1.1	Colocación de acero	70%		■															

La sección oculta se realiza durante la reunión semanal del 12 de abril.

Figura 17. Planificación semanal, semana 1

7. Séptimo paso: En la siguiente reunión semanal se debe revisar el PAC y las CNC. Con lo cual permite el análisis del avance del proyecto y la toma de decisiones, en las siguientes figuras se observa los datos obtenidos.

Código	Actividad	% Avance planeado	Semana 1							Causas de no cumplimiento (CNC)							Revisión		
			S 27/4/2024	D 28/4/2024	L 29/4/2024	K 30/4/2024	M 1/5/2024	J 2/5/2024	V 3/5/2024	Daño de equipo	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Clima	Causa externa	Actividad predecesora	Bajo rendimiento	Otros	% Avance logrado	Cumple
1 Nivel Sotano																			
1.1	Movimientos de tierra																		
1.1.1	Colocación y compactación en zona de elevador	100%																100%	1
1.3	Obra civil mecánica																		
1.3.3	<i>Tanque 3</i>																		
1.3.3.1	Colocación de sello de concreto	100%																100%	1
1.3.3.2	Colocación de acero	75%																75%	1
1.3.3.3	Colado de concreto	20%																20%	1
1.3.3.4	Colocación de formaleta	70%																70%	1
1.6	Losas flotantes																		
1.6.1	Colocación de formaleta en rampa de acceso	100%																100%	1
1.6.2	Colocación de sello de concreto en rampa de acceso	100%																100%	1
1.6.3	Colocación de acero en rampa de acceso	100%																100%	1
1.7	Muros Chorreados																		
1.7.1	<i>Muros de rampa</i>																		
1.7.1.1	Colocación de acero	90%															x	80%	0
2 Primer piso																			
2.1	Vigas de entripiso																		
2.1.1	Colocación de acero	70%															x	60%	0
									Suma	0	0	0	1	0	0	1	0	PAC	80%

Figura 18. Revisión de planificación semanal, Semana 1

En la figura anterior se muestra la planificación semanal de la semana 1, en la cual se efectuó la revisión correspondiente del PAC y CNC. Para este caso se incumplió con un compromiso debido al clima ya que se presentó lluvias y un bajo rendimiento.

Con la información de la figura anterior se realiza las gráficas respectivas del PAC semanal y las CNC.

Registro de PAC semanal		
Semana	PAC real	PAC recomendado
Semana 1	80%	85%
Semana 2		85%
Semana 3		85%
Semana 4		85%

Figura 19. PAC semanal (semana 1)

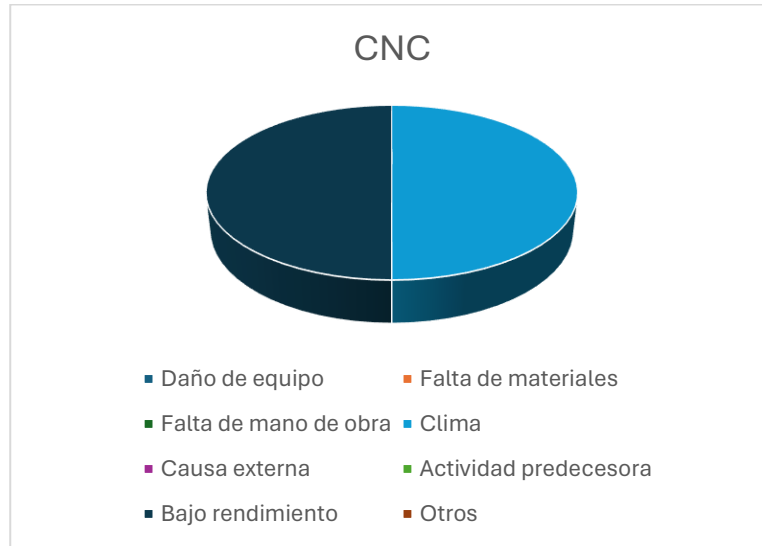


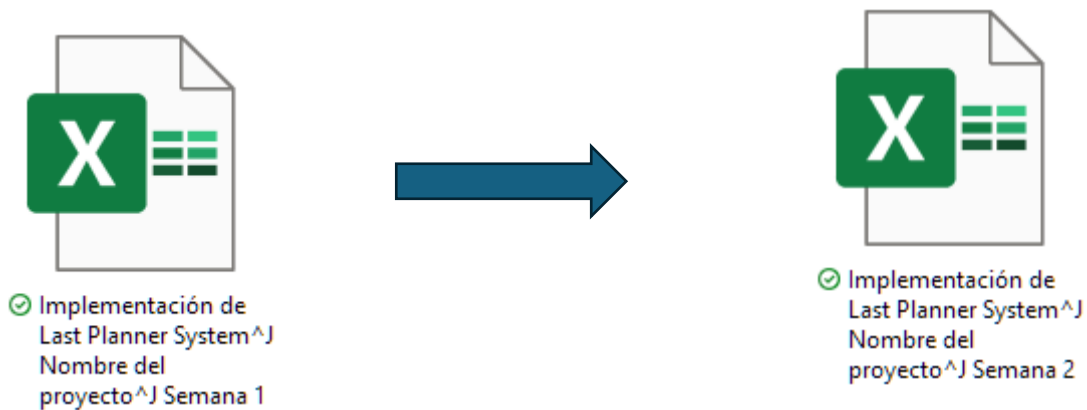
Figura 20. Causas de no cumplimiento semana 1

Para términos prácticos solo se abarcará hasta la semana 1, aún así se puede consultar los pasos descritos los apartados correspondientes.

8. REGISTRO DE INFORMACIÓN

La información generada durante la aplicación de Last Planner System debe registrarse adecuadamente para facilitar el seguimiento y control de la obra, y a su vez permite mediante el registro de los datos un aprendizaje continuo.

Se recomienda guardar la información generada en cada reunión semanal. Lo cual se puede realizar a partir de crear un archivo nuevo de Excel compartido, en el cual se copia la información de la semana anterior y se modifica la información pertinente, lo cual permite generar una trazabilidad a las planificaciones realizadas al igual que a los datos generados.

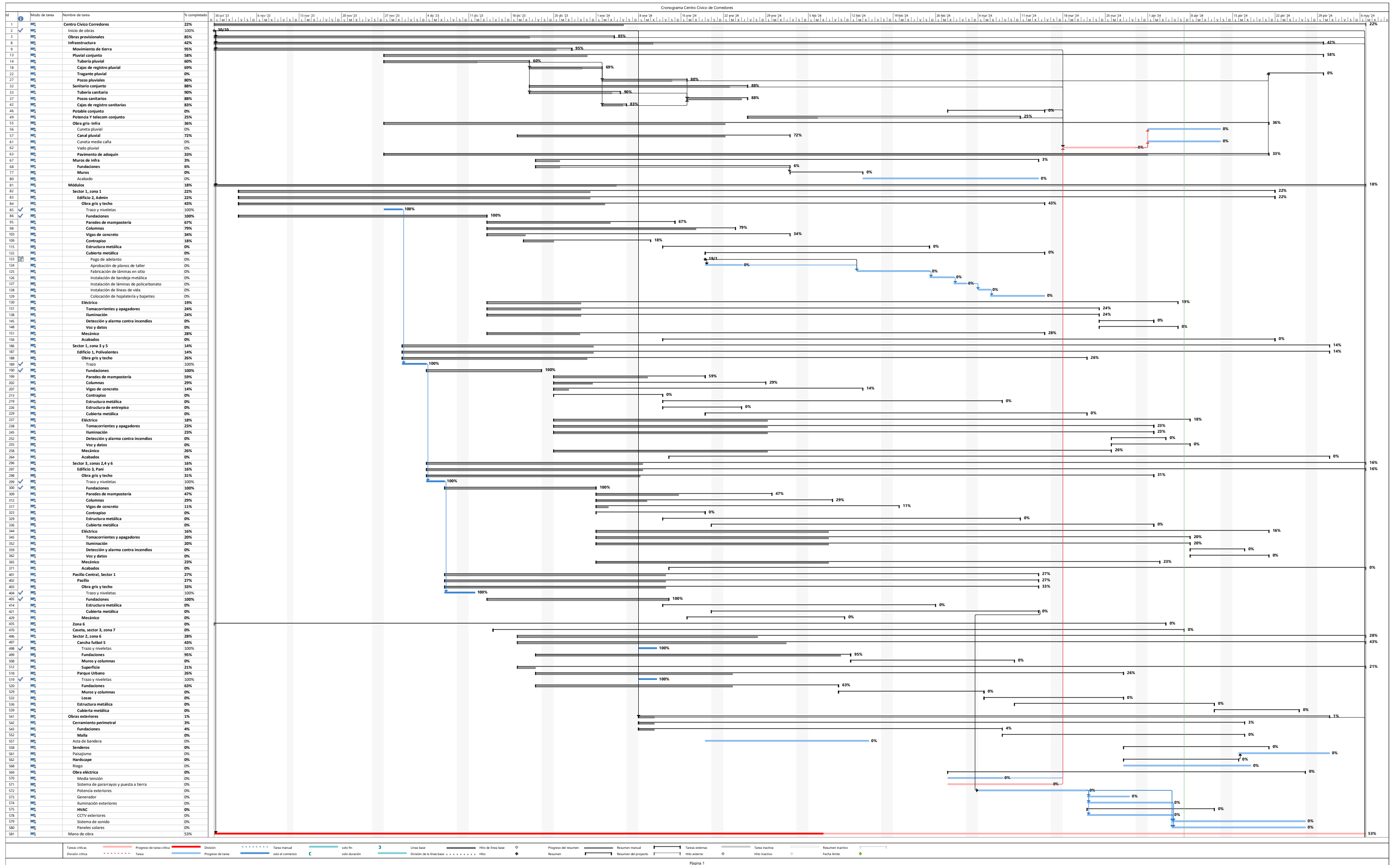


9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

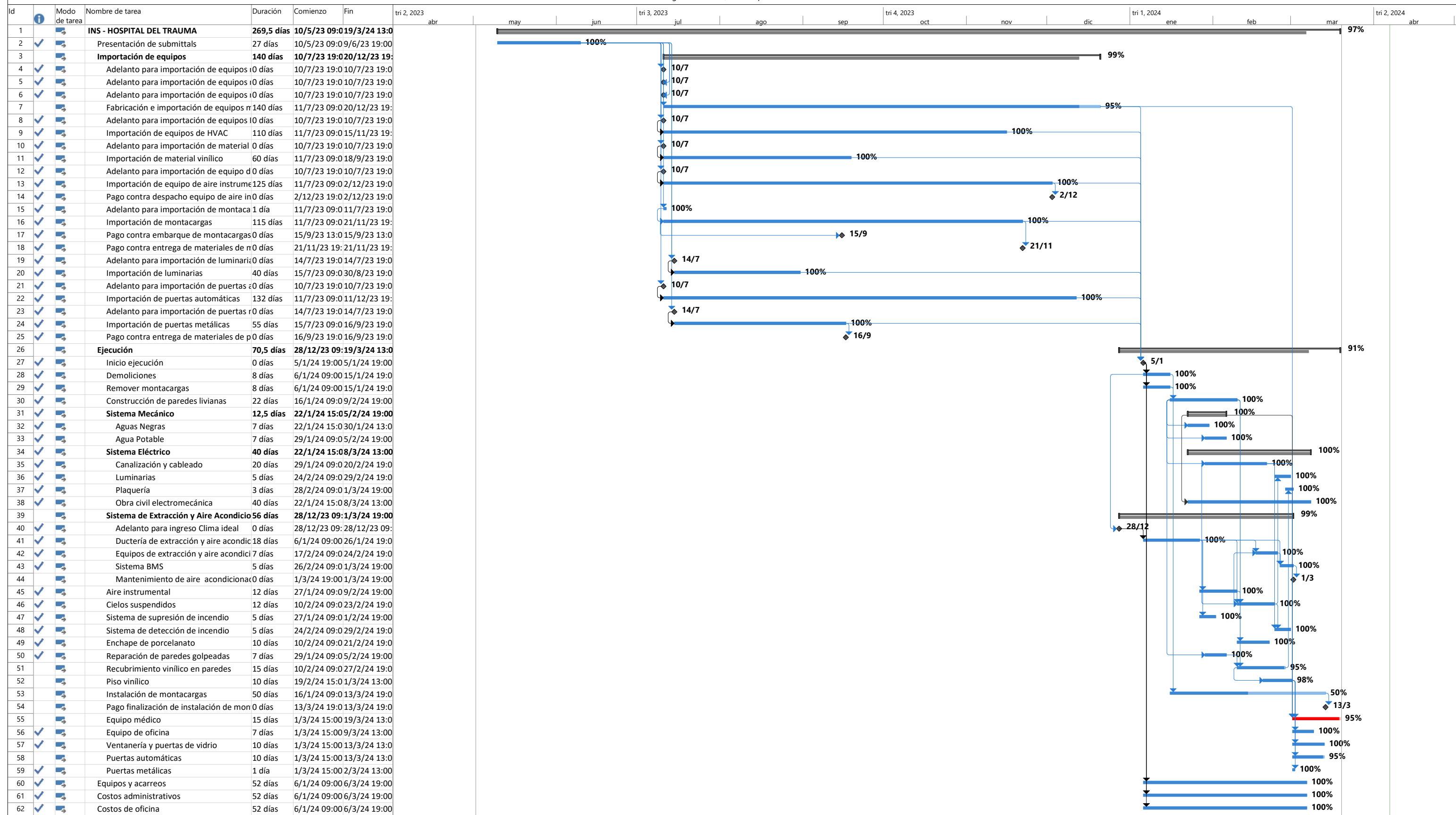
- Ballard, G. & Tommelein, I. (2016). *Current Process Benchmark for the Last Planner System*. http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/10/Ballard_Tommelein-2016-Current-ProcessBenchmark-for-the-Last-Planner-System.pdf
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Stanford University. (Vol. 72, p. 39).
- Latorre, A. (2015). *Filosofía Lean en la construcción*. [Proyecto Final de máster], Universitat Politècnica de València.
- Porras, H., Sánchez, O. & Galvis, J. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. Avances: Investigación en Ingeniería, 11 (1). <http://dx.doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Pons & Rubio. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa: metodología del Last Planner® System*

Anexos

Anexo A. Diagramas de Gantt estudiados de proyectos ejecutados o en ejecución, de la empresa Constructora CONICO.



Cronograma General, INS Hospital del trauma



Tareas críticas	Tarea	Tarea manual	solo duración	Hito de línea base	Resumen	Tareas externas	Hito inactivo
División crítica	División	solo el comienzo	Línea base	Hito	Resumen manual	Hito externo	Resumen inactivo
Progreso de tarea crítica	Progreso de tarea	solo fin	División de la línea base	Progreso del resumen	Resumen del proyecto	Tarea inactiva	Fecha límite

