

# **Implementación de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System (LPS) para proyectos modulares y sostenibles en la constructora TEC HOGAR**

# ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

## CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

### Implementación de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System

### (LPS) para proyectos modulares y sostenibles en la constructora TEC HOGAR

Llevado a cabo por el estudiante:

Gamboa Nuñez Jesús Emmanuel

Carné: 2019165016

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el jueves 22 de febrero 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:

MIGUEL FRANCISCO  
ARTAVIA  
ALVARADO (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MIGUEL FRANCISCO ARTAVIA  
ALVARADO (FIRMA)  
Fecha: 2024.02.26 15:20:35  
-06'00'

---

Ing. Miguel Artavia Alvarado , MAP  
Representante del Director de la Escuela

LUIS GUSTAVO  
ROJAS CHACON  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por LUIS  
GUSTAVO ROJAS CHACON  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.02.23 09:30:43  
-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: 2024.02.26  
14:50:09 -06'00'

---

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA  
Profesor Lector

MILTON ANTONIO  
SANDOVAL  
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por MILTON  
ANTONIO SANDOVAL QUIROS  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.02.23 07:42:25 -06'00'

---

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE  
Profesor Observador

# Resumen

La implementación de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System (LPS) en los proyectos modulares y sostenibles de la constructora TEC HOGAR, tiene como objetivo principal optimizar la planificación y gestión de sus proyectos constructivos. Last Planner System es una herramienta derivada de la filosofía Lean Construction y se enfoca en la planificación y control de todo tipo de proyectos de construcción.

Para lograr esto, se llevó a cabo una investigación de los procesos internos de la constructora y se analizó la aplicación exitosa de LPS realizada por otras empresas en proyectos constructivos similares. Como resultado, y con el análisis adecuado de esta información, se desarrolló una herramienta de implementación de LPS adaptada a los procesos identificados que forman parte de los proyectos de TEC HOGAR. La herramienta consiste en la aplicación de plantillas generadas en Excel y la extensión Senda Matrix para gestionar la planificación LPS. Además, se aplicó parcialmente esta herramienta en un proyecto seleccionado para evaluar su implementación y así poder identificar mejoras y recomendaciones para su optimización.

La herramienta ofrece a la constructora la oportunidad de mejorar la eficiencia, gestionar el tiempo de manera más efectiva y cumplir de manera más precisa con los plazos de construcción.

**Palabras clave:** Lean Construction, Last Planner System, modular, sostenible, planificación, gestión, Senda Matrix.

# Abstract

The implementation of the Lean Construction philosophy through the Last Planner System (LPS) tool in the modular and sustainable projects of the construction company TEC HOGAR aims to optimize the planning and management of its construction projects. The Last Planner System is a tool derived from the Lean Construction philosophy, focusing on the planning and control of diverse construction projects.

For this purpose, there was carried out an investigation of the internal processes of the construction company and was analyzed the successful application of the LPS by other companies in similar construction projects. As a result, and with the proper analysis of this information, was developed and adapted a LPS implementation tool to the identified processes of TEC HOGAR's projects. The tool consists of the use of templates generated in Excel and the Senda Matrix extension to manage LPS planning. In addition, this tool was partially applied in a selected project to evaluate its implementation and identify improvements and optimization recommendations.

The tool provides the construction company with the opportunity to enhance efficiency, manage time more effectively, and adhere more precisely to construction deadlines.

**Keywords:** Lean Construction, Last Planner System, modular, sustainable, planning, management, Senda Matrix.

# **Implementación de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System (LPS) para proyectos modulares y sostenibles en la constructora TEC HOGAR**

**JESÚS EMANUEL GAMBOA NÚÑEZ**

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

Noviembre 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Resumen .....	2
Abstract.....	3
Resumen ejecutivo.....	1
Introducción .....	4
Objetivos.....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos.....	6
Alcance y limitaciones .....	7
Agradecimientos .....	8
Capítulo 1: Marco teórico.....	9
<b>1.1 Constructora TEC HOGAR .....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Estructura organizacional de la empresa .....	10
1.1.2 Flujo de trabajo .....	11
1.1.3 Proyectos modulares .....	13
1.1.4 Diseño bioclimático .....	13
1.1.5 Certificado de construcción sostenible .....	15
<b>1.2 Filosofía Lean.....</b>	<b>16</b>
1.2.1 Objetivos de la filosofía Lean .....	16
1.2.2 Sistemas de producción y su evolución .....	17
<b>1.3 Lean Construction .....</b>	<b>18</b>
1.3.1 Origen de Lean Construction .....	19
1.3.2 Resultados esperados al aplicar Lean Construction.....	20
<b>1.4 Last Planner System.....</b>	<b>22</b>
1.4.1 Beneficios de usar Last Planner System.....	23
1.4.2 Implementación de Last Planner System .....	23
<b>1.5 Planificación Last Planner System .....</b>	<b>24</b>
1.5.1 Planificación a largo plazo .....	24
1.5.2 Planificación a medio plazo.....	28
1.5.3 Planificación a corto plazo .....	30
<b>1.6 Herramientas computacionales .....</b>	<b>32</b>
1.6.1 Senda Matrix.....	33
Capítulo 2: Metodología .....	35
<b>2.1 Tipo de investigación .....</b>	<b>35</b>

2.1.1 Investigación mixta .....	35
<b>2.2 Categorías y variables .....</b>	<b>36</b>
2.2.1 Categorías .....	37
2.2.2 Variables.....	40
<b>2.3 Sujetos de información.....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 Fuentes de información.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Técnicas e instrumentos de recolección.....</b>	<b>42</b>
2.5.1. Revisión de documentos .....	43
2.5.2 Aplicación de cuestionarios.....	44
2.5.3 Aplicación de entrevistas .....	44
2.5.4 Observación directa .....	44
<b>2.6 Análisis y manejo de la información.....</b>	<b>45</b>
2.6.1 Presentación de los resultados .....	45
2.6.2 Descripción del proceso de análisis .....	46
<b>Capítulo 3: Resultados y análisis .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1 Procesos constructivos de TEC HOGAR .....</b>	<b>49</b>
3.1.1 Resultados.....	49
3.1.2 Análisis .....	53
<b>3.2 Estudio de proyectos de TEC HOGAR .....</b>	<b>54</b>
3.2.1 Resultados.....	54
3.2.2 Análisis .....	65
<b>3.3 Documentación sobre Last Planner System.....</b>	<b>67</b>
3.3.1 Resultados.....	67
3.3.2 Análisis .....	73
<b>3.4 Herramienta de implementación de Last Planner System .....</b>	<b>75</b>
3.4.1 Resultados.....	75
3.4.2 Análisis .....	82
<b>3.5 Implementación de la herramienta en procesos seleccionados.....</b>	<b>83</b>
3.5.1 Resultados.....	83
3.5.1 Análisis .....	95
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>98</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>98</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>100</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>102</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>105</b>

<b>Apéndice A</b> .....	<b>105</b>
<b>Apéndice B</b> .....	<b>109</b>
<b>Apéndice C</b> .....	<b>112</b>
<b>Apéndice D</b> .....	<b>117</b>
<b>Apéndice E</b> .....	<b>119</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>120</b>
<b>Anexo A</b> .....	<b>120</b>
<b>Anexo B</b> .....	<b>127</b>

# Resumen ejecutivo

El proyecto consistió en el desarrollo de la filosofía Lean Construction mediante la herramienta Last Planner System para proyectos modulares y sostenibles de la constructora TEC HOGAR.

La constructora TEC HOGAR es una empresa dedicada principalmente a la construcción de proyectos de vivienda unifamiliar, dichos proyectos se desarrollan con distintos sistemas constructivos, de los cuales destacan para este proyecto, sistemas a los que se les pueda aplicar el concepto de arquitectura modular como mampostería, prefablock o prefabricado. La empresa busca implementar prácticas de diseño y construcción sostenible, actualmente se aplican principios de arquitectura bioclimática lo que busca aumentar el confort de los usuarios de forma pasiva, entendiendo las condiciones bioclimáticas de cada lugar. Este proyecto fue desarrollado debido a la necesidad de la empresa de llevar un control más detallado de la gestión del tiempo durante la etapa de ejecución de proyectos. Esto principalmente porque la mano de obra se subcontrata en todos los proyectos desarrollados por la empresa.

Last Planner System (LPS) es una herramienta de planificación y gestión de la producción utilizada en proyectos de construcción, esta herramienta se enfoca en mejorar la eficiencia y la ejecución de proyectos, lo que, a su vez, conduce a una reducción de costos y plazos de entrega más confiables. Last Planner surge como una herramienta de planificación y gestión de proyectos en la industria de la construcción, derivada de la filosofía Lean Construction. La filosofía Lean se originó en el sector manufacturero, específicamente en Toyota, y se centraba en la eliminación de desperdicio, la eficiencia y la mejora continua en la producción. En el contexto de la construcción, se adaptó la filosofía Lean para abordar los desafíos específicos de la industria, como la complejidad de los proyectos y la variabilidad en el trabajo. En resumen, LPS se desarrolló como una herramienta práctica para aplicar los principios Lean a la construcción.

Con la implementación de la filosofía Lean en la empresa, se busca mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos constructivos, eliminando desperdicios, reduciendo costos y promoviendo una cultura de mejora continua en la organización, fomentando el trabajo grupal entre los miembros del equipo de construcción. Con la aplicación de LPS se pretende alcanzar un compromiso sólido, promover la coordinación efectiva y fomentar la transparencia entre los miembros del equipo responsables de ejecutar los procesos constructivos de la empresa.

Este proyecto se alinea al objetivo de desarrollo sostenible 9 (ODS 9; Industria, Innovación e Infraestructura). La implementación de Lean Construction y LPS en TEC HOGAR mejora la planificación, reduce costos, acelera los plazos de entrega y minimiza los impactos ambientales, contribuyendo a infraestructuras sostenibles e impulsando técnicas de innovación en la industria de la construcción. Además, respalda el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) al optimizar la planificación de proyectos y reducir los impactos ambientales, promoviendo comunidades más sostenibles y participando en la construcción de ciudades amigables con el entorno y que pueden ofrecer una mejor calidad de vida.

Los objetivos propuestos con el desarrollo del proyecto de graduación incluyen: la identificación de los procesos constructivos críticos en los proyectos de TEC HOGAR, considerando su impacto en costos y tareas de ruta crítica. La investigación de Last Planner System (LPS), en otros proyectos constructivos, analizando sus ventajas y desventajas. El desarrollo de una herramienta LPS personalizada que se adapte a los procesos de la empresa, junto con un manual de instrucciones para su uso y, por último, evaluar la implementación de la herramienta en proyectos reales.

Para cumplir con estos objetivos, se emplearon técnicas de recolección de información entre las cuales se incluye la revisión de documentos, donde se realizó una investigación exhaustiva en la literatura, sobre la aplicación de la herramienta LPS y Lean Construction. También se investigó sobre la herramienta Senda Matrix, su instalación, estructura y manejo de información. A parte de esto, se llevó a cabo una revisión de la documentación interna de la empresa (planos, cronogramas y presupuesto). Por otro lado, se aplicaron cuestionarios de forma digital a los profesionales de oficina, lo cual permitió recopilar datos estructurados y específicos. Las entrevistas se llevaron a cabo para explorar en profundidad los procesos y prácticas en el campo, facilitando una comunicación directa con los constructores. Además, se realizó una observación directa durante visitas a proyectos en ejecución, permitiendo una comprensión detallada de los métodos de trabajo y la gestión de tiempo y recursos en situaciones de construcción real. Estas técnicas proporcionaron una visión integral de los procesos constructivos de la empresa y fueron fundamentales para la investigación.

Entre los principales resultados se obtuvo que TEC HOGAR sigue un proceso constructivo sistemático desde la interacción inicial con los clientes hasta la culminación de la construcción, que incluye presentación de ofertas detalladas y acuerdos contractuales. La empresa emplea softwares de planificación y gestión de proyectos, como Ms Project y Contractor Foreman. Se identificaron cuáles actividades representan una parte significativa del presupuesto de los proyectos constructivos de la empresa que se analizaron y, también, se han identificado las actividades de ruta crítica más frecuentes en los cronogramas de proyectos.

Sobre la investigación realizada de la aplicación de LPS en otros proyectos, se destacan ventajas y beneficios potenciales, como la mejora de la estandarización en la gestión de proyectos y la comunicación efectiva

entre equipos de trabajo. Con la información recopilada, se desarrolló una herramienta específica de implementación de LPS para TEC HOGAR, que incluye plantillas generadas en la extensión Senda Matrix y pautas para la planificación y seguimiento de proyectos.

En cuanto a la implementación piloto de la herramienta en un proyecto en ejecución de la empresa se obtuvieron resultados iniciales bastante aceptables, incluyendo un Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) del 82,3%. Durante la implementación, también se lograron identificar las Causas de No Cumplimiento (CNC) que pueden ser abordadas para mejorar la eficiencia de los proyectos, en este caso, las dos causas que afectaron el cumplimiento semanal de objetivos fueron los materiales de baja calidad y afectaciones por clima.

Entre las conclusiones más importantes se obtuvo que la implementación de LPS en TEC HOGAR tiene el potencial de transformar positivamente la gestión de proyectos constructivos y mejorar los resultados tanto para la empresa como para sus clientes. Además, la herramienta se muestra efectiva en la planificación y control de actividades, lo cual puede contribuir a la reducción de retrasos durante la etapa constructiva de los proyectos de la empresa.

Se identificó además que la participación activa y favorable de los trabajadores es esencial para el éxito de la implementación de LPS en futuros proyectos. Por último, se tiene que la gestión proactiva de las actividades de ruta crítica y la identificación de las Causas de No Cumplimiento (CNC) son elementos cruciales para el éxito continuo de la implementación de LPS.

# Introducción

La búsqueda constante de la optimización de procesos ha sido una preocupación fundamental en la historia de las empresas de construcción. Las organizaciones han reconocido la importancia de encontrar soluciones que permitan maximizar la eficiencia y reducir los costos en sus operaciones.

Lean Construction, como una filosofía de gestión que nace de la filosofía Lean, se ha convertido en una respuesta a esta necesidad. Inspirada en los principios de eficiencia y mejora continua provenientes del Sistema de Producción Toyota y Lean Manufacturing, Lean Construction se ha erigido como un enfoque crucial para la industria de la construcción. Su objetivo es claro: lograr proyectos más rentables, con menos recursos desperdiciados y entregas más confiables, satisfaciendo así las necesidades de las empresas de alcanzar niveles óptimos de desempeño y competitividad.

El Last Planner System (LPS) es una herramienta específica dentro de Lean Construction, que desempeña un papel esencial en este proceso de optimización. Al centrarse en la planificación y gestión detallada de la producción en proyectos de construcción, LPS busca eliminar incertidumbres y mejorar la coordinación en el lugar de trabajo. Estos esfuerzos conducen a plazos de entrega más predecibles y a una reducción de costos significativa, lo que se traduce en una mejora sustancial de la eficiencia operativa de las empresas de construcción.

En este informe de graduación, se explorará el desarrollo de Lean Construction y el Last Planner System en la empresa TEC HOGAR, como una oportunidad de mejorar la planificación y gestión de los procesos constructivos en proyectos modulares. La búsqueda de una gestión más efectiva del tiempo y la optimización de los procesos constructivos de la empresa fue lo que impulsó el desarrollo de esta herramienta.

Esta investigación contribuye significativamente al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) al mejorar la eficiencia, reducir costos y promover una gestión más sostenible en la industria de la construcción. También se alinea con el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) al optimizar la planificación de proyectos y reducir los impactos ambientales, fomentando comunidades más sostenibles.

En la literatura, se han encontrado estudios que abordan la aplicación de Lean Construction y LPS en la industria de la construcción, destacando sus beneficios en términos de eficiencia y reducción de costos. Un ejemplo, es el análisis efectuado por la Revista Cubana de Ingeniería (RCI, 2021), la cual examinó 51 documentos indexados entre los años 2008 y 2020, explorando los beneficios que se derivan de la adopción de Lean Construction y obteniendo como resultado una lista de los beneficios que trae consigo la implementación de esta herramienta, de los cuales destacan: entrega de proyectos a tiempo y dentro del presupuesto, reducción del tiempo del proyecto, menos tiempo de inactividad y el Incremento de la motivación de los trabajadores.

En adición a esto, el Lean Construction Institute (2023), menciona los siguientes beneficios de aplicar LPS: fortalecimiento de la colaboración y el respeto entre los miembros del equipo al resolver problemas de manera conjunta, la eliminación o reducción del desperdicio al realizar el trabajo correctamente desde el inicio, una planificación más cuidadosa que mejora el flujo de trabajo, el aumento del valor asignando más recursos y tiempo a actividades de valor agregado, la generación de una mejora continua al aprender de los errores en los ciclos de planificación y, en última instancia, la optimización global a través de resultados mejorados.

# Objetivos

## Objetivo General

Implementar la filosofía Lean Construction utilizando la herramienta de Last Planner System, para la planificación de la etapa constructiva de los proyectos modulares y sostenibles de la empresa TEC HOGAR.

## Objetivos Específicos

- Analizar los procesos constructivos que conforman los proyectos de la empresa TEC HOGAR durante la planificación de la etapa constructiva, para la identificación de oportunidades de mejora y aplicación de la filosofía Lean Construction y sus herramientas.
- Realizar una investigación del estado del arte y del estado de la práctica en cuanto a la aplicación de la filosofía Lean, específicamente con la herramienta Last Planner System, aplicada en proyectos similares a los de TEC HOGAR, para la implementación de las mejores prácticas y técnicas que puedan ser adaptadas a los proyectos que ejecuta o desarrolla la empresa TEC HOGAR.
- Elaborar una herramienta de implementación de Last Planner System para la empresa TEC HOGAR, en busca de mejoras en la eficiencia y coordinación durante la planificación de la etapa constructiva.
- Implementar la herramienta en algunos procesos constructivos, seleccionando un proyecto piloto para la evaluación de la herramienta en condiciones reales, identificando ajustes y mejoras en la aplicación de la herramienta para futuros proyectos de la empresa.

# Alcance y limitaciones

Este proyecto se enfocó en la implementación de la filosofía Lean Construction mediante la adaptación del método Last Planner System (LPS) a los procesos constructivos de la empresa TEC HOGAR. El alcance de este proyecto abarca los siguientes aspectos:

- **Análisis de los procesos constructivos de TEC HOGAR:** Se llevó a cabo un análisis detallado de los flujos de trabajo y procedimientos actuales en la empresa, con el propósito de identificar áreas de mejora y oportunidades para la aplicación de LPS.
- **Investigación y adaptación de buenas prácticas:** Se realizó una investigación exhaustiva de proyectos previos que han implementado LPS con éxito. Se identificaron buenas prácticas y técnicas que pudieran ser adaptadas a los procesos de TEC HOGAR.
- **Desarrollo de una herramienta LPS personalizada:** Se creó una herramienta LPS que incluye plantillas y guías para la aplicación de la herramienta en la empresa. Esta herramienta se ajusta específicamente a las necesidades y procesos de TEC HOGAR.
- **Implementación piloto en un proyecto en ejecución:** Se llevó a cabo una implementación parcial de LPS en un proyecto en curso de TEC HOGAR. Esto permitió la obtención de recomendaciones y posibles ajustes que puedan optimizar el proceso.

Entre las principales limitaciones destacan:

- **Recursos y Tiempo:** La implementación de Lean Construction y LPS requiere recursos financieros y de personal. Las limitaciones presupuestarias y de tiempo pueden influir en el alcance completo del proyecto.
- **Resistencia al Cambio:** La aceptación de nuevas herramientas y procesos por parte del equipo de trabajo de TEC HOGAR podría encontrar resistencia, lo que podría impactar en su implementación.
- **Subcontratación de Mano de Obra:** TEC HOGAR subcontrata la mano de obra en sus proyectos, lo que provoca cierta disconformidad por parte de algunos contratistas el hecho de introducir ciertas complejidades a los proyectos por el tema de la aplicación de LPS.
- **Limitaciones del Proyecto Piloto:** La implementación parcial en un proyecto en ejecución tiene limitaciones inherentes y los resultados obtenidos podrían no ser totalmente representativos de todas las situaciones.

# Agradecimientos

Primeramente, agradezco a mis padres y hermanos, que siempre me apoyaron a lo largo de la carrera, que me dieron ese impulso en las etapas difíciles y siempre estuvieron pendientes de todo. Agradezco a mis compañeros de carrera, que hicieron mucho mejor la experiencia de la universidad, me apoyaron en muchas ocasiones que lo ameritaban y que estuvieron desde el comienzo de la carrera hasta esta etapa final brindándome su comprensión y apoyo en momentos difíciles.

Agradezco a los profesores de la escuela de ingeniería en construcción, que fueron los responsables de transmitirme el conocimiento y cariño por la carrera. Agradezco en especial al profesor Luis Gustavo Rojas Chacón, por su apoyo en esta etapa final de la carrera, por motivarme y brindarme soluciones en momentos donde se complicaron algunas etapas del proyecto. Por último, un especial agradecimiento a la constructora TEC HOGAR a la gerente y sus demás profesionales, por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto en conjunto con ellos, por brindarme los recursos y apoyarme durante la ejecución del proyecto final de graduación.

# Capítulo 1: Marco teórico

El desarrollo de esta sección tiene como fin conceptualizar los términos que se consideran necesarios para el entendimiento del lector durante el desarrollo del proyecto.

Se presenta el resultado de la investigación relacionada con la filosofía Lean, en la rama de Lean Construction y orientada especialmente a la aplicación de la herramienta Last Planner System, la cual tiene como objetivo aumentar la eficiencia y efectividad de los procesos constructivos en campo, de la empresa TEC HOGAR.

## 1.1 Constructora TEC HOGAR

TEC HOGAR es una empresa constructora ubicada en Pérez Zeledón, que se ha dedicado a la industria de la construcción desde su fundación en el año 2007. Inicialmente, se enfocó en proyectos de bienestar social, pero a partir del 2011 la empresa expandió su ámbito hacia la construcción de proyectos privados, institucionales y empresariales. Esto ha logrado generar que el equipo de trabajo involucrado desarrolle una amplia experiencia en la construcción de viviendas.

La empresa emplea distintos métodos de construcción, en los cuales destacan: la construcción en liviano, mampostería, prefabricado y prefablock. Estos últimos métodos son particularmente relevantes para la presente investigación, pues es donde entra la aplicación de la arquitectura modular, que es uno de los enfoques principales de este proyecto.

Desde el 2010 hasta el presente año 2023, TEC HOGAR ha participado en alrededor de 1200 proyectos constructivos, esto según un reporte informativo que se solicitó al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) emitido el 28 de agosto de 2023. Estos proyectos incluyen tanto construcciones como remodelaciones, las cuales abarcan un rango de área constructiva que va desde los 36 m<sup>2</sup> hasta 300 m<sup>2</sup>, según las necesidades y requerimientos de los clientes; los proyectos constructivos se han llevado a cabo en la zona central y la zona sur del país, con construcciones a lo largo de los cantones de Pérez Zeledón, Osa

y zonas costeras desde Dominical hasta Uvita; además, se han construido proyectos adicionales más al sur del país, en la zona de Buenos Aires.

## **1.1.1 Estructura organizacional de la empresa**

La estructura organizacional se refiere a la disposición de las funciones y obligaciones de cada miembro que integra una empresa, con el fin de lograr los objetivos establecidos. Dependiendo de la organización, esta va a adaptar una estructura organizacional acorde a sus necesidades, con el fin de planificar tareas y definir los puestos y responsabilidades de cada persona que forma parte de la empresa.

En el caso de TEC HOGAR, la empresa cuenta con ocho trabajadores en oficina, divididos en tres equipos principales, diseño y planificación, gestión y presupuestación de proyectos, y atención al cliente.

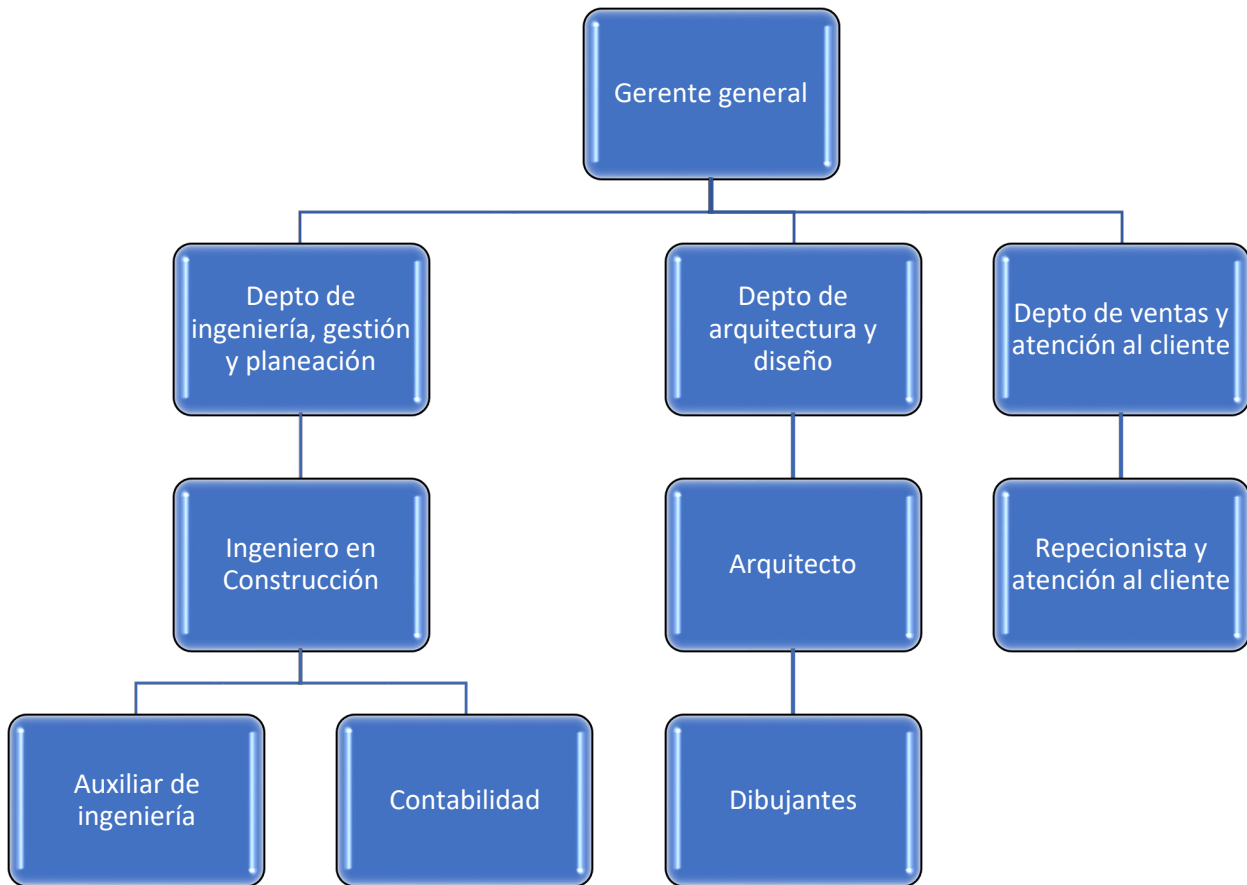
Según la definición de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), se clasifica como microempresa a aquella que cuenta con entre 1 y 5 empleados, como pequeña empresa entre 6 y 30 empleados, mediana entre 30 y 100 empleados, y grande si supera los 100 empleados. TEC HOGAR cuenta con ocho empleados en la oficina, como se mencionó anteriormente, por lo que se clasifica como una pequeña empresa según esta categorización.

Se considera importante también mencionar a los constructores que trabajan por subcontrato, los cuales, aunque no influyan directamente en la estructura organizacional de la empresa, tienen un lugar importante en la gestión operativa y en la ejecución de proyectos. Los subcontratos implican la contratación de terceros para llevar a cabo ciertas tareas o trabajos específicos dentro de un proyecto. Actualmente, se cuenta con cinco proyectos constructivos en ejecución, donde en cada proyecto hay un rango de entre cinco y siete trabajadores, lo que suma aproximadamente treinta trabajadores en campo, incluyendo maestros de obra, operarios, ayudantes y constructores peones.

Por otra parte, se considera importante recalcar que, en respuesta a la demanda de proyectos, la empresa también subcontrata a profesionales para que se encarguen de la dirección de obra en algunos proyectos. Estos profesionales se consideran parte integral del equipo y se mantiene una comunicación constante con ellos durante su participación como subcontratistas de la empresa.

A continuación, se muestra la figura 1, la cual contiene un organigrama de la estructura organizacional de la empresa para su mejor comprensión en interpretación.

**Figura 1.** Estructura organizacional de la empresa TEC HOGAR

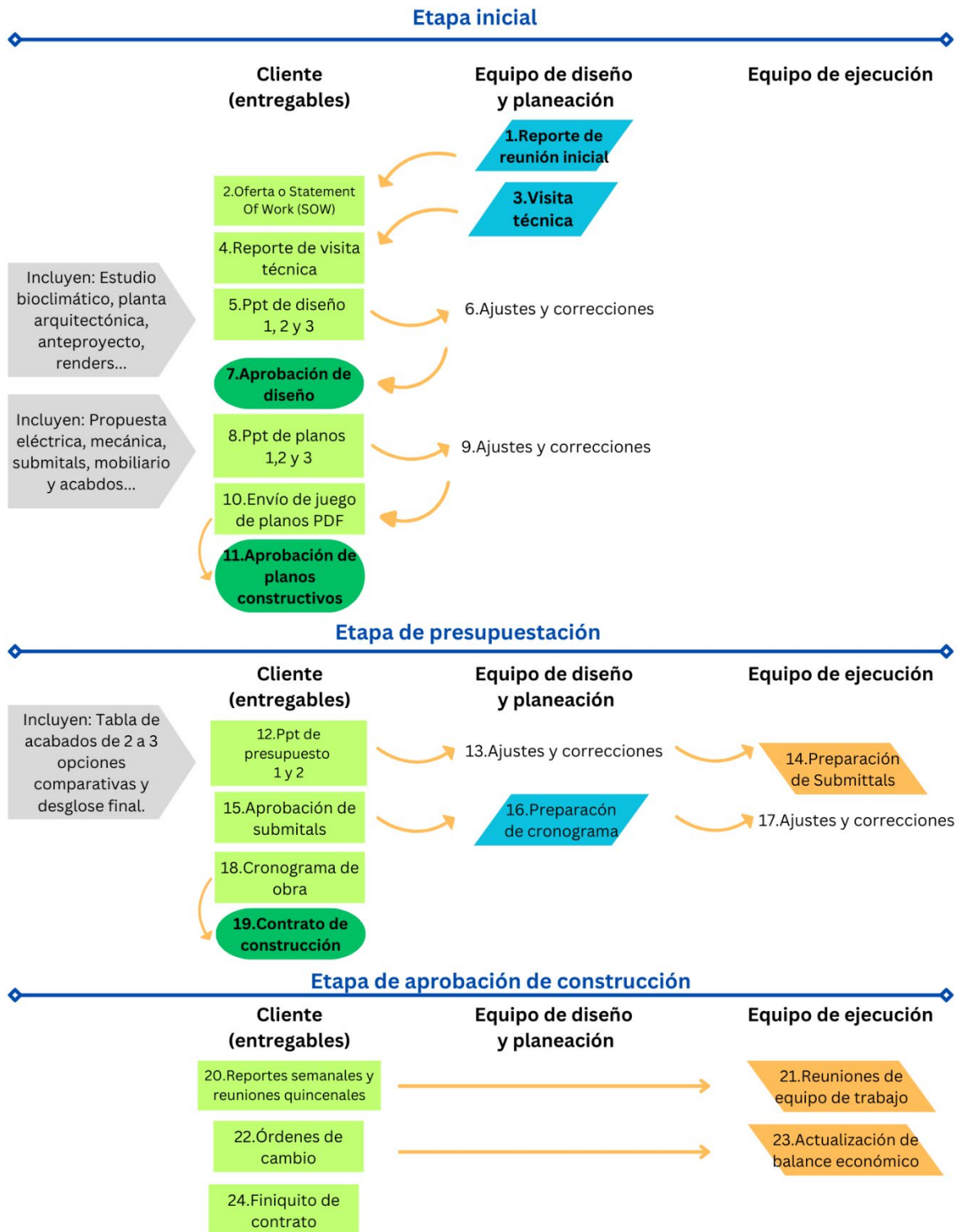


## 1.1.2 Flujo de trabajo

Un flujo de trabajo se refiere a la secuencia de actividades que un proyecto sigue, desde su inicio hasta su finalización. Es el método establecido por una organización para gestionar y describir las actividades involucradas en el desarrollo de proyectos.

A continuación, se presenta la figura 2, donde se puede observar un esquema del flujo de trabajo estipulado en la empresa TEC HOGAR para el cumplimiento de sus proyectos.

**Figura 2.** Flujo de trabajo de la empresa TEC HOGAR



**Fuente:** Adaptado de constructora TEC HOGAR

### 1.1.3 Proyectos modulares

Es importante para efectos de la presente investigación, definir y diferenciar casas o proyectos modulares, de arquitectura modular. Las casas modulares, según lo indica Housage (2021), son un tipo de vivienda prefabricada que se caracteriza por construirse a partir de módulos que han sido creados en una fábrica. Por otro lado, la modulación en arquitectura significa adaptar el proyecto a un módulo definido, generalmente a una medida base o a un material, ya sea un block, un ladrillo, una cerámica o un contenedor, sirve para facilitar el proceso de diseño y hacerlo más eficiente y sostenible (Souza, 2020).

En la constructora TEC HOGAR, durante la etapa de diseño de algunos proyectos, se introduce este concepto de arquitectura modular, donde se pretende disminuir costos y material utilizado en la obra, además de incrementar la velocidad de construcción de las diferentes fases o etapas que forman parte del proceso de levantamiento de una vivienda. En esta etapa de diseño, se consideran aspectos como la geometría, las dimensiones y proporciones de los módulos para garantizar que se pueda construir de manera efectiva según el sistema constructivo que se va a utilizar. Entre los sistemas que se usan para los proyectos que se realizan con arquitectura modular se encuentran, prefablock, block y prefabricado de baldosas y columnas.

Aunque la empresa no se dedique exclusivamente a proyectos modulares en el sentido tradicional, la aplicación de la arquitectura modular es una estrategia utilizada para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la construcción de viviendas. Este enfoque se adapta a la visión de proyectos modulares al integrar elementos prefabricados en la construcción, lo cual conlleva beneficios significativos en términos de costos y velocidad de ejecución.

### 1.1.4 Diseño bioclimático

La arquitectura bioclimática se refiere al diseño de edificios basado en el clima local, con la idea de proporcionar confort térmico aprovechando fuentes ambientales, así como una integración estética con el entorno. Entre sus características principales se encuentran la comodidad térmica, el empleo de materiales inteligentes y un diseño a preferencia del usuario. La arquitectura bioclimática se basa en el aprovechamiento del clima local para ofrecer a los habitantes un ambiente confortable, al tiempo que promueve la eficiencia y la sostenibilidad al utilizar de manera eficaz los recursos disponibles a nivel local, reduciendo así el impacto ambiental de la región (Conforme y Castro, 2020). Algunas técnicas importantes del diseño bioclimático son:

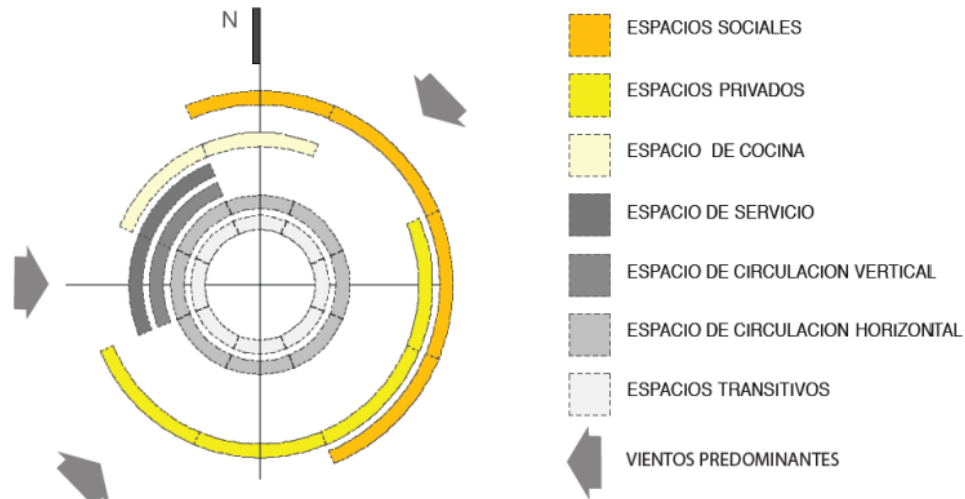
- La orientación, el tamaño, la altura, la extensión e incluso el color de las casas se planifica antes de su construcción para aprovechar al máximo la energía.

- Los edificios tienen una forma compacta para reducir su superficie, con las ventanas principales orientadas hacia el ecuador para maximizar la energía solar pasiva.
- Los materiales de la envolvente exterior de la casa (paredes, puertas, techados, etc.) deben estar muy bien aislados para evitar pérdidas por transferencia de calor.
- Los sistemas de ventilación se encargan de que el calor del aire que sale por la ventilación se transfiera al aire fresco que entra a través de un intercambiador de calor evitando pérdidas térmicas.

En los diseños realizados por la empresa TEC HOGAR se aplican principios de arquitectura bioclimática que buscan aumentar el confort de los usuarios de forma pasiva, entendiendo las condiciones bioclimáticas de cada lugar, este estudio permite disminuir estratégicamente la cantidad de dispositivos de regulación de temperatura como aires acondicionados o calefactores, también permite disminuir o eliminar el uso de artefactos reguladores de humedad en espacio cerrado como lo son los des humidificadores. En algunos proyectos, se ha llevado a cabo la implementación de paneles solares, aunque este aspecto puede ser más complejo debido a los costos asociados.

La Figura 3 muestra la distribución de espacios en una vivienda después de un estudio bioclimático específico de la región, que se realizó como parte de un proyecto de TEC HOGAR. Este enfoque demuestra el compromiso de la empresa con la eficiencia energética y el confort de sus clientes a través de la aplicación de la arquitectura bioclimática en sus diseños.

**Figura 3.** Ejemplo de distribución de espacio de una vivienda según resultados de estudio bioclimático.



**Fuente:** Base de datos TEC HOGAR.

Como se mencionó anteriormente, los diseños bioclimáticos tienen beneficios tanto para las empresas constructoras como para sus usuarios, además de para la conservación del medio ambiente, más específicamente, algunas de sus ventajas según Conforme y Castro (2020) son:

- Ahorro en el consumo energético gracias a una gestión más eficiente de la energía y la integración con el entorno.
- Optimización del confort térmico al mantener temperaturas constantes en cualquier condición climática y estación del año.
- Disminución de la huella de carbono al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de la huella hídrica al utilizar de manera más eficiente el agua.
- Fomento de prácticas de vida sostenibles al promover el uso responsable de la energía y otros recursos.

## 1.1.5 Certificado de construcción sostenible

La Revista del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA, s.f.) tiene como objetivo motivar, implementar y reconocer las iniciativas de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción que combaten de forma resiliente y responsable los efectos del cambio climático. En dicha revista, se establecen tres modalidades de participación:

- **Diseño sostenible:** en esta modalidad participará aquel proyecto (no incluye fase constructiva) que desee ser reconocido con el galardón Bandera Azul Ecológica Diseño Sostenible por la aplicación de buenas prácticas asociadas en la concepción y planificación del proyecto.
- **Construcción sostenible:** en esta singularidad participará aquel proyecto que desee ser reconocido por la aplicación de buenas prácticas durante la fase constructiva, de forma que esta tenga el mínimo impacto del medio ambiente.
- **Diseño y construcción sostenible:** participará aquel proyecto que postule, desde un inicio, las dos modalidades indicadas.

Actualmente, la empresa TEC HOGAR está implementando técnicas de diseño sostenible específicamente el diseño bioclimático; sin embargo, la empresa tiene la aspiración de incorporar prácticas de construcción sostenible en el futuro. Esto implicaría una gestión más eficiente de recursos, una adecuada gestión de residuos y diseños cada vez más eficaces. El objetivo es participar en las tres categorías o modalidades mencionadas anteriormente. Se espera que la implementación de la filosofía Lean Construction beneficie a la empresa a facilitar la adopción de prácticas de construcción sostenible, contribuyendo a la

reducción de desperdicios, una mejor planificación, programación más eficiente y mejorando la colaboración y calidad en los proyectos.

## 1.2 Filosofía Lean

Lean es un sistema de producción y una filosofía de gestión basada en las prácticas del Sistema de Producción Toyota (TPS por sus siglas en inglés), fue desarrollada por los japoneses a mediados de los años 50, y hoy en día es utilizada por empresas de todo el mundo. Esta filosofía se enfoca en la gestión de los distintos procesos que se usan en las empresas de todo tipo de áreas (manufactura, servicios, construcción, desarrollo de productos, entre otros). Se enfoca en maximizar el valor para el cliente y eliminar los desperdicios en las distintas etapas y procesos de una organización.

La filosofía Lean busca reducir, optimizar o eliminar las actividades y procesos que no aportan valor a un producto o servicio, centrándose en mejorar la eficiencia, efectividad, calidad y satisfacción del cliente. A continuación, se presentan los objetivos Lean de una manera más explícita.

### 1.2.1 Objetivos de la filosofía Lean

La implementación de la filosofía Lean busca cumplir con una serie de objetivos que beneficien los procesos de los distintos proyectos y su resultado final, Infante (2023) publicó en un artículo algunos de estos objetivos:

- **Eliminar desperdicios:** las actividades identificadas en los distintos procesos que consumen recursos pero que no generen nada de valor deben ser eliminadas. En este objetivo entran los 7+1 desperdicios, que según Pons y Rubio (2021) son: sobreproducción, exceso de inventario, transporte innecesario, movimientos innecesarios, esperas, fallos de calidad, sobreprocesamiento y la creatividad de los empleados no usada (p.33).
- **Mejorar la calidad:** busca la mejora continua de los procesos de la empresa para ofrecer servicios o productos de mejor calidad que cumplan o superen las expectativas de sus clientes.
- **Mejorar la eficiencia:** optimiza el uso de recursos, materiales y energía reduciendo tiempos de espera y actividades innecesarias.
- **Involucra a los empleados:** la filosofía Lean también busca implementar el conocimiento, las opiniones y la experiencia de todo el círculo de trabajadores que se relacionan en los distintos procesos, para así poder generar una cultura más colaborativa.

- **Reducir costos:** menos desperdicios y más eficiencia se traduce como menos dinero invertido por parte de la empresa en la generación de sus servicios o productos, ahorrando mucho en costos de producción y operación.
- **Enfoque al cliente:** orienta la mayoría de la atención en el cliente, buscando realizar entregas a tiempo y ofrecer la mejor calidad posible.

## 1.2.2 Sistemas de producción y su evolución

Para comprender el origen y la evolución de Lean, así como su importancia y aplicación en diversas industrias, es fundamental explorar los tres modelos de producción que han marcado los últimos doscientos cincuenta años: el sistema de producción artesanal, el sistema de producción en masa y el sistema de producción ajustada, conocido como Lean (Pons y Rubio, 2021). En la figura 4, se muestra la relación entre los distintos sistemas de producción y su relación con la industria a lo largo del tiempo.

**Figura 4.** Relación entre los sistemas productivos y las revoluciones industriales.



Fuente: Lean Construction las 10 claves del éxito para su implantación (2021).

La producción artesanal se caracterizó por la formación de aprendices bajo la tutela de maestros experimentados. Los aprendices, al observar y seguir las indicaciones de sus maestros, desarrollaban

gradualmente habilidades que les permitía asumir tareas de mayor complejidad con el tiempo. Este enfoque predominó durante la primera y segunda revolución industrial.

Por otro lado, el sistema de producción en masa surgió después del sistema artesanal y tuvo su apogeo durante gran parte del siglo XX. Se caracterizó por la baja valoración de la experiencia de los trabajadores y un enfoque en procesos y tecnología para reducir costos y crear productos más accesibles para las personas. Originado en las fábricas de Henry Ford, este enfoque alcanzó su máximo desarrollo con General Motors y comenzó a declinar después de la crisis energética de los años 70 (Pons y Rubio, 2021).

Por último, el sistema de producción Lean se hizo popular durante la cuarta revolución industrial y se espera que también esté presente en la quinta revolución industrial, cuya fecha de inicio aún no está documentada y sus características exactas no están claras. Sin embargo, expertos en tecnología y sociología mencionan posibles características clave de la quinta revolución, como un nivel de computación similar al del cerebro humano, mayor robotización, inteligencia artificial capaz de mejorar por sí misma y cambios exponenciales en tecnología.

En resumen, Lean no es una tendencia pasajera, sino una filosofía y sistema completo de producción y gestión empresarial basado en la evolución de sistemas anteriores. La mayoría de las empresas deben adaptarse e implementar Lean en cierto grado para mantenerse competitivas en su entorno. Por ejemplo, en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC por sus siglas en inglés), se está viendo un aumento en la demanda de experiencia y conocimientos sobre Lean Construction y BIM para acceder a la licitación y adjudicación de proyectos de diseño y construcción en Barcelona, España (Pons y Rubio, 2021). Esto subraya la necesidad e importancia de aplicar Lean Construction en las empresas constructoras del mundo y del país.

## 1.3 Lean Construction

Se refiere a la aplicación de técnicas Lean a lo largo del desarrollo de un proyecto constructivo, puede ser en etapa de diseño, planificación, ingeniería, ejecución o puesta en servicio.

El Lean Construction Institute (LCI, 2023) define el término Lean Construction de la siguiente manera: “Es un proceso de entrega de proyectos que utiliza métodos Lean para maximizar el valor de las partes interesadas y reducir el desperdicio al enfatizar la colaboración entre los equipos en un proyecto. El objetivo de Lean Construction es aumentar la productividad, las ganancias y la innovación en la industria”.

En adición, Pons (2014) dice que: “Lean Construction persigue la excelencia a través de un enfoque de mejora continua en la empresa. Esto implica minimizar o eliminar actividades y transacciones que no agregan valor, optimizando recursos y maximizando la entrega de valor al cliente. El objetivo es diseñar y producir con menores costos, mayor calidad, mayor seguridad y plazos de entrega más cortos, manteniendo un enfoque ecológico con el entorno”. En todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, Lean Construction busca alcanzar estos objetivos con la participación de todos los agentes sociales involucrados en el proceso de diseño y construcción, así como todas las personas y empresas que forman parte de la cadena de suministro. Se integran a todos bajo una meta común siguiendo los principios del sistema Lean.

### **1.3.1 Origen de Lean Construction**

Lauri Koskela, durante su estancia en la Universidad de Stanford en 1992, escribió el documento "Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción", estableciendo los fundamentos teóricos del sistema de producción aplicado a la industria de la construcción. Su trabajo fue un hito en el desarrollo de la corriente de investigación que aplicaba los principios del sistema de producción de Toyota y la filosofía Lean en la construcción. El término "Lean Construction" fue acuñado por el Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993, Pons (2014).

Durante las décadas de 1900 y 2000, varios profesionales comenzaron a aplicar los principios de Lean Construction, provocando la expansión de esta ideología en la industria de la construcción a nivel mundial. Estos principios y las herramientas que se fueron desarrollando y evolucionando con los años ayudaron a mejorar la eficiencia y reducir desperdicios en los distintos proyectos y procesos constructivos. Una herramienta que destaca en este punto es el Last Planner System (LPS), la cual es una herramienta de planificación colaborativa que ha ayudado a disminuir la incertidumbre en los cronogramas y mejorar los tiempos de entrega en los proyectos que ha sido aplicada.

Además, el avance tecnológico permitió la integración de Lean Construction con el Building Information Modeling (BIM) y otras herramientas digitales, mejorando así la coordinación y el trabajo en conjunto de los distintos profesionales y trabajadores que forman parte en los procesos constructivos. Por otro lado, a medida que la conciencia ambiental fue tomando fuerza en la industria de la construcción, Lean Construction también se enfocó en introducir y aplicar temas de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental en los distintos proyectos constructivos.

La evolución de esta herramienta y sus herramientas es continua y sigue adaptándose a los cambios de la industria con el pasar de los años, su objetivo es bastante claro: “mejorar la eficiencia, calidad y satisfacción del cliente en un entorno de construcción en constante cambio” (LCI, 2023).

## **1.3.2 Resultados esperados al aplicar Lean Construction**

Según lo descrito anteriormente, se puede decir que la aplicación de Lean Construction tiene como objetivo principal y de manera resumida, mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar el valor de las etapas del proceso de construcción.

Actualmente, la combinación de avances tecnológicos y software, junto con el enfoque en la industrialización y prefabricación de la construcción, permite entender mejor la construcción de edificios e infraestructuras como una serie de actividades valiosas que se repiten en diferentes proyectos. Esto facilita la identificación de desperdicios y la implementación de ciclos de mejora continua y estandarización de procesos para eliminar la improductividad, gracias a estas herramientas y enfoques, es más sencillo optimizar la eficiencia y calidad en la construcción al identificar y eliminar actividades que no agregan valor (Pons, 2014).

A lo largo del tiempo, diversas empresas pioneras han demostrado que la adopción de Lean Construction ofrece ventajas competitivas altamente atractivas. Esta evidencia ha dado lugar a un creciente número de documentos y casos de estudio que han enriquecido la comprensión de esta herramienta. Este cambio de percepción y la creciente tendencia hacia Lean Construction han captado la atención de empresas a nivel global.

Implementar un cambio en el modelo productivo o sistema de trabajo de una empresa requiere un esfuerzo significativo al principio. Sin embargo, las ventajas competitivas que se obtienen con el cambio justifican el esfuerzo realizado al inicio. En aquellas organizaciones que han operado durante muchos años con el mismo sistema, el proceso de cambio puede ser más desafiante, pues implica romper paradigmas; superar estos paradigmas y adaptarse a nuevos enfoques puede tomar un tiempo considerable, pero es esencial para alcanzar una mayor competitividad en el mercado.

Un estudio realizado por la Revista Cubana de Ingeniería (RCI, 2021), donde se revisaron 51 documentos indexados desde el 2008 al 2020 de las ventajas que trae consigo la implementación de Lean Construction, demuestra que al aplicar Lean Construction se logra sostenibilidad, transparencia en los proyectos de construcción, buena planificación y gestión, correctos diseños, ejecución y control de los

proyectos para el logro de objetivos propuestos por las empresas contratistas en la industria de la construcción. El mismo documento publicado por la RCI en el 2021, desglosa una lista de beneficios de implementar Lean Construction, obtenidos mediante la aplicación de encuestas.

**Cuadro 1.** Beneficios de la implementación de Lean Construction.

Mejora de los métodos de entrega de proyectos
Clientes más satisfechos
Entrega de productos o servicios que permitan a los clientes lograr mejor sus metas
Promoción de la mejora continua en los métodos de entrega de proyectos a través de lecciones aprendidas
Minimización del riesgo y maximización de oportunidades
Entrega de productos o servicios a tiempo y dentro del presupuesto
Entrega de productos a los clientes al instante sin desperdicio
Porcentaje aumentado Plan completo
Menos re-trabajo
Minimización de costos directos mediante una gestión eficaz de la entrega de proyectos
Inyección de confiabilidad, responsabilidad, certeza y honestidad en el entorno del proyecto
Reducción del tiempo del proyecto
Menor grado de interrupción de las actividades (reducción de la variación)
Menos tiempo de inactividad
Incremento de la motivación de los trabajadores

**Fuente:** Adaptado de RCI (2021).

La información anterior demuestra la importancia de la implementación de la herramienta y filosofía Lean en los distintos procesos constructivos de cada empresa, para esto se han desarrollado muchas herramientas a lo largo de los años y una de ellas es, como se mencionó anteriormente, Last Planner System (LPS). Last Planner es una herramienta que se alinea con los principios de Lean Construction y se ha convertido en una herramienta importante para la planificación y gestión de proyectos en el sector de la construcción.

El propósito de la presente investigación es analizar y aplicar la filosofía Lean Construction, con un enfoque en el uso del Last Planner System, con el fin de mejorar la planificación y ejecución de proyectos modulares y sostenibles en la constructora TEC HOGAR. Se busca identificar oportunidades de mejora en los procesos constructivos de la empresa, así como adaptar las mejores prácticas y técnicas de Lean Construction y LPS para su implementación en futuros proyectos.

# 1.4 Last Planner System

Last Planner System (LPS), o Sistema del Último Planificador en español, es una herramienta de planificación y gestión de la producción utilizada en proyectos de construcción. Fue inicialmente concebido por Glenn Ballard y Greg Howell en la década de los 90 y más tarde formalizado en la tesis doctoral de Glenn Ballard en el año 2000. Con el tiempo, ha evolucionado para convertirse en una herramienta fundamental en la implementación de Lean Construction en proyectos de construcción, así como en un estándar de la Planificación Colaborativa y la Planificación Pull (Pons y Rubio, 2019).

La herramienta Last Planner System busca mejorar la eficiencia y la efectividad en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Su objetivo principal es promover la colaboración, la transparencia y la comunicación entre los diferentes actores involucrados en un proyecto de construcción, como arquitectos, ingenieros, contratistas y subcontratistas.

La idea del sistema Last Planner es involucrar a todas las personas que desempeñan un papel directo en las actividades del proyecto, para que aporten su punto de vista, criterio y experiencia durante la fase de planificación de la obra. Esto implica proponer estimaciones realistas de productividad, plazos y metas que se comprometan a alcanzar. Este proceso se lleva a cabo bajo la dirección de un líder (denominado el Último Planificador), cuya responsabilidad es coordinar todas las ideas y convertirlas en un plan detallado que consta de tres niveles: planificación a largo plazo “el debería”, planificación a medio plazo “se puede” y planificación a corto plazo “se hará” (Pons y Rubio, 2019). En la figura 5, se puede observar la relación entre estos tres niveles mencionados:

**Figura 5.** Relación entre el debería, se puede y se hará del LPS.



**Fuente:** Adaptado de Lean Construction y la planificación colaborativa herramienta del Last Planner System (2019).

## 1.4.1 Beneficios de usar Last Planner System

El sistema Last Planner System mejora de manera significativa el flujo de un proyecto a través de la planificación colaborativa. Esto permite que los trabajadores en el sitio planifiquen sus tareas de manera conjunta, en lugar de que unas pocas personas lo hagan de forma aislada, así les permite abordar los problemas antes de que se vuelvan un reto que pueda impactar de manera negativa en el flujo natural de trabajo (LCI, 2023).

Algunos de los beneficios mencionados por el Lean Construction Institute (LCI) y que se esperan al implementar Last Planner en los procesos constructivos de una empresa son:

- Fortalecimiento del respeto entre los miembros del equipo, al fomentar el trabajo colaborativo para resolver problemas.
- Eliminación o reducción del desperdicio al realizar el trabajo correctamente desde el inicio.
- Mejoramiento del flujo de trabajo mediante una planificación más cuidadosa.
- Incremento del valor al asignar más recursos y tiempo a las actividades de valor agregado.
- Producción de mejora continua a medida que el equipo aprende de cada error en los ciclos de planificación.
- Optimización global a través de resultados mejorados.

Además de todo esto, es importante mencionar que la innovación aumenta cuando la planificación anticipada permite a los miembros del equipo aportar medidas de respuesta únicas en tiempo real (LCI, 2023).

## 1.4.2 Implementación de Last Planner System

Una de las preocupaciones compartidas tanto por individuos como por empresas en la implementación del Last Planner System y los principios Lean es la necesidad de afrontar un cambio cultural y de actitud. Este cambio implica la transición desde una gestión de planificación y control de producción tradicional hacia un sistema basado en valores y principios Lean, donde la colaboración, la transparencia y el trabajo en equipo son fundamentales. La superación de estos desafíos culturales es esencial para el éxito de la implementación. Algunos consejos prácticos brindados por Pons y Rubio (2019) para la implementación de Last Planner, son:

- Es fundamental la implicación del equipo directivo, el cual tiene que proporcionar los medios necesarios para una implementación efectiva.

- El tipo de liderazgo que se vaya a ejercer juega un papel clave. No va a ser un liderazgo tradicional de “mando y control”, sino que requerirá habilidades de coach y mentor más que de jefe, facilitando y apoyando todos los recursos necesarios y siendo un vínculo efectivo entre la dirección y los equipos productivos.
- Las habilidades de comunicación son fundamentales.
- Las agendas de los jefes de obra, encargados, jefes de producción y capataces deben estar definidas. Se pueden incluir algunos buffers para imprevistos.
- Lean y LPS ayudan a aumentar la comprensión y el enfoque en el valor añadido en toda la organización y favorece el aprovechamiento de la creatividad y el esfuerzo de toda la organización.

## 1.5 Planificación Last Planner System

En esta sección se desglosa y se explica cada nivel que conforma la planificación Last Planner, mencionados anteriormente en la figura 5.

### 1.5.1 Planificación a largo plazo

En esta etapa es donde se gestiona lo que debería hacerse, esta etapa se divide, a su vez, en dos subetapas, que son las siguientes:

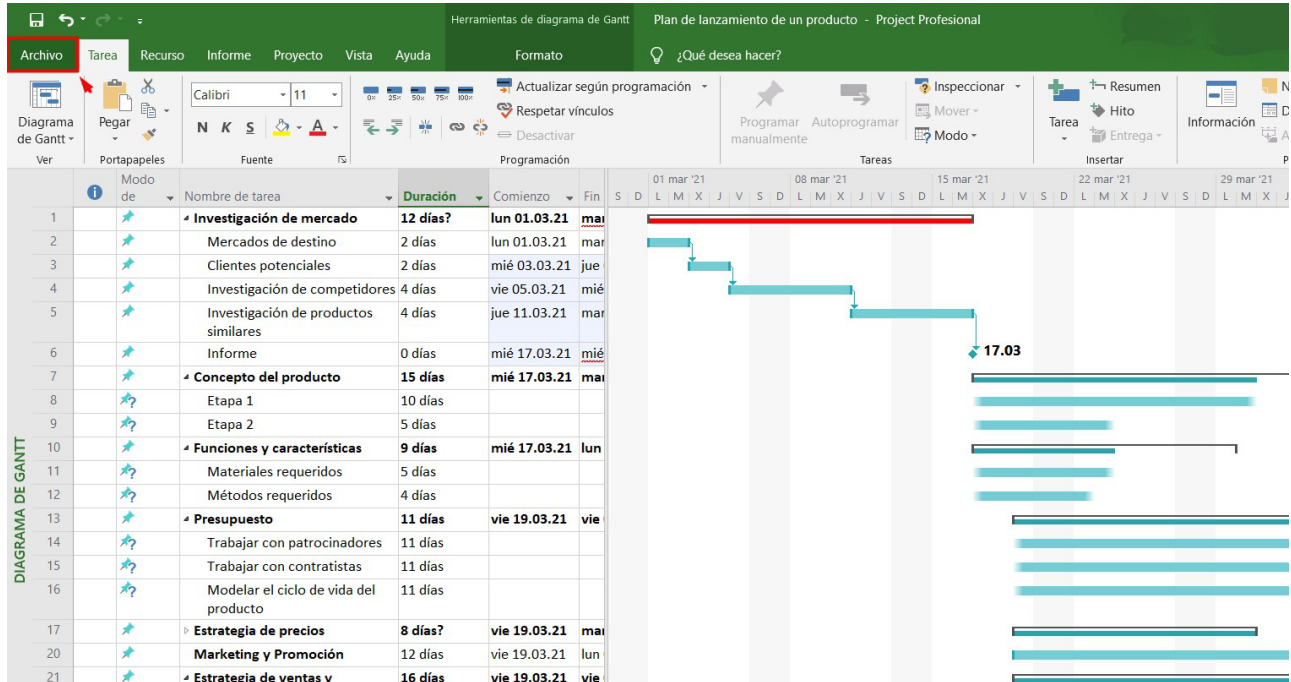
#### 1.5.1.1 Plan maestro

El plan maestro hace referencia a la parte más general de la planificación del proyecto constructivo, este representa a largo plazo los objetivos del proyecto. En este plan se establecen las grandes fases y los hitos del proyecto, así como también fechas clave de entrega. Este permite tener una visión general de la secuencia de las actividades y el cronograma completo del proyecto. Un plan maestro completo debe proporcionar al equipo de construcción una comprensión común de los objetivos y entregables del proyecto, lo cual facilitará una supervisión adecuada de cómo el proyecto avanza y si se cumplen sus metas.

El propósito del plan maestro es crear un marco estratégico para el proyecto, este plan no entra en detalles específicos ni en la programación detallada de tareas individuales. A cambio de esto, se utiliza como punto de partida para desarrollar planes más detallados a niveles más bajos, como el Look Ahead de la programación intermedia y la programación semanal (los cuales se explicarán más adelante), que son partes fundamentales del Last Planner System.

Para definir el plan maestro, se puede partir de un diagrama de Gantt, donde el equipo del proyecto debe definir los hitos principales, en la figura 6 se representa un ejemplo de plan maestro.

**Figura 6.** Ejemplo de una sección de plan maestro de un proyecto constructivo.



Fuente: Diagrama de Gantt en MS Project (2023).

### 1.5.1.2 Planificación por fases

El propósito de esta fase del sistema es establecer y validar las tareas necesarias para llevar a cabo cada etapa del proyecto. Para lograrlo, es esencial que todos los responsables de cada actividad y áreas funcionales del proyecto participen, de manera que puedan comprenderse mutuamente y alinear sus objetivos y estrategias para la ejecución de la fase que se está planificando. Por lo general, en esta etapa, el período de tiempo a planificar abarca entre 3 y 6 meses, aunque esta duración puede variar según las características específicas del proyecto. Al finalizar esta fase, se dispondrá de un plan de trabajo que ha sido consensuado y respaldado por todas las partes involucradas y en el que también se habrán identificado las restricciones más significativas o fundamentales del proyecto (Pons y Rubio, 2019). En la figura 7, se muestra un ejemplo del formato de una planificación por fases de un proyecto constructivo.

**Figura 7.** Ejemplo de una planificación por fases de vivienda unifamiliar.



**Fuente:** Lean Construction y la planificación colaborativa herramienta del Last Planner System (2019).

Esta planificación se puede apoyar de una herramienta llamada Pull Planning, la cual se describe en la siguiente sección.

### 1.5.2.3 Pull Planning

El Pull Planning es una técnica donde se define el último entregable de la fase y, a partir de este último hito, se comienzan a describir hacia atrás, que actividades se requieren que estén listas antes de entregar dicho entregable. Esto se hace durante una sesión Pull, la cual sirve para identificar la estrategia del proyecto, principalmente en cuanto a la planificación y ordenes de producción de cada fase, generando un alineamiento entre los participantes. En esta reunión deben participar todos los actores relevantes de las fases capaces de proporcionar información y/o recursos para garantizar flujo de trabajo continuo y predecible: jefe de obra, encargado de obra, subcontratistas, etc.

Estas sesiones deben durar 3 o 4 horas, en un proyecto de vivienda unifamiliar, normalmente se realizan dos sesiones Pull, una sesión que incluya la excavación, cimentación y estructura; y otra sesión que incluya los cerramientos, instalaciones y acabados interiores (Pons y Rubio, 2019).

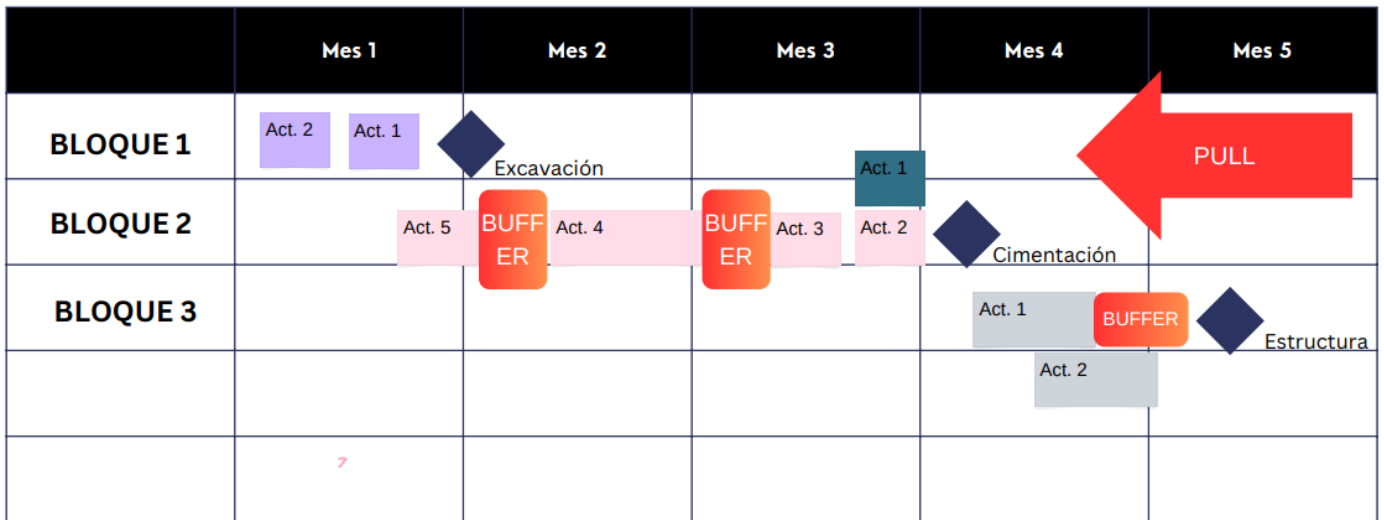
Los pasos para el planeamiento Pull según Llanos (2022) son los siguientes:

- Definir las fases y los hitos con sus respectivas fechas de entrega.
- Planificar en reversa de manera colaborativa las actividades de cada fase.
- Agregar las duraciones de cada actividad sin contingencias ni buffers en la estimación.
- Revisar la lógica del plan para tratar de comprimir la duración.
- Determinar la mejor fecha de inicio.

- Decidir qué actividades necesitan contingencias o buffers según variabilidad.
- Conversar con el equipo si se siente cómodo con los buffers para terminar el hito.

En la figura 8 se muestra un ejemplo de la elaboración y orden de un panel de fases, donde se pueden apreciar las tres actividades recomendadas anteriormente para la primera Pull Session de un proyecto de vivienda unifamiliar. Este panel puede ser realizado sobre una pizarra, sobre la pared de la sala de reuniones o sobre cualquier material plano que sirva como base para colocar las tarjetas propuestas por cada trabajador involucrado en la obra.

**Figura 8.** Ejemplo de panel de planificación de fases para vivienda unifamiliar con 3 bloques.



**Fuente:** Adaptado de Lean Construction y la planificación colaborativa herramienta del Last Planner System (2019).

En la imagen anterior se pueden observar las distintas actividades que son necesarias para lograr cada hito definido, cada actividad está conformada por una tarjeta, generalmente se le asigna un color de tarjeta distinto a cada responsable de realizar la tarea, esto con el fin de obtener una planificación más visual y fácil de entender para todas las partes. En la figura 9, se muestra un ejemplo de lo que debe contener cada tarjeta de planificación de cada fase.

**Figura 9.** Ejemplo de tarjeta para planificación de actividades.

ID	
Tarea	
Restricciones	
N° trabajadores	Duración en días

Con esta sesión, se comienza a formular el compromiso por parte de los trabajadores, indirectamente al aportar datos específicos de sus objetivos se están obligando a cumplirlos internamente. Además, esta sesión sirve para que todos entiendan la esencia de lo que se quiere construir.

## 1.5.2 Planificación a medio plazo

En esta etapa se gestiona lo que puede hacerse, y se extrae una ventana del plan maestro, esta ventana de planificación a medio plazo puede variar entre 3 y 8 semanas según la complejidad del proyecto y como lo defina el grupo de trabajo, esta etapa de planificación se conoce en inglés como “Look Ahead Plan”. Esto permite tener bajo control un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y condiciones necesarias para que las tareas se puedan ejecutar en el plazo establecido. Una restricción puede ser descrita como cualquier condición o elemento que puede impedir la realización exitosa de una tarea.

El propósito principal del Look Ahead es definir claramente lo que se puede hacer en este periodo, es recomendable que la planificación intermedia se efectúe en un sistema de plantillas computarizadas para un manejo más sencillo, ágil y eficiente. Una recomendación para conocer las restricciones de forma más sencilla es entregar una impresión o plantilla digital del Look Ahead a cada involucrado directo, para que ellos identifiquen las restricciones durante el transcurso de la semana o durante la reunión semanal. Otra opción sería tener un panel de buen tamaño y colocarlo en algún lugar visible de la construcción u oficina para que los involucrados tengan acceso al Look Ahead (Gutiérrez, S.F.). A continuación, se muestra un ejemplo de machote para el Look Ahead, en la figura 10.

Figura 10. Ejemplo de machote para el Look Ahead.

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																																			
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO										FEBRERO																			
		INICIO	FIN			L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
						Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5					Semana 6				
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	31-ene	01-feb	02-feb	03-feb	04-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	11-feb	12-feb	13-feb	14-feb	15-feb
<b>ENCOFRADOS</b>																																			
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		Si																														
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		Si																														
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		No																														
<b>HORMIGÓN</b>																																			
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		Si																														
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		Si																														
<b>ACERO</b>																																			
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		No																														
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		No																														

Fuente: Lean Construction y la planificación colaborativa herramienta del Last Planner System (2019)

### 1.5.2.1 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Esta etapa está compuesta por las actividades que poseen una alta probabilidad de ejecutarse, conformado por las actividades del Look Ahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera, se crea un inventario de tareas que pueden ser definidas en tres diferentes tiempos según Gutiérrez (S.F.):

- Actividades restringidas que pertenecen al ITE de la semana en curso y que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que forman parte de la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras.

El propósito de esta etapa es tener siempre actividades disponibles para ejecutar cuando finalice la actividad en la que se estaba, evitando tiempos de ocio y generar el sentimiento de responsabilidad de los involucrados para terminar lo antes posible y seguir con las actividades.

### 1.5.3 Planificación a corto plazo

También conocida como planificación semanal, en esta etapa se gestiona lo que se hará. El propósito de esta etapa es desarrollar un plan de acción con actividades concretas y metas numéricas definidas. Las tareas por incluir deben provenir del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) generado durante la etapa de Planificación a Medio Plazo (Look Ahead), esto con el fin de mejorar la confiabilidad del plan al comprometer el trabajo en actividades donde tenemos una mayor certeza de que cuentan con las condiciones adecuadas para llevarse a cabo (Pons y Rubio, 2019).

En la programación semanal todo el equipo de trabajo debe dar sus aportes para lograr el objetivo. Se recomienda usar superficies de tamaño adecuado donde visualizar el programa semanal con los hitos requeridos y las responsabilidades de cada integrante. También se puede llevar un registro del porcentaje de avance de cada actividad para que funcione como motivación al visualizar el progreso que se va alcanzado en ese momento. La planificación semanal se debe realizar al menos una vez a la semana, como lo indica su nombre, por medio de una pequeña reunión en la que deben participar las personas involucradas.

En Last Planner se suelen utilizar 2 indicadores importantes que muestran información significativa del proceso de los proyectos. Estos indicadores son el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). En la figura 11 se muestra un ejemplo de planificación semanal para aplicar LPS.

**Figura 11.** Ejemplo de machote de planificación semanal

Programa semanal											
Proyecto: _____											
Semana: _____											
Responsable: _____											
Actividad: _____											
ID	Subactividad	Responsable	% cumplimiento		PAC (cumplimiento)	Causa de no cumplimiento					Observaciones
			%programado	% real							
1											
2											
3											
4											
5											
Suma											

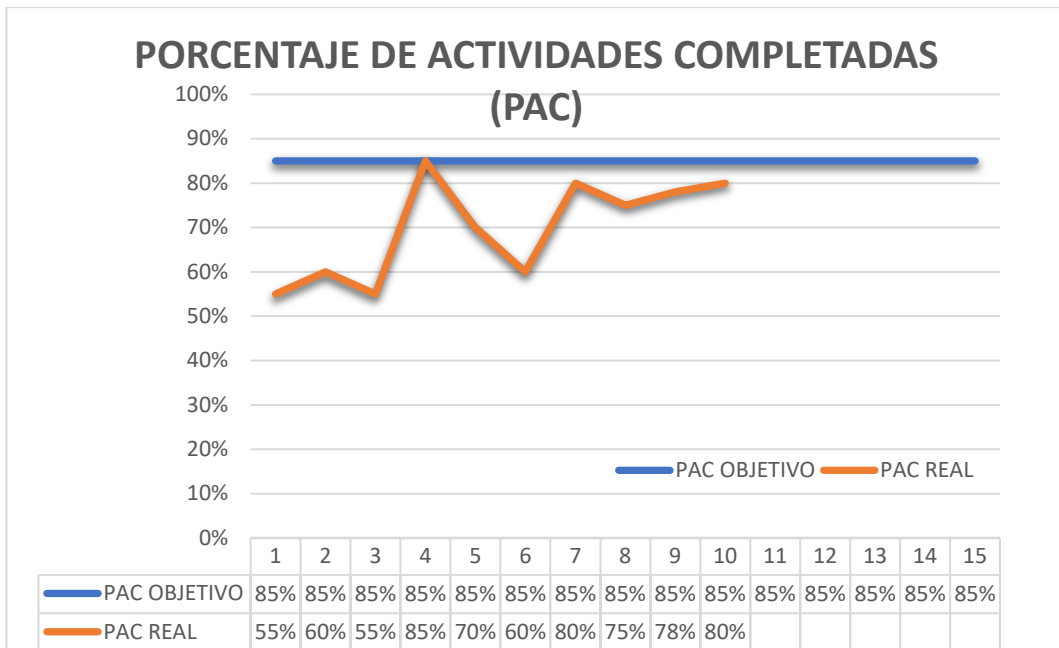
**Fuente:** Adaptado de Herramienta para la aplicación de LPS (S.F)

### 1.5.3.1 Porcentaje de Actividades Completadas.

Este indicador compara el número de actividades programadas para una semana que se completaron al 100% con el número total de actividades programadas para esa semana. Esta comparación entre lo planeado y lo realizado refleja la confiabilidad del sistema de planificación. Es esencial realizar mediciones semanales en el sitio de construcción para evaluar el progreso de las actividades y determinar en qué medida se están cumpliendo los compromisos de los involucrados.

Lo ideal es que el PAC se sitúe entre 80% y 90%, esto porque un PAC por debajo del 80% indica que más del 20% de las actividades programadas no se llevaron a cabo, lo que resulta en retrasos en la entrega del proyecto al no cumplir con el cronograma. Por otro lado, un PAC superior al 90% o cercano al 100% sugiere que casi siempre se ejecutan todas las actividades planificadas. Esto podría indicar que la programación semanal no se está realizando correctamente o que los involucrados no están esforzándose al máximo para mejorar la eficiencia cada semana (Pons y Rubio, 2019). En la figura 12, se puede observar el ejemplo de cómo se debe ver un gráfico de PAC.

**Figura 12.** Ejemplo de un gráfico de Porcentaje de Actividades Completadas.

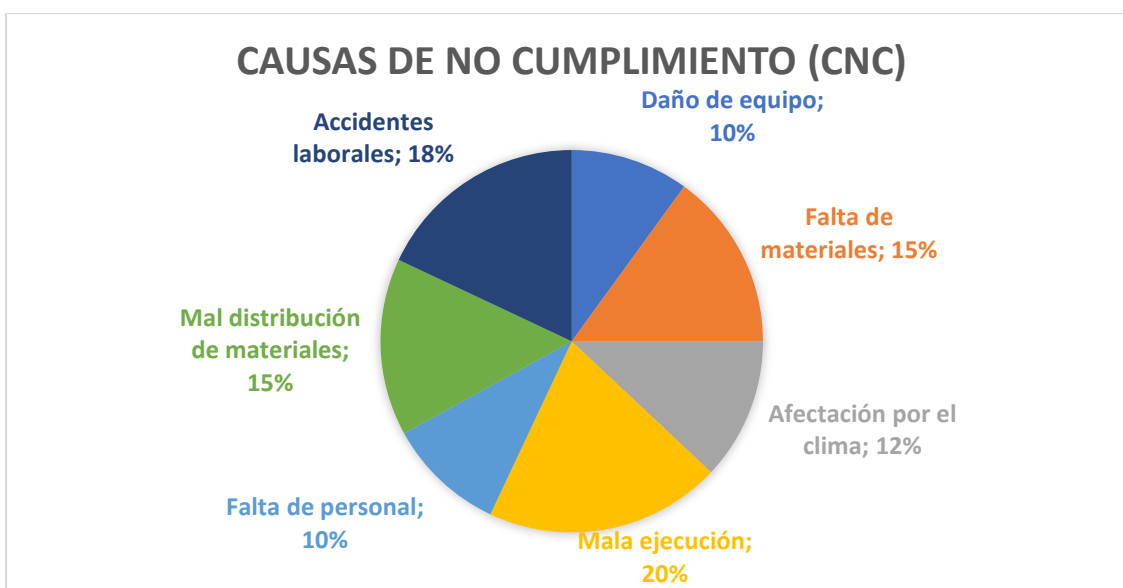


**Fuente:** Adaptado de Lean Construction y la planificación colaborativa herramienta del Last Planner System (2019).

### 1.5.3.2 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las causas de incumplimiento se refieren a las razones que explican por qué el plan de trabajo semanal no se lleva a cabo al 100%, es decir, por qué algunas de las actividades programadas para la semana no pueden realizarse o solo se pueden completar parcialmente. Luego de identificar las causas, el último planificador debe examinar el problema. La causa aparente que se detecta inicialmente puede ser el resultado de otras acciones o eventos ocurridos en el proyecto. El último planificador debe identificar la secuencia de acciones para comprender cómo se pueden evitar las fallas recurrentes en el futuro. En la figura 13, se muestra un gráfico con un ejemplo de posibles causas de no cumplimiento que se pueden dar en un proyecto.

**Figura 13.** Ejemplo de un gráfico Causas de No Cumplimiento.



Fuente: Adaptado de Herramienta para la aplicación de LPS (S.F).

## 1.6 Herramientas computacionales

En el contexto de la implementación de Last Planner System, es crucial destacar el papel fundamental de la tecnología, que ha dado lugar al desarrollo de una serie de herramientas informáticas y programas diseñados específicamente para garantizar su aplicación exitosa. Entre estas herramientas se incluyen programas tales como Impera, Cocoplan, Procore, PlanGrid, así como hojas de cálculo personalizadas en Excel, entre otras.

La utilización de estas soluciones de software simplifica la planificación y gestión de proyectos de construcción, lo que resulta de gran utilidad en la ejecución y aplicación exitosa del LPS. No obstante, es

importante señalar que la mayoría de estas herramientas requieren de una licencia, lo cual puede no ser económicamente viable para empresas de menor envergadura. En estos casos, y especialmente en situaciones de primera implementación de la filosofía Lean, se recomienda iniciar utilizando hojas de cálculo personalizadas en Excel. En esta última plataforma, se puede aplicar también una cinta de opciones denominada "Senda Matrix," diseñada específicamente para facilitar la implementación del Sistema Last Planner.

## 1.6.1 Senda Matrix

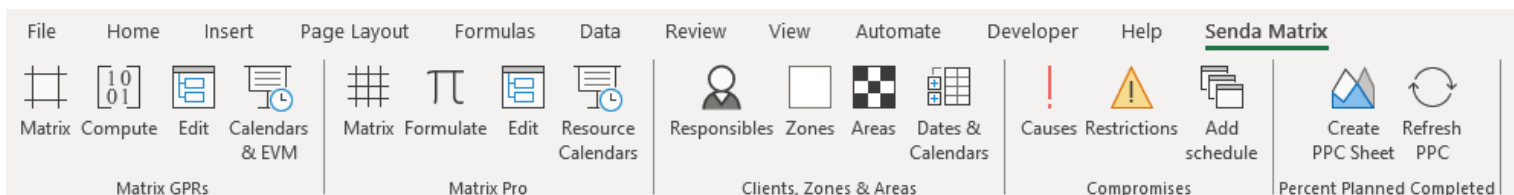
Esta herramienta se trata de un complemento que se integra en Microsoft Excel como una pestaña adicional, y su desarrollo se atribuye al Dr. José Luis Ponz Tienda, quien es profesor en el departamento de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de los Andes en Colombia. Esta herramienta se organiza en tres paquetes principales:

- Planificación de proyectos con tareas de relación comienzo-final conocida como Matrix GPR's.
- Planificación de proyectos con tareas de relación comienzo-final, comienzo-comienzo, final-final y final-comienzo denominada Matrix Pro.
- El control y seguimiento de proyectos con la implementación del LPS llamado "Compromises".

Cada sección de la herramienta tiene una aplicación específica y se adapta a las necesidades del usuario. Puede utilizarse para la programación y el control de proyectos, o solo para el control, dejando la programación para otro software, como Microsoft Project.

Estos complementos trabajan en conjunto para crear formatos de planificación semanal y a mediano plazo, realizar el seguimiento de la obra a través del PAC y mantener estadísticas sobre las causas de incumplimiento mediante el elemento "Causes" (Alpizar, 2017). En la figura 14, se muestran los elementos que conforman la cinta de opciones de Senda Matrix para Excel.

**Figura 14.** Cinta de opciones Senda Matrix



**Fuente:** Senda Matrix User Manual (s.f.)

Como se puede observar en la figura 14, la cinta de opciones se divide en varios grupos o pestañas de herramientas, estas pestañas se explicarán a continuación según la información extraída del “Manual del Usuario de Senda Matrix”, escrito por el creador de la herramienta, el Dr. José Luis Ponz Tienda:

- **Senda Matrix GPRs:** Para la planificación a largo plazo. Esta pestaña propone relaciones de Precedencia Generalizadas (GPR) para abordar sus problemas específicos como la superposición. Utiliza relaciones comienzo-comienzo (SS), fin-fin (FF) y de comienzo-fin (CF). En este nivel, los planificadores no solo pueden gestionar relaciones complejas, sino también controlar las desviaciones de tiempo, producción y presupuesto con la aplicación del Método del Valor Ganado.
- **Senda Matrix Pro:** Para la fase y planificación de medio plazo. En esta etapa, Senda Matrix hace uso de los métodos de programación clásicos de precedencia con relación de fin a inicio en los que una actividad (sucesora) no puede comenzar hasta que la actividad predecesora esté totalmente terminada. Con esta herramienta orientada a zonas y áreas, se pueden diseñar y optimizar cronogramas detallados para diferentes funciones objetivas.
- **Compromisos:** Para la planificación a corto plazo. En este nivel Senda Matrix gestiona los compromisos de los involucrados en el proyecto y las restricciones que impiden o dificultan el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Estas tres herramientas pueden funcionar en conjunto o se pueden utilizar como aplicaciones solitarias, aprovechando las posibilidades de intercambio de información que proporciona Excel y estableciendo vínculos entre ellas o con otras aplicaciones.

Esta cinta de opciones es gratuita y cualquiera puede instalarlo, además, aunque fue creado para Excel 2010, se puede instalar en cualquier versión de Excel que el usuario disponga. El proceso de instalación de la cinta de opciones se detalla en el manual de implementación LPS.

# Capítulo 2: Metodología

A continuación, se muestra el procedimiento llevado a cabo para poder alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto que se realizó en conjunto con la empresa constructora TEC HOGAR.

## 2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación hace referencia al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio y que puede ser cualitativa, cuantitativa o mixta. El presente trabajo corresponde a una investigación mixta, la cual combina aspectos de investigación cualitativa y cuantitativa. La combinación de ambas metodologías contribuye a obtener una visión más global, ya que integra las ventajas de ambos métodos, permite obtener un enfoque donde se combinan los datos numéricos con la validación de resultados obtenidos de distintas fuentes de información (Santander, 2021).

A continuación, se presenta una breve descripción de investigación mixta, para comprender más claramente su significado e importancia en el estudio realizado.

### 2.1.1 Investigación mixta

La investigación mixta se emplea cuando se requiere abordar un fenómeno desde diferentes perspectivas, en este caso, considerando aspectos cualitativos y cuantitativos, con el objetivo de lograr una comprensión más integral y enriquecedora.

En este proyecto, la investigación mixta abordó diversas actividades esenciales. En primer lugar, se realizó un análisis del estado del arte para identificar las mejores prácticas y técnicas existentes en la aplicación del Sistema Last Planner (LPS). Esto constituye una investigación cualitativa, centrada en la comprensión y contextualización de la información disponible.

En segundo lugar, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de información relacionada con presupuestos y cronogramas. Esto contribuyó a enriquecer el enfoque cualitativo con datos concretos. Además, se diseñó y validó una herramienta de implementación del LPS. Esta fase se sustentó en una investigación cuantitativa, orientada a la recopilación de datos cuantitativos y la validación de la eficacia de la herramienta.

Ambos enfoques, cualitativo y cuantitativo, se integraron de manera complementaria para lograr los objetivos del proyecto y para respaldar la implementación efectiva del Sistema Last Planner.

## **2.2 Categorías y variables**

Primeramente, se considera importante diferenciar los conceptos de categorías y variables para comprender mejor esta sección del proyecto. Rivas (2015) proporciona una visión comprensiva de variables y categorías de análisis en el contexto de la investigación. Define una variable como un aspecto que cambia de valor y típicamente tiene un papel significativo en la explicación de un fenómeno. Estas variables están relacionadas con unidades concretas como por ejemplo dinero, tiempo o combustible.

Por otro lado, Rivas (2015) introduce el concepto de categorías de análisis como el equivalente en la investigación cuantitativa. Estas categorías son estrategias metodológicas para describir fenómenos de estudio y al igual que las variables tienen dimensiones e indicadores que guían la investigación.

A continuación, se presentan las categorías y variables que se utilizaron para abordar la investigación y alcanzar los objetivos planteados.

## 2.2.1 Categorías

Las categorías que se plantearon para cumplir con cada objetivo específico se presentan a continuación, en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Definición de categorías y subcategorías por objetivo.

Objetivo específico 1			
Categoría	Definición conceptual	Subcategoría	Definición conceptual
Procesos constructivos:	Los procesos constructivos se refieren a la secuencia ordenada y planificada de acciones y operaciones necesarias para llevar a cabo la construcción de una estructura o edificación. Estos procesos abarcan desde la preparación del terreno hasta la finalización del proyecto, incluyendo la selección y aplicación de materiales, técnicas de construcción, instalación de sistemas y acabados.	Planificación:	Proceso sistemático de definir y organizar todas las actividades, recursos, secuencias y plazos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción de manera eficiente y exitosa.
		Gestión de recursos:	Se refiere a las técnicas para administrar y optimizar eficientemente los diversos recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción de manera exitosa.
		Eficiencia:	Capacidad de realizar las actividades y procesos relacionados con un proyecto de construcción de manera óptima, aprovechando al máximo los recursos disponibles, minimizando el desperdicio y logrando resultados de alta calidad en el menor tiempo posible.
Estado del arte	Es una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura, investigaciones y desarrollos previos que existen en una determinada disciplina.	Lean Construction	Filosofía y enfoque de gestión aplicado a la industria de la construcción con el objetivo de optimizar los procesos, reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en la ejecución de proyectos.

<b>Objetivo específico 1</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Definición conceptual</b>
Estado del arte:		Last Planner System:	Herramienta de planificación y gestión utilizada en la industria de la construcción, que forma parte de la filosofía Lean Construction. Su objetivo principal es mejorar la planificación y ejecución de proyectos de construcción.
<b>Objetivo específico 2</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Definición conceptual</b>
Lista de proyectos:	Se refiere a un registro de proyectos específicos. Estas listas suelen contener información básica sobre cada proyecto, como su nombre, descripción, estado, fechas clave u otros detalles relevantes.	-	-
Resultados positivos:	Efecto, consecuencia o logro que es beneficioso, favorable o deseado en el contexto de un proyecto, investigación o situación determinada.	Ventajas:	Se refiere a las características positivas o cualidades favorables de un objeto, un producto, un enfoque o una decisión.
		Beneficios:	Son las recompensas o resultados positivos que se obtienen al aprovechar esas ventajas. Los beneficios son las mejoras o ganancias que se obtienen como consecuencia de una acción o elección.

<b>Objetivo específico 2</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Definición conceptual</b>
Análisis FODA:	Herramienta de planificación estratégica utilizada para evaluar y comprender la situación de una empresa, proyecto, producto o cualquier entidad en un determinado contexto.	Fortalezas:	Características internas positivas que proporcionan una ventaja competitiva o un valor agregado.
		Oportunidades:	Factores externos favorables que la entidad puede aprovechar para su beneficio.
		Debilidades:	Características internas negativas o limitaciones que pueden afectar negativamente el rendimiento o la competitividad.
		Amenazas:	Factores externos que representan desafíos o riesgos para la entidad.
<b>Objetivo específico 3</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Definición conceptual</b>
Herramienta de implementación LPS:	Conjunto de plantillas diseñadas para aplicar eficazmente el Last Planner System en proyectos de construcción, mejorando la planificación y la ejecución de tareas mediante la colaboración y el seguimiento.	Instrucciones de uso:	Directrices concisas que explican cómo utilizar correctamente una herramienta, dispositivo o producto, proporcionando pasos claros para su aplicación o funcionamiento.

Objetivo específico 4			
Categoría	Definición conceptual	Subcategoría	Definición conceptual
Personal instruido en el uso de la herramienta:	Personal que han recibido formación o capacitación específica para comprender y utilizar adecuadamente una herramienta.	Equipo encargado:	Grupo de personas responsables de llevar a cabo una tarea o proyecto.
		Reuniones de capacitación:	Encuentros planificados para proporcionar conocimientos y habilidades a los participantes sobre un tema o proceso específico.
Ajustes de la herramienta:	Proceso de ajuste y corrección de una herramienta o instrumento para asegurar un mejor funcionamiento.	Identificación de mejoras:	Proceso de encontrar y reconocer áreas o aspectos que pueden ser mejorados o perfeccionados.

## 2.2.2 Variables

Las variables planteadas para cumplir con los objetivos del proyecto se enlistan en el cuadro 3. Las siguientes actividades se centran en la recopilación y análisis de datos numéricos, medibles y cuantificables.

**Cuadro 3.** Definición de las variables por objetivo.

Objetivo específico 1		
Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Procesos relacionados con alto costo y retrasos:	Actividades, etapas o elementos dentro de un proyecto o proceso que tienen un impacto significativo en los costos totales y en la duración del proyecto.	<p><b>1. Alto costo:</b> procesos que necesitan más dinero que otros para poder ser ejecutados.</p> <p><b>2. Retrasos:</b> retrasos importantes presentados en días, semanas o meses.</p>

Objetivo específico 4		
Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Matriz de evaluación de resultados de la implementación de la herramienta:	Se refiere a un conjunto organizado de datos y criterios que se utilizan para evaluar y medir los resultados obtenidos después de implementar una herramienta específica, en este caso, la herramienta desarrollada para la implementación del Last Planner System. Esta matriz proporciona una estructura sistemática para analizar y comparar los resultados antes y después de la implementación, lo que permite identificar mejoras, áreas de éxito y áreas que requieren ajustes o mejoras adicionales en el proceso constructivo.	<p><b>1. Cumplimiento de plazos:</b> mide la efectividad de la herramienta en cuanto al cumplimiento de plazos en comparación con información anterior.</p> <p><b>2. Porcentaje de actividades completadas (PAC):</b> medida que indica la proporción de las actividades planificadas en un proyecto que se han ejecutado con éxito en un período de tiempo determinado.</p> <p><b>3. Causas de no cumplimiento (CNC):</b> se refieren a los factores o razones que impiden que las actividades planificadas se ejecuten según lo programado en un proyecto. Pueden ser presentadas mediante gráficos.</p>

## 2.3 Sujetos de información

Los sujetos de información son aquellas personas que forman parte de los distintos procesos de un proyecto, con características, opiniones, experiencias y otras cualidades que son de gran ayuda para el desarrollo de la investigación (Mata, 2021).

En el caso del presente proyecto, se pueden identificar dos grupos principales de sujetos de información. El primero comprende a los profesionales de oficina, quienes desempeñan las actividades

correspondientes a la planificación, coordinación y gestión de los proyectos de la empresa. Este grupo está compuesto por el ingeniero, arquitecto, personal de diseño, auxiliar, personal de contabilidad y la gerencia.

El segundo grupo de sujetos de información está conformado por los trabajadores en campo, quienes son responsables de llevar a cabo las tareas de construcción en la obra. Este grupo incluye a los maestros de obra, operarios, asistentes y obreros.

## 2.4 Fuentes de información

Las fuentes de información hacen referencia a las fuentes de datos, materiales o recursos utilizados para recopilar información relevante y sustentar el contenido, análisis y conclusiones del proyecto en estudio. Pueden ser diversas e incluir documentos escritos, base de datos, entrevistas, observaciones, encuestas, estudios previos y cualquier otro recurso que aporte datos confiables para el desarrollo de la investigación. Según Miranda y Acosta (2008), estas fuentes se pueden dividir como primarias y secundarias, en el caso del presente proyecto se consideró necesario la utilización de ambos tipos de fuentes de información.

- **Fuentes primarias:** son las que proporcionan datos e información directa sobre un tema en específico. Estas fuentes son creadas por personas que se involucraron directamente con un tema que se haya investigado. Entre las fuentes de investigación primarias que se utilizaron en el proyecto se tienen: entrevistas, cuestionarios y observaciones directas realizadas en campo.
- **Fuentes secundarias:** son aquellas que proporcionan información ya interpretada o analizada por otras personas o entidades. Estas fuentes generalmente extraen información de fuentes primarias e incluyen gráficos, análisis, resúmenes y conclusiones realizadas por terceros y respaldada con el uso de la información obtenida de las fuentes primarias. Las fuentes de información secundarias utilizadas en el proyecto son: estudios de caso, libros, guías, manuales, artículos y publicaciones académicas, informes, documentos internos de la empresa entre otros.

## 2.5 Técnicas e instrumentos de recolección

Las técnicas de investigación se refieren a los métodos y procedimientos empleados para adquirir información relevante que contribuya al desarrollo del tema en estudio. Estas técnicas son fundamentales para la recopilación, organización y análisis de los datos obtenidos. La elección de las técnicas de investigación está

determinada por la estructura metodológica del proyecto en curso, y entre las más comunes se incluyen entrevistas, cuestionarios, observación y análisis de contenido.

Por otro lado, los instrumentos de recolección se representan como las herramientas específicas que se utilizan para obtener y registrar datos de los participantes. En esencia, constituyen los medios concretos a través de los cuales se recopila la información. A continuación, se procede a definir los instrumentos de recolección empleados en el proyecto.

## **2.5.1. Revisión de documentos**

La revisión de documentos fue una técnica muy utilizada a lo largo del proyecto, se revisó tanto documentación interna de la empresa TEC HOGAR, como documentos con información sobre Lean Construction y Last Planner.

### **2.5.1.1 Documentación interna de la empresa**

Se realizó una revisión de la documentación interna de la empresa TEC HOGAR, esta investigación incluye planos, cronogramas, presupuestos y ofertas relacionadas con los proyectos de construcción modular y sostenible aplicada en proyectos de la empresa. Esto se realizó con el objetivo de identificar causas de retrasos que requieren una atención especial para poder disminuirlos o eliminarlos.

### **2.5.1.2 Revisión bibliográfica**

Se realizó una investigación en libros y artículos relacionados con la filosofía Lean Construction y la herramienta Last Planner, así como su gestión, aplicación y desarrollo en proyectos constructivos. Esta búsqueda se orientó a comprender y aplicar de manera óptima Lean y Last Planner en los procesos constructivos de TEC HOGAR. Además, se examinaron informes de casos de estudio de empresas que habían implementado con éxito la filosofía Lean y la herramienta Last Planner.

Por último, se utilizó como guía algunos proyectos de grado tanto de universidades locales como internacionales, con información sobre temas similares de aplicación Lean con resultados, recomendaciones y conclusiones de dicha aplicación, en distintas empresas.

## 2.5.2 Aplicación de cuestionarios

Según Meneses (2008), el cuestionario es una herramienta que permite plantear un conjunto de preguntas para recoger información estructurada de un tema específico sobre una muestra de personas. Esta herramienta fue utilizada para recolectar información importante sobre los procesos constructivos de la empresa, fue aplicada de forma digital a los profesionales de oficina. Las preguntas formuladas, la estructura del cuestionario y las respuestas obtenidas se pueden consultar en el **Apéndice A**

## 2.5.3 Aplicación de entrevistas

Una entrevista es una técnica que implica la recolección de información a través de una comunicación directa entre el entrevistador y el entrevistado. Durante este proceso, el entrevistado responde a preguntas que han sido previamente elaboradas por el entrevistador con base en las áreas temáticas que se desean explorar y discutir (Bernal, 2010).

Las entrevistas fueron utilizadas en la parte de análisis de procesos constructivos de la empresa, con el fin de entender más sobre los procesos y prácticas que son desarrollados en campo por la empresa en cada proyecto constructivo. En el **Apéndice B**, se pueden consultar las preguntas aplicadas en la entrevista, así como las respuestas obtenidas por parte de cada constructor.

## 2.5.4 Observación directa

La observación directa es un método de recopilación de datos que consiste en la observación de algún tema de estudio. Este proceso se lleva a cabo sin interferir o modificar el entorno en el que el objeto se encuentra. En caso contrario, los datos resultantes no serían válidos.

Durante la ejecución de la presente investigación fue posible participar en las visitas a campo de los proyectos constructivos en ejecución de la empresa, logrando, de esta forma, observar los métodos de trabajo en campo de los constructores, formas de aclarar dudas, gestión de los tiempo y recursos en las construcciones en campo, tomar fotografías y anotaciones importantes sobre la forma de trabajar en campo de los trabajadores. Estas observaciones se realizaron sin tener una intervención directa, lo cual mostró la forma natural de desarrollo de los proyectos.

Para sacarle el mayor provecho a este instrumento de recolección se siguió una guía de elementos clave para la recopilación de información relevante y de interés para el desarrollo de la investigación. Dicha guía se presenta en el **Apéndice C**, junto con sus respectivas anotaciones realizadas en cada visita.

## **2.6 Análisis y manejo de la información**

Una vez recopilada la información mediante las técnicas de investigación y las fuentes anteriormente mencionadas, el siguiente paso es realizar un análisis de información y manejo adecuado de los datos obtenidos.

El análisis y manejo de la información es un proceso que permite tomar los datos obtenidos de una investigación y utilizarlos de la mejor manera para tomar decisiones respaldadas con dicha información. Esta sección tiene como objetivo explicar el procesamiento de la información y su análisis, así como las técnicas empleadas obtener los productos de cada objetivo. Esta sección muestra la forma en que se procesó la información y cómo se analizó, con el fin de extraer conclusiones sólidas y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informadas en el desarrollo del proyecto.

### **2.6.1 Presentación de los resultados**

La presentación de resultados se refiere al proceso de comunicar los hallazgos y conclusiones obtenidos a partir de la recopilación y análisis de datos. En esta sección, se describe la forma en que se van a presentar los resultados de los instrumentos planteados.

A continuación, se muestra el cuadro 4 con los instrumentos de recolección y con posibles métodos de presentar los resultados, es importante recalcar que es solo una recomendación de la forma de presentar dichos resultados, pueden surgir mejores herramientas y formas más claras de presentar dichos resultados en el momento que ya se tengan registrados.

**Cuadro 4.** Instrumentos de recolección y métodos de presentación resultados.

Instrumento	Presentación de resultados
Revisión de documentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas y gráficos que muestren la información relevante sobre aspectos investigados (presupuestos, cronogramas y otros) de los proyectos constructivos de la empresa TEC HOGAR.</li> </ul>
Aplicación de cuestionarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas que confinan cada respuesta obtenida para las preguntas del cuestionario aplicado.</li> <li>• Gráficos sobre las actividades constructivas más costosas y que consumen más tiempo según la opinión de los profesionales. Gráficos o tablas que indiquen las principales dificultades y desafíos experimentados anteriormente según los profesionales que respondieron.</li> </ul>
Aplicación de entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción textual del proceso seguido por la empresa durante la planificación, ejecución y entrega de los proyectos constructivos.</li> <li>• Tablas con las respuestas clave proporcionadas por los maestros de obra.</li> <li>• Gráficos que ilustren las actividades constructivas mencionadas por los maestros de obra como más costosas y que consumen más tiempo. Figuras que muestra los retrasos más frecuentes y sus causas según la perspectiva de los maestros de obra.</li> </ul>
Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías que evidencien el trabajo de los equipos y uso de herramientas. Descripción de los hallazgos clave de la observación directa.</li> </ul>

## 2.6.2 Descripción del proceso de análisis

Esta sección se refiere a la explicación detallada y sistemática de cómo se llevó a cabo la evaluación y el estudio de los datos recopilados en una investigación. Este proceso implica una serie de pasos y técnicas que se utilizan para examinar, organizar e interpretar la información obtenida. A continuación, se muestran las técnicas de recolección de información mencionadas anteriormente y una descripción de la forma en que se realizará el proceso de análisis de dichas técnicas.

1. **Revisión de documentos:** La revisión de documentos implica un proceso de evaluación y análisis de la documentación relevante, en este punto se incluyen tanto documentos internos de la empresa como fuentes bibliográficas externas. Este proceso se inicia con la recopilación de documentos como planos, cronogramas, presupuestos, informes de proyectos anteriores; así como libros, artículos o informes relacionados con Lean Construction y Last Planner System. Luego, se procede a examinar y analizar cuidadosamente cada documento en busca de información relevante, como causas de retrasos, prácticas actuales, mejores prácticas, ejemplos de aplicación exitosa de las herramientas y otros aspectos que se consideren importantes durante la búsqueda de información. Dicha información recopilada se organiza y clasifica en la sección de resultados para su posterior análisis y se utiliza con el fin de identificar tendencias y áreas de mejora en los proyectos constructivos de la empresa.
  
2. **Aplicación de cuestionarios:** La aplicación de cuestionarios conlleva a la creación y distribución de un conjunto de preguntas estructuradas a miembros de la empresa con el propósito de identificar tareas con retrasos significativos en tiempo y costos. Este proceso comienza con la elaboración de los cuestionarios, en este caso se utilizó la herramienta de Google Forms para facilitar la aplicación de cada cuestionario y el almacenamiento de información. Los formularios deben contener preguntas específicas relacionadas con las actividades de construcción, los tiempos estimados, los costos asociados y los obstáculos comunes que más enfrenta la empresa durante la etapa de construcción. Una vez que se recopilen las respuestas de los encuestados, se procede a realizar un análisis cualitativo de los datos obtenidos. Esto incluye la identificación de las actividades más problemáticas. Se usaron gráficos para visualizar los resultados y resaltar las áreas críticas que requieren atención.
  
3. **Aplicación de entrevistas:** La aplicación de entrevistas requiere de la realización de conversaciones estructuradas tanto con miembros de la empresa que trabajan en campo como con aquellos que desempeñan funciones en oficina. El objetivo de estas entrevistas fue obtener una comprensión detallada de los procesos y prácticas involucrados en la ejecución de proyectos constructivos, desde el inicio hasta la conclusión. Durante las entrevistas, se formularon preguntas específicas relacionadas con los procedimientos de trabajo, los desafíos comunes, las estrategias utilizadas y las experiencias de los entrevistados en sus respectivas áreas de trabajo.

Para los miembros de campo, las preguntas se centraron en las actividades y tareas que implican un costo elevado y retrasos importantes en el sitio de construcción, así como en las dificultades que enfrentan durante la ejecución de los proyectos. Para los miembros de oficina, las preguntas se dirigieron hacia la planificación, coordinación y gestión de proyectos desde una perspectiva más general.

Las respuestas de las entrevistas se documentaron y transcribieron para su posterior análisis. El proceso de análisis de entrevistas incluyó la identificación de temas recurrentes y problemas clave mencionados por los entrevistados en ambas áreas. Esta información se utilizó para obtener una comprensión más profunda de los procesos y prácticas en campo y en la oficina, así como para identificar áreas de mejora y posibles oportunidades para la implementación de Lean Construction y Last Planner System en los aspectos de la gestión de proyectos.

4. **Observación directa:** La observación directa implica presenciar y registrar las actividades y el trabajo que realizan los constructores en el campo durante la ejecución de proyectos. Durante la observación, se recopilaron datos sobre las actividades, uso de equipos, control de calidad y comunicación entre equipos. Los datos recopilados se documentan de manera sistemática, a través de notas y fotografías. Posteriormente, se procede a analizar los datos de observación para identificar patrones de trabajo, posibles ineficiencias y oportunidades para la implementación de Lean Construction y Last Planner System en el campo.

# Capítulo 3: Resultados y análisis

A continuación, se muestran los resultados obtenidos durante el proceso de desarrollo de los objetivos propuestos para implementar la filosofía Lean y la herramienta Last Planner System durante la práctica profesional realizada en la constructora TEC HOGAR.

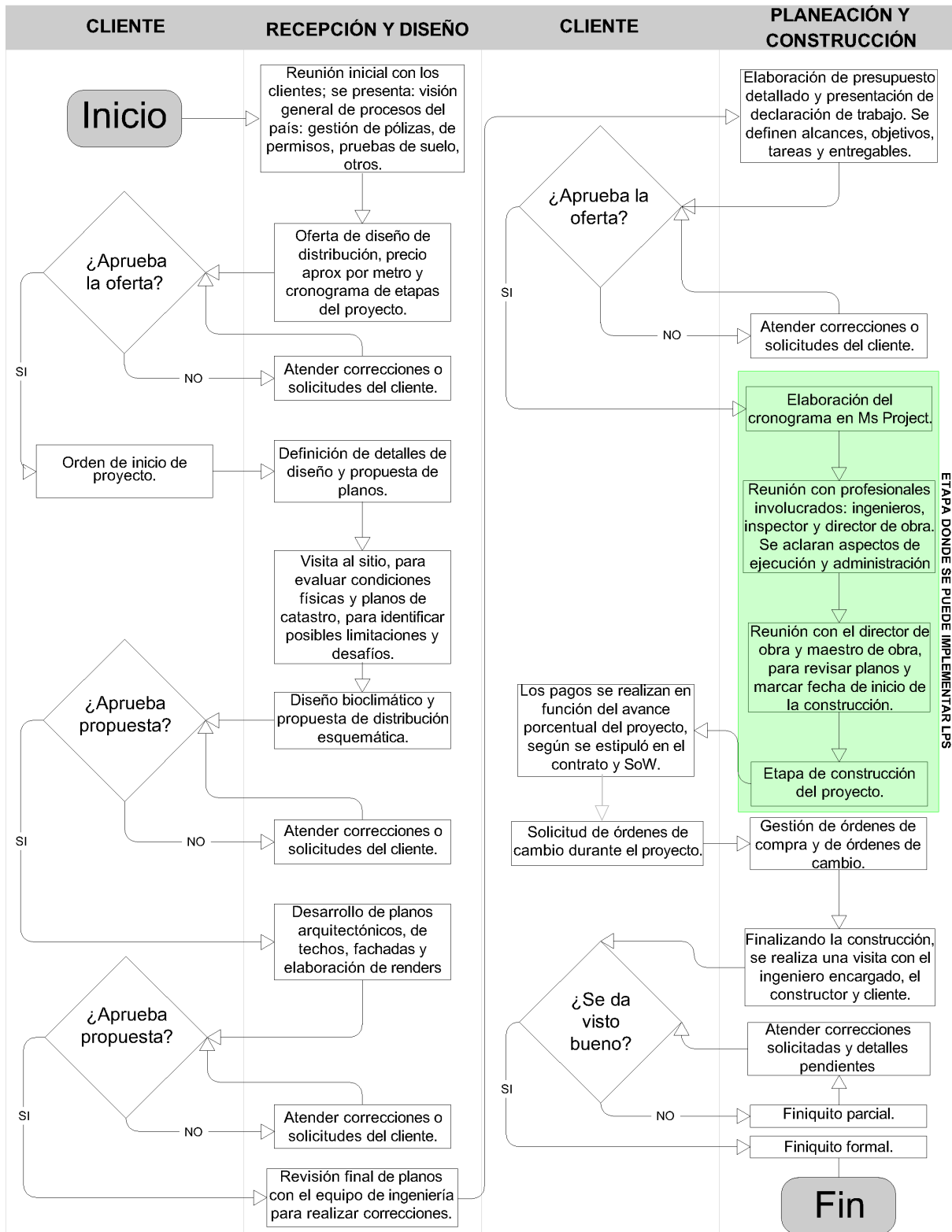
## 3.1 Procesos constructivos de TEC HOGAR

### 3.1.1 Resultados

De la revisión de documentos y aplicación de entrevistas a los miembros de la empresa para la identificación de procesos y prácticas constructivas, se obtuvo que se sigue una línea sistemática ya establecida durante el desarrollo de sus proyectos. Estas entrevistas se realizaron directamente con los profesionales de la empresa a cargo de dirigir a cada equipo en las diferentes etapas de un proyecto (atención al cliente, diseño y construcción), la evidencia de estas entrevistas se puede observar en el **Apéndice D**.

Es fundamental comprender el flujo de trabajo de la empresa desde la perspectiva de los trabajadores para identificar los procesos y etapas donde se puede implementar el Last Planner System y además identificar las buenas prácticas que pueden respaldar la implementación de esta herramienta. A continuación, se presenta un diagrama de flujo en la figura 15, con el fin de facilitar al lector el entendimiento sobre el proceso que lleva a cabo la empresa durante el desarrollo de cada proyecto.

Figura 15. Diagrama de flujo del proceso de gestión de proyectos constructivos de TEC HOGAR.



Como se puede ver en la **Figura 15**, el proceso de desarrollo de proyectos de la empresa comienza con la interacción inicial con los clientes, que puede tener lugar a través de medios electrónicos o reuniones personales. Los clientes llegan a la empresa a menudo por recomendación, a través de la plataforma en línea de la empresa, o por redes sociales. Durante esta fase inicial, se presenta a los clientes una visión general de los procedimientos estándar en el país, incluyendo aspectos como la gestión de pólizas y permisos, así como la realización de pruebas de suelo y otros factores importantes para iniciar un proyecto constructivo. Además, se elabora una oferta detallada que incluye una propuesta de diseño de distribución, una estimación de costos por metro cuadrado y un cronograma de las etapas del proyecto, entre otros elementos importantes. Los clientes también reciben una lista de documentos necesarios y requisitos municipales, junto con un presupuesto que abarca los costos relacionados con la documentación y otros entregables esenciales. Por último, se acuerdan los términos de pago, que están relacionados con el avance del proyecto y se procede a la aceptación formal del contrato por parte de los clientes.

Después de esta fase inicial, el proyecto se traslada al departamento de diseño y planificación, donde se realiza una reunión adicional para definir los detalles del diseño, incluyendo la propuesta de planos y la creación de renders. Una vez que se ha obtenido la aprobación de la oferta de servicios mencionada anteriormente, se lleva a cabo una visita al sitio para evaluar las condiciones físicas del lugar y revisar el plano de catastro con el objetivo de identificar limitaciones y posibles desafíos. Además, se solicita el permiso de uso de suelo y se toman fotografías del sitio, lo que contribuye a la elaboración de un informe de visita que incluye detalles sobre la propiedad y un estudio bioclimático. Esto permite ofrecer a los clientes orientaciones sobre el diseño bioclimático y una propuesta de distribución esquemática. Si los clientes están satisfechos con la propuesta y desean continuar, se procede a la creación de modelos y renders, y se abordan las modificaciones propuestas por los clientes antes de la aprobación final.

Siguiendo con el proceso, se entra en la fase de desarrollo de planos arquitectónicos, incluyendo planos de techos, fachadas y otros documentos necesarios. Estos planos se someten a un proceso de revisión por parte del departamento de ingeniería, donde se verifican detalles, se corrigen errores de diseño y se garantiza que la información esté organizada de manera adecuada.

Una vez que los planos llegan al departamento de ingeniería, se da inicio al proceso de presupuestación en respuesta a las solicitudes del cliente. Se dedica el tiempo necesario para elaborar un presupuesto detallado y confiable. Luego, se entrega al cliente un documento denominado "Statement of Work" (SoW), que se traduce al español como "Declaración de Trabajo". Esta declaración es un componente fundamental de un contrato o acuerdo, pues define en detalle los alcances, objetivos, tareas y entregables específicos que deben llevarse a cabo en un proyecto de construcción. Una vez que el SoW es aprobado, se inicia la fase de contratación y se elabora el cronograma con la ayuda del software Ms Project. Esta etapa es

donde se plantea comenzar con la implementación del Last Planner System. Actualmente, la empresa programa una reunión con profesionales, como el ingeniero estructural, el ingeniero electromecánico, el inspector de obra, el director de obra y otros profesionales involucrados según la complejidad del proyecto. En esta reunión se abordan aspectos relacionados con la ejecución, administración, comunicación con el cliente, órdenes de cambio, órdenes de compra y otros aspectos administrativos esenciales. Posteriormente, se lleva a cabo una segunda parte de la reunión con el director de obra y los maestros de obra. En esta fase, se revisa el juego de planos físicos del proyecto y se establece la fecha de inicio de la construcción, marcando oficialmente el inicio del proceso constructivo.

El cobro a los clientes se efectúa en función del avance porcentual del proyecto, según lo estipulado en el SoW y/o en el contrato de construcción. Por esta razón, se realiza un seguimiento semanal del avance por parte del director de obra, quien realiza una o dos visitas a los proyectos cada semana. La información recopilada en estas visitas se utiliza para actualizar el cronograma elaborado en Ms Project, lo cual permite conocer el avance teórico y real de cada proyecto. Esta información no solo sirve para llevar un control del avance de cada proyecto, sino que también se comparte con los clientes para mantenerlos informados sobre el progreso de su proyecto. En esta etapa, dos de las gestiones más importantes son la elaboración de órdenes de compra y la gestión de órdenes de cambio. Las órdenes de compra se generan a partir de las solicitudes semanales de materiales por parte de los constructores. La lista se envía al departamento de ejecución e ingeniería para obtener cotizaciones de los proveedores y generar las órdenes de compra correspondientes. Todo el proceso de gestión de órdenes de compra se lleva a cabo en el software Contractor Foreman, una herramienta de gestión de la construcción con la que utiliza la empresa y que agiliza de manera eficiente la gestión de proyectos.

Por otro lado, las órdenes de cambio suelen ser gestionadas directamente por el cliente. Cuando se reciben órdenes de cambio, se remiten al personal de oficina para que calcule el costo correspondiente. Luego, se espera la aprobación del cliente para proceder. De manera similar a las órdenes de compra, la gestión de órdenes de cambio se lleva a cabo utilizando el software Contractor Foreman.

Finalmente, como se observa en el diagrama de la **Figura 15**, cuando la construcción está a punto de concluir, se realiza una visita final junto con el constructor y el cliente. El propósito es otorgar el visto bueno al proyecto o revisar cualquier detalle pendiente. En caso de existir detalles por corregir, se realiza un finiquito parcial y, posteriormente, se efectúa un finiquito formal que da por cerrado el contrato de construcción. Las garantías se ofrecen siguiendo las recomendaciones de la cámara de construcción y se estipulan en el contrato inicial.

## 3.1.2 Análisis

En esta sección se logró entender el flujo de los proyectos la empresa TEC HOGAR, la ruta que sigue cada proyecto y la manera en que se involucra cada departamento y cada profesional que trabaja en cada departamento, se identificaron buenas prácticas como lo son el trato continuo con el cliente, estableciendo una interacción inicial sólida, brindándoles una visión general de los procedimientos constructivos y ofreciendo información detallada sobre precios, cronogramas y requisitos, lo cual le facilita al cliente desde un inicio la toma de decisiones durante el proceso constructivo. Las visitas a campo realizadas por el equipo de diseño permiten evaluar las condiciones del terreno y asegurar una buena planificación del estudio bioclimático, obteniendo como resultado que se tomen en cuenta aspectos clave antes de iniciar con un nuevo proyecto.

Una vez realizado el trabajo del departamento de diseño, el proyecto se traslada al departamento de planeación y construcción, donde se identifican las actividades clave donde se plantea realizar la aplicación de Last Planner System (LPS) para mejorar la eficiencia y efectividad del equipo de construcción durante la etapa constructiva. Estas actividades se destacan en la **Figura 15** y son: elaboración del cronograma, reunión con los profesionales involucrados, reunión con director y maestro de obra y la etapa de construcción del proyecto. Son prácticas muy valiosas que posee la empresa y que forman parte de la línea sistemática de cada proyecto, estas actividades también representan un intervalo potencial para la aplicación y máximo provecho de la herramienta LPS.

Un aspecto importante del flujo de los proyectos y que destaca para la aplicación de LPS, es el uso de softwares de planificación y gestión de proyectos como lo son Ms Project y Contractor Foreman. El uso de Ms Project sirve de ayuda para la planificación a Largo Plazo del LPS, pues permite crear cronogramas detallados que descomponen el proyecto en distintas tareas y actividades específicas, lo que es fundamental en esta etapa de planificación de LPS, se puede decir que es una herramienta que apoya el inicio de la gestión Last Planner y que puede servir de ayuda a lo largo de su aplicación durante los proyectos (durante la etapa de Planificación por Fases y posteriormente, para Look Ahead de la Planificación Intermedia). El uso de Contractor Foreman, el cual es un software de gestión de la construcción que permite a los contratistas administrar todos los aspectos de sus proyectos, es de gran utilidad e importancia para la gestión de las órdenes de cambio, órdenes de compra, gestión de avance del proyecto y respaldo de información importante como contratos, submittals, órdenes de trabajo y cualquier tipo de información que se considere importante de cada proyecto constructivo. El uso de estos dos softwares favorece a la aplicación de LPS al proporcionar una base sólida para la coordinación y ejecución eficiente de las fases constructivas del proyecto.

## 3.2 Estudio de proyectos de TEC HOGAR

### 3.2.1 Resultados

Para efectos de la presente investigación, se estudiaron seis proyectos de vivienda con las características de diseño bioclimático y de arquitectura modular, la empresa le brinda un nombre a cada proyecto para un manejo más sencillo de datos durante el proceso constructivo; de igual forma, se llamará a cada proyecto del mismo nombre que lo hizo la empresa en los resultados presentados para facilitar la lectura y entendimiento de los datos. Los proyectos estudiados junto con sus características principales fueron:

**Cuadro 5.** Proyectos utilizados en la identificación de tareas críticas y comparación de precios.

Proyecto	Sistema constructivo	Área (m <sup>2</sup> )	Costo por metro (€/m <sup>2</sup> )	Estado
Ayllu Waika	Prefabricado (baldosa columna)	64.75	223 484.83	Concluido
Ara Macao	Mampostería confinada	178.61	688 926.56	En ejecución
Avital	Prefablock	85.00	350 026.97	Concluido
Casa Madera	Mampostería confinada	246.00	365 000.00	Concluido
Fawcett	Mampostería confinada	226.42	607 107.42	En ejecución
Casa Vaquita	Mampostería confinada	195.78	410 163.96	En ejecución

A partir del análisis de los cronogramas, se procedió a la identificar de las actividades críticas (actividades que no se pueden retrasar sin afectar la fecha de entrega final del proyecto) que más se repetían en cada proyecto. Para lograr esto, se extrajo un informe de las actividades de la ruta crítica de cada proyecto en estudio a partir de los archivos de Ms Project, estas actividades de ruta crítica con su respectivo diagrama de Gantt se pueden consultar en el **Anexo A**. Se seleccionaron alrededor de 10 actividades críticas con el propósito de reducir la cantidad de tareas a describir. En algunos proyectos, se llegaron a registrar hasta 50 actividades en la ruta crítica debido a su complejidad y duración. Estas 10 actividades representan entre un 18% y un 46% del total de actividades en la ruta crítica de cada proyecto estudiado.

Además, se llevó a cabo una investigación detallada de los presupuestos de cada proyecto, con el objetivo de identificar los costos asociados a tareas específicas que la empresa considera al elaborar los presupuestos para sus clientes, los presupuestos extraídos de cada proyecto se pueden consultar en el anexo B. Las actividades críticas y un resumen del desglose de precios de cada proyecto se presentan en los siguientes cuadros.

**Cuadro 6.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Ayllu Waika.

Proyecto: Ayllu Waika	
Tarea de ruta crítica	Duración
Excavación de cimentaciones	7 días
Colado de concreto de cimientos	2 días
Colocación de baldosas	2 días
Ensamble de solera en paredes	2 días
Colocación de estructura metálica	2,5 días
Colocación de clavadores metálicos	2 días
Colocación de cubierta metálica y hojalatería	2,5 días
Relleno de juntas de columna y baldosa con chapisco	2,5 días
Colocación de cinta de malla en juntas entre baldosas	2 días
Repello de baldosas	2 días
Repello de columnas	5 días
Solicitud de fabricación de puertas	4 días
Instalación de puertas	7 días

**Figura 16.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Ayllu Waika.



**Cuadro 7.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Ara Macao.

<b>Proyecto: Ara Macao</b>	
<b>Actividades de ruta crítica con más días de ejecución.</b>	<b>Duración</b>
Excavación del espacio de la placa	13 días
Armado de refuerzo vertical	13 días
Levantamiento de pared subterránea (bloque, acero y relleno)	6 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero)	16 días
Confección del acero de las vigas	7 días
Repello de las paredes	15 días
Instalación de gypsum	10 días
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	15 días
Pintura de paredes	9 días
Periodo de correcciones	15 días

**Figura 17.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Ara Macao.



**Cuadro 8.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Avital.

Proyecto: Avital	
Actividades de ruta crítica con más días de ejecución.	Duración
Movimiento de tierra	5 días
Trazado y medición	5 días
colocación de bloques	21 días
Repello interior	9 días
colocación de estructura	8 días
Soldadura de estructura	5 días
fijación de techo	7 días
Ubicación de columnas de concreto	6 días
compactación de lastre	5 días

**Figura 18.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Avital.



**Cuadro 9.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Casa madera.

<b>Proyecto: Casa Madera</b>	
<b>Actividades de ruta crítica con más días de ejecución.</b>	<b>Duración</b>
Elaboración de armadura I. Flotante	14 días
Construcción muro de contención (bloques, acero y concreto)	28 días
Pared de bloques de concreto con acero de refuerzo	11 días
Colocación de lámina de techo termoacústico	19 días
Repello de paredes	12 días
Instalación de cielo raso	12 días
Lijado, sellado y barnizado	9 días
Pega de piso de madera	16 días
Tiempo de corrección	17 días

En el caso del presupuesto de casa madera, solo se logró obtener el presupuesto global de la base de datos de la empresa, de igual forma, se presenta a continuación.

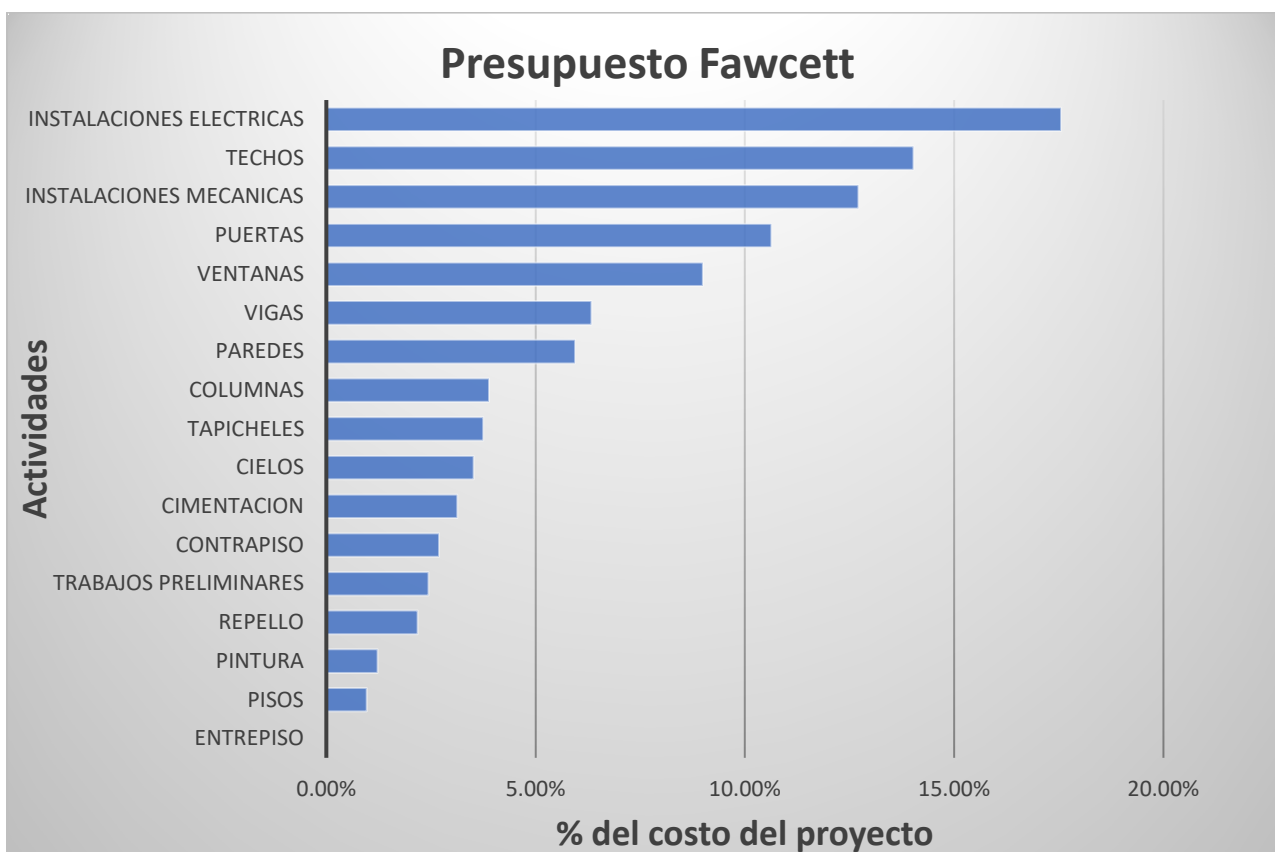
**Figura 19.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Casa Madera.



**Cuadro 10.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Fawcett.

<b>Proyecto: Fawcett</b>	
<b>Actividades de ruta crítica con más días de ejecución.</b>	<b>Duración</b>
Excavación del espacio de la placa	13 días
Armado de refuerzo vertical	13 días
Levantamiento de pared subterránea (bloque, acero y relleno)	6 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero, relleno)	16 días
Confección del acero de las vigas	7 días
Repello de las paredes	15 días
Instalación de gypsum	10 días
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	15 días
Pintura de paredes	9 días
Periodo de correcciones	15 días

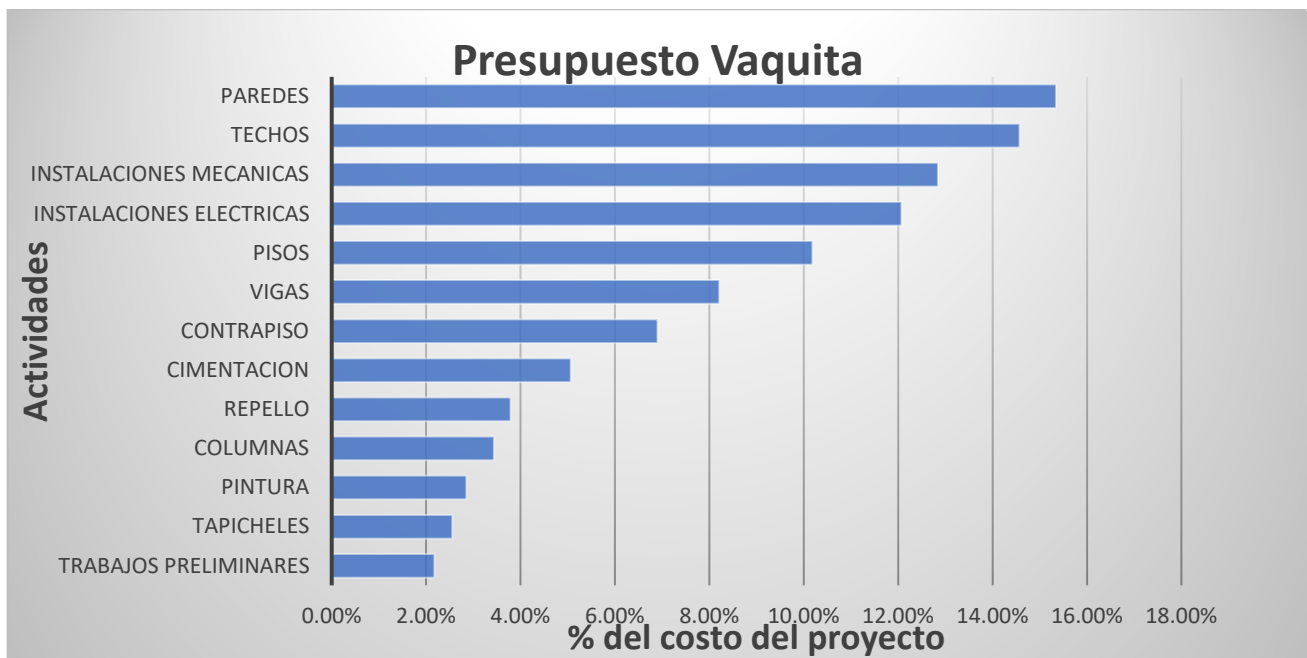
**Figura 20.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Fawcett.



**Cuadro 11.** Principales tareas de ruta crítica del proyecto Vaquita.

<b>Proyecto: Casa Vaquita</b>	
<b>Actividades de ruta crítica con más días de ejecución.</b>	<b>Duración</b>
Excavación del espacio de la placa	9 días
Armado de refuerzo vertical	10 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero y relleno)	15 días
Confección del acero de las vigas	8 días
Colocación de estructura emplastillado	4,5 días
Instalación de reglas en madera cielo	9 días
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	15 días
Pintura de paredes	9 días
Periodo de correcciones	15 días

**Figura 21.** Desglose de presupuesto por actividad del proyecto Vaquita.



Cada proyecto cuenta con distintas actividades según lo ameriten; sin embargo, se lograron identificar las actividades que se repiten sin importar el tamaño del proyecto, precio por metro o sistema constructivo utilizado, lo que sugiere que son actividades que siempre forman parte de la ruta crítica de un proyecto, por lo que requieren atención especial durante la ejecución y planificación de proyectos. Las actividades que más se repiten son las siguientes:

**Cuadro 12.** Actividades de ruta crítica que se repiten con mayor frecuencia en los cronogramas estudiados.

<b>Actividades de ruta crítica que más se repiten en los proyectos</b>
Excavación de terreno para cimentación
Armado de refuerzo de acero para cimientos, muros, columnas y vigas
Levantamiento de pared (independientemente del sistema utilizado)
Acabados de paredes
Acabados de pisos
Periodo de correcciones

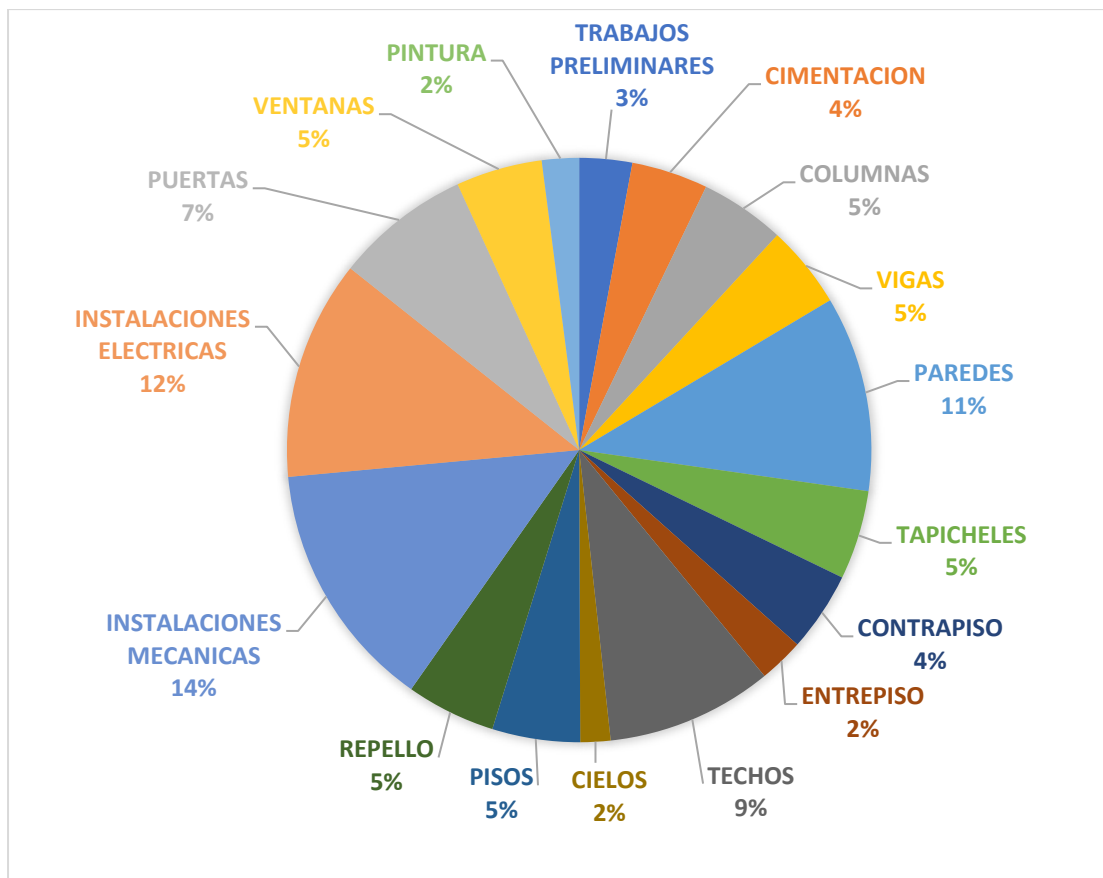
De los desgloses de presupuestos se realizó una tabla con un resumen de los precios de cada actividad por proyecto, con el fin de identificar en qué actividades se centra la mayor parte del presupuesto general y poder realizar el análisis correspondiente.

**Tabla 1.** Resumen de costos por actividad para cada proyecto en análisis.

<b>Actividad</b>	<b>Ayllu Wayka</b>	<b>Ara Macao</b>	<b>Avital</b>	<b>Fawcett</b>	<b>Vaquita</b>
T. preliminares	2.9%	3.9%	3.1%	2.4%	2.2%
Cimentación	5.0%	6.2%	1.7%	3.1%	5.1%
Columnas	7.1%	4.4%	4.7%	3.9%	3.4%
Vigas	2.0%	2.8%	3.6%	6.3%	8.2%
Paredes	14.2%	7.9%	10.7%	5.9%	15.3%
Tapicheles	7.1%	0.8%	10.4%	3.7%	2.6%
Contrapiso	8.6%	3.9%	0.0%	2.7%	6.9%
Entrepiso	0.0%	0.0%	12.4%	0.0%	0.0%
Techos	3.2%	8.2%	6.0%	14.0%	14.6%
Cielos	0.0%	4.8%	0.0%	3.5%	0.0%
Pisos	0.0%	8.2%	4.9%	1.0%	10.2%
Repello	2.9%	1.7%	14.1%	2.2%	3.8%
Inst. mecánicas	16.1%	12.6%	14.6%	12.7%	12.8%
Inst. eléctricas	16.4%	12.1%	2.6%	17.6%	12.1%
Puertas	6.4%	12.1%	8.3%	10.6%	0.0%
Ventanas	5.6%	6.5%	2.7%	9.0%	0.0%
Pintura	2.6%	3.6%	0.0%	1.2%	2.9%
<b>Total</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>

Partiendo de los datos resumidos en la tabla 1, se realizó el cálculo del porcentaje promedio que cada actividad representa en los presupuestos constructivos, de modo que fuera posible obtener el gráfico pastel que se observa en la figura 22.

**Figura 22.** Gráfico de los porcentajes promedios de presupuesto por actividad de los proyectos en general.

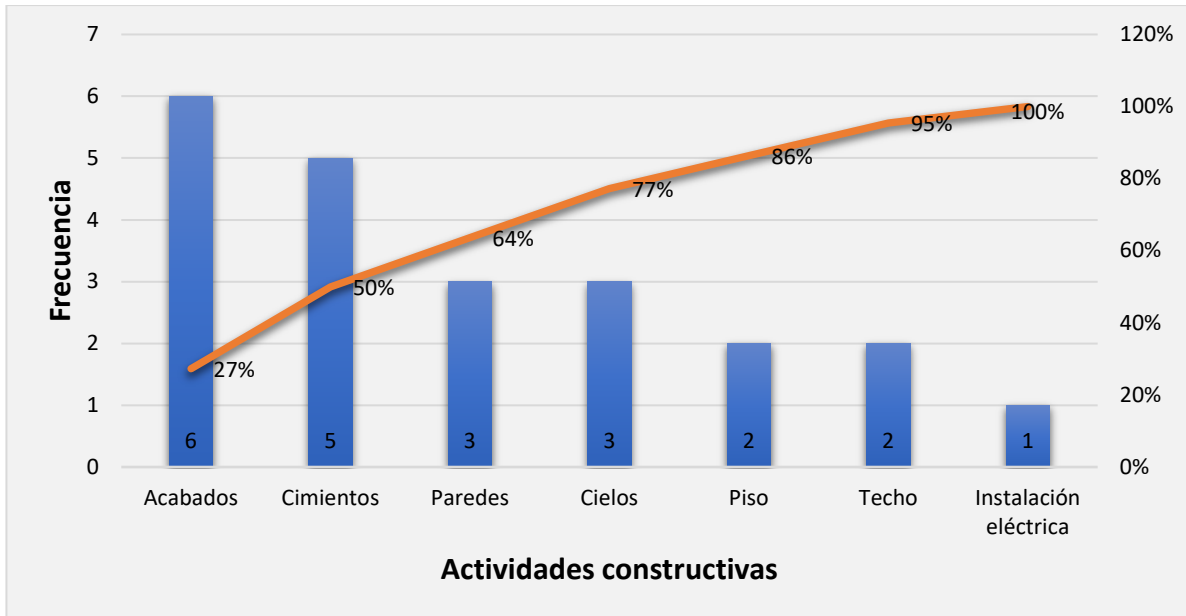


Con la ayuda de este gráfico se identifican las actividades que representan una mayor parte en los proyectos de TEC HOGAR, es importante recalcar que, en el caso de los 6 proyectos analizados, los accesorios mecánicos y eléctricos se incluyen en las actividades de instalaciones mecánicas e instalaciones eléctricas respectivamente, por lo que esos precios son generalmente muy elevados.

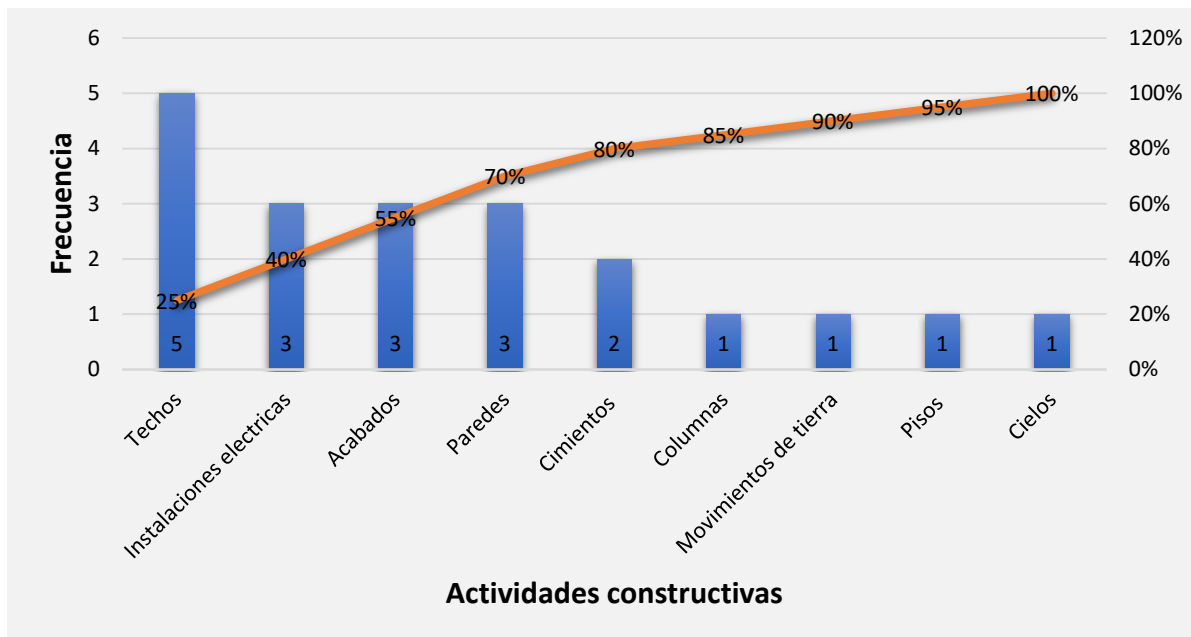
Además de la investigación de documentos internos para identificar tiempos y precios elevados, se realizó la aplicación de formularios online a miembros de la oficina y entrevistas personales a los maestros de obra, con el fin de identificar las tareas con más demora y las más costosas, posibles causas de retrasos y desafíos durante la etapa constructiva. Las respuestas de oficina y campo se unificaron en gráficos de

Pareto para tener un panorama más general, que involucre los resultados y opiniones de todo el equipo en general. Las respuestas se pueden consultar en los apéndices A y B como se mencionó anteriormente.

**Figura 23.** Diagrama de Pareto sobre opiniones de campo y oficina en cuanto a las que actividades requieren tiempos de ejecución más elevados durante la construcción.

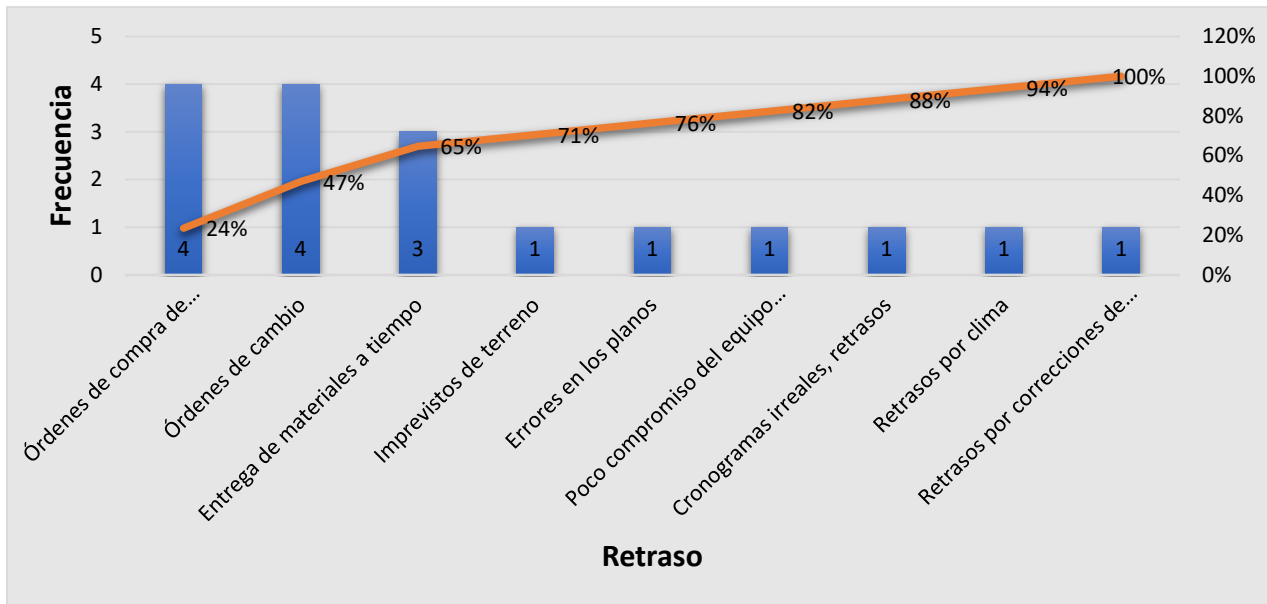


**Figura 24.** Diagrama de Pareto sobre opiniones de campo y oficina en cuanto a cuáles actividades implican costos más elevados en la construcción.

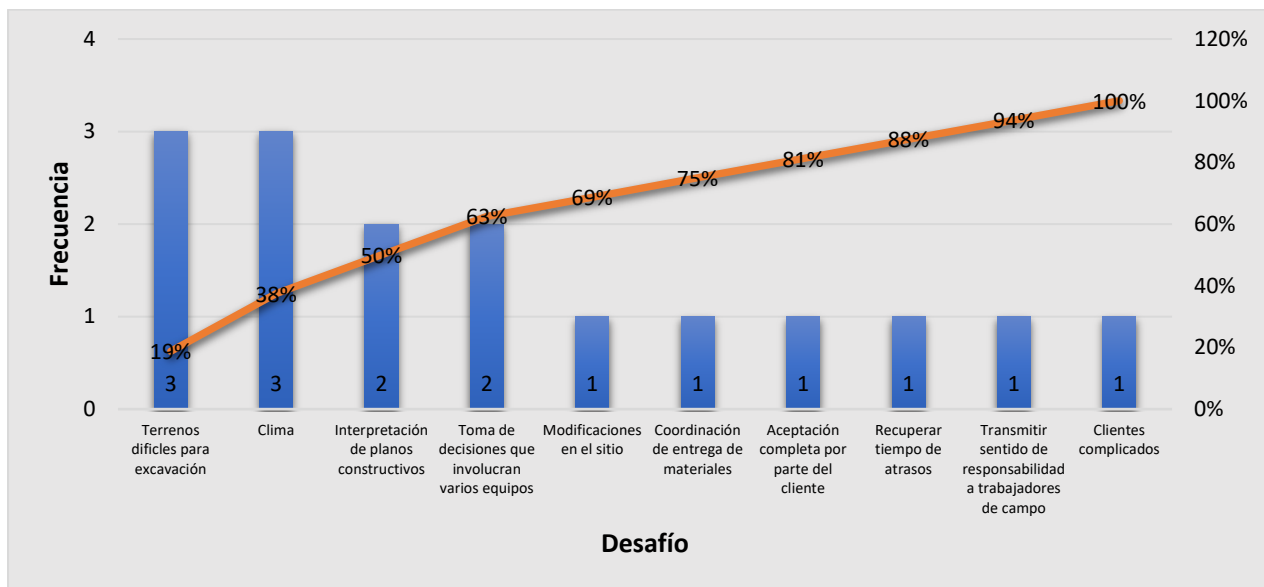


También se logró identificar con la ayuda de estas entrevistas y formularios (apéndices A y B), los principales retrasos y desafíos que enfrentan los miembros de la empresa durante la etapa constructiva de los proyectos, las respuestas se unificaron y se recopilaron en los siguientes gráficos.

**Figura 25.** Diagrama de Pareto sobre opiniones de campo y oficina en cuanto a los principales retrasos que se enfrentan durante cada construcción.



**Figura 26.** Diagrama de Pareto sobre opiniones de campo y oficina en cuanto a los principales desafíos que enfrentan durante cada construcción.



En cuanto a las observaciones realizadas en campo (método de observación directa), se logró notar en la mayoría de las construcciones, una buena interacción y comunicación entre los equipos de trabajo en que se divide cada cuadrilla según la actividad en proceso, además de la interacción con el ingeniero encargado de la dirección de obra de cada proyecto. En la mayoría de las ocasiones, los trabajadores contaban con el equipo adecuado de protección personal; se evidenció una carga de trabajo equilibrada entre los mismos subgrupos que conforman cada cuadrilla; se evidenciaron buenas prácticas que aseguran la calidad de los procesos constructivos en los que se estaba trabajando. El único aspecto considerado como una mala práctica fue el uso de espacios para el control de residuos de construcción, los cuales estaban dispersos por zonas de trabajo, lo que podría ocasionar accidentes y demoras en las actividades producto de la falta de orden en las diferentes áreas de trabajo. Las anotaciones realizadas en cada visita se encuentran en el **Apéndice C**.

### 3.2.2 Análisis

Partiendo de los datos obtenidos en este capítulo, se logró obtener información de suma importancia como las actividades de ruta crítica que más se repiten en proyectos modulares, las tareas constructivas que consumen mayor porcentaje del presupuesto, retrasos y desafíos que han enfrentado tanto el equipo de oficina como los constructores en campo. Conocer estos datos puede ayudar a realizar una mejor planificación de cronograma, a centrarse en las actividades con alto costo y tratar de mitigar los principales retrasos mencionados. Todo esto puede maximizar la aplicación exitosa de la herramienta Last Planner System.

En el **Cuadro 12**, se muestra que las actividades de ruta crítica que se repiten con mayor frecuencia en los proyectos modulares estudiados son: excavación de terreno para cimientos, armado de refuerzo de todos los elementos de obra gris, levantamiento de paredes, acabado de paredes, acabado de pisos y periodo de correcciones. También en el gráfico de Pareto de la **Figura 23**, se muestran las opiniones de los trabajadores acerca de cuáles actividades requieren una mayor duración, se mencionan nuevamente las actividades de cimentaciones, paredes y acabados.

Resulta altamente probable que las actividades indicadas en el **Cuadro 12** y la **Figura 23** sigan siendo relevantes en futuros proyectos modulares de la empresa. Por lo tanto, es esencial enfocarse en esas actividades de construcción al elaborar la planificación a Largo Plazo de la herramienta LPS.

Si bien es fundamental que todas las actividades del cronograma, del Plan Maestro y de la Planificación por Fases sean programadas cuidadosamente, tener presentes estos resultados ayudará a

lograr una planificación más precisa con todo el equipo, enfocándose en las actividades mencionadas anteriormente. De esta manera, desde la etapa de planificación, es posible anticipar retrasos significativos y abordar desafíos que puedan surgir durante la construcción de las etapas mencionadas. Teniendo presente esta información, se puede generar una lista de restricciones más amplia, asignar una cuadrilla de trabajadores más grande para esas etapas, incorporar buffers e identificar posibles problemas que puedan afectar dichas actividades de ruta crítica. Todo esto contribuirá a una planificación más sólida y a la creación de un Plan Maestro y de una Planificación por Fases más confiables.

En el gráfico pastel de la **Figura 22**, se observa que las actividades que ocupan el mayor porcentaje del presupuesto son instalaciones electromecánicas, paredes, techos, acabados (si se suma repello y pintura) y puertas. En el gráfico de Pareto de la **Figura 24**, acerca de las opiniones de los trabajadores sobre las actividades que implican mayor gasto en los proyectos se mencionan con más frecuencia: techos, instalaciones eléctricas, acabados y paredes. Comparando ambos resultados se puede observar que la mayoría de las actividades identificadas en ambos métodos de investigación coinciden.

Conocer cuáles actividades implican un mayor costo en las construcciones, permite establecer una prioridad adecuada en la planificación y ejecución de esas tareas. También puede ayudar a generar estrategias de mitigación de riesgos para gestionar costos y mantener el proyecto dentro del presupuesto. Conocer las tareas más costosas y compartirlas con el equipo, puede fomentar la comunicación y la colaboración, haciendo que los interesados trabajen juntos para encontrar formas de optimizar costos y buscar soluciones eficientes en caso de que esas actividades se vean afectadas.

Una óptima gestión de cronogramas y presupuesto es fundamental para alcanzar la satisfacción del cliente, con la herramienta LPS, se puede aumentar la posibilidad de entregar proyectos respetando la duración del cronograma y que estén dentro del presupuesto acordado.

En el gráfico de Pareto de la **Figura 25**, se identifican los principales retrasos que afectan cada proyecto constructivo de la empresa, siendo las principales causas, los órdenes de compra, los órdenes de cambio y la entrega de materiales a tiempo, Last Planner en el contexto de la empresa, se aplicará para mejorar la gestión y manejo de tiempos de construcción en campo; sin embargo, estos retrasos identificados, tienen más relación con temas administrativos desde la oficina, por lo que tanto los trabajadores de oficina como constructores deben estar comprometidos a la búsqueda de mejora continua y a contribuir en la aplicación de LPS de forma exitosa. Debido a lo anterior, los profesionales de oficina deben buscar la forma de disminuir los principales retrasos identificados.

En la **Figura 26**, se observa un gráfico con los principales desafíos a los que se han enfrentado los distintos equipos durante la etapa constructiva de los proyectos, muchos de estos desafíos se dan debido a causas naturales o causas que están fuera de las manos de los trabajadores (como terrenos complicados, clima y clientes difíciles), también hay desafíos que si se les busca solución se pueden mitigar (interpretación de planos, entrega de materiales, toma de decisiones, entre otros); tener claros estos desafíos y buscar la forma de afrontarlos puede ayudar a la aplicación de LPS. Conocer los desafíos y retrasos que ha enfrentado el equipo de construcción en proyectos anteriores proporciona valiosas lecciones aprendidas. Estas lecciones pueden aplicarse en futuros proyectos para mejorar la planificación, reducir riesgos, optimizar recursos y promover una cultura de mejora continua. La aplicación exitosa del LPS se beneficia enormemente de esta experiencia pasada y la capacidad de aprender de los errores y desafíos previos.

## **3.3 Documentación sobre Last Planner System**

### **3.3.1 Resultados**

Numerosas empresas y profesionales han optado por la implementación del Last Planner System y cada uno de ellos ha experimentado resultados y conclusiones diversas en cuanto a la aplicación de esta herramienta. Aunque resulta complicado encontrar la aplicación de LPS en proyectos específicamente con características modulares y sostenibles, se puede identificar buenas prácticas y técnicas provenientes de los resultados obtenidos de otros autores en cualquier tipo de proyecto constructivo, además de que se pueden adaptar dichas práctica y técnicas a los proyectos de TEC HOGAR.

La herramienta LPS se basa en principios de gestión de proyectos, como la planificación colaborativa, la gestión de tiempos y la mejora continua, estos principios son aplicables a una amplia gama de proyectos, independientemente de su naturaleza específica. Por lo que la herramienta LPS se adapta a cualquier proyecto que busque mejorar la eficiencia y gestión de plazos, esto justifica que cualquier técnica o buena práctica que se extraiga de un proyecto constructivo puede ser aplicada a otro proyecto obteniendo resultados positivos.

En el siguiente cuadro, se presenta una lista de algunos proyectos que han adoptado el LPS, junto con una breve descripción y un resumen del análisis de sus resultados y conclusiones principales.

**Cuadro 13.** Descripción y análisis de proyectos donde se ha implementado la herramienta LPS.

Proyecto	Características del proyecto	Descripción y análisis
<p>Aplicación de Lean Construction a través de la herramienta Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.</p> <p><b>Implementado en:</b> Proyecto habitacional La Colina de Noche Buena.</p>	<p><b>Empresa:</b> Fuprovi.</p> <p><b>Autor:</b> Greivin Alpízar Ávalos.</p> <p><b>Localización:</b> Noche Buena de Turrialba, Cartago, Costa Rica.</p>	<p>El proyecto mencionado corresponde al informe final de graduación de Greivin Alpízar Ávalos, el autor aplicó la herramienta LPS como plan piloto en fase de construcción de un proyecto de la empresa FUPROVI.</p> <p>El autor menciona resultados importantes como que la aplicación de LPS mejoró la estandarización, la comunicación, la identificación de problemas y la cultura de mejora continua en la gestión de proyectos de construcción. Además, menciona algunas recomendaciones como que LPS debe aplicarse uniformemente en diversos modelos de construcción, que la capacitación de personal sobre la aplicación de LPS es muy importante y que su aplicación requiere de un compromiso continuo y una cultura de cambio en la organización.</p>
<p>Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos.</p> <p><b>Implementado en:</b> Proyecto Barranco 360°.</p>	<p><b>Empresa:</b> Edifica.</p> <p><b>Autor:</b> Abner Guzmán Tejada.</p> <p><b>Localización:</b> Barranco, Lima, Perú.</p>	<p>El proyecto corresponde a la tesis de ingeniería civil de Abner Guzmán Tejada, el autor aplicó la filosofía Lean y diferentes herramientas (incluida LPS) en el desarrollo de un proyecto constructivo de la empresa Edifica.</p> <p>Entre los principales resultados sobre la aplicación de LPS el autor menciona que se logró mitigar significativamente los efectos de la variabilidad en los plazos. Al aplicar todos los niveles de planificación y programación del LPS, se logró cumplir con el plazo establecido para la fase de construcción principal, superando el estándar de cumplimiento en proyectos de edificación en la capital. También se menciona la importancia de abordar de manera proactiva los problemas en sitio, además de identificar las causas de no cumplimiento (CNC) y aplicar acciones correctivas.</p>

Proyecto	Características del proyecto	Descripción y análisis
<p>Implementación de Last Planner System y Building Information Modeling en proyectos de construcción.</p> <p><b>Implementado en:</b> Proyecto Coworking NOI</p>	<p><b>Empresa:</b> A5 Arquitectura.</p> <p><b>Autor:</b> Tomás Vega Trujillo.</p> <p><b>Localización:</b> Barrio El Poblado, Medellín, Colombia.</p>	<p>El proyecto corresponde al trabajo de grado de maestría de Tomás Vega Trujillo, el autor aplicó la herramienta LPS y conceptos BIM en un proyecto de diseño, conceptualización y construcción de la empresa A5 Arquitectura.</p> <p>Entre los principales resultados sobre la aplicación de LPS destacan el desarrollo de modelos de gestión, planificación y control a lo largo de toda la cadena productiva del Departamento de Construcción. Se logró definir roles y mejores relaciones laborales, así como estrategias de planificación, también se desarrollaron formatos de planificación, seguimiento y gestión de obras.</p>
<p>Análisis comparativo en un proyecto de construcción comercial del Last Planner System con el sistema tradicional</p> <p><b>Implementado en:</b> Proyecto de construcción comercial</p>	<p><b>Empresa:</b> No especificada.</p> <p><b>Autores:</b> Andrés Bustos, Elisa López et al.</p> <p><b>Localización:</b> Zapopan, México.</p>	<p>El informe corresponde al artículo realizado por los autores mencionados, donde se buscó realizar una comparación sobre gestionando el uso de LPS y el método convencional durante la etapa constructiva de un proyecto comercial.</p> <p>En las principales conclusiones destacan la disminución del trabajo no contributivo y el aumento de trabajo productivo. Se mencionó que se deben aplicar sistemas de control y capacitar al equipo con el que se trabaja en conjunto durante la aplicación de LPS.</p>

Proyecto	Características del proyecto	Descripción y análisis
<p>Propuesta e implementación del sistema Last Planner, en una empresa constructora pequeña.</p> <p><b>Implementado en:</b> Proyecto Agencia Bancaria BCP Constructores</p>	<p><b>Empresa:</b> Casahuama Ingenieros</p> <p><b>Autores:</b> Lorena Casahuaman &amp; Jorge Lujan Velásquez</p> <p><b>Localización:</b> Lima, Perú.</p>	<p>El informe corresponde al proyecto profesional realizado por los autores mencionados, donde se implementó LPS en un proyecto de la empresa Casahuama Ingenieros.</p> <p>De las principales conclusiones se destaca que se debe tener un planificador (Last Planner) bien capacitado, que conozca la herramienta y la forma correcta de implementar LPS. Se obtuvo un incremento en el porcentaje de actividades completadas (PAC) y se redujeron plazos contractuales.</p>
<p>Last Planner System para la construcción de viviendas modulares en zonas rurales de Ica.</p> <p><b>Implementado en:</b> Nombre de proyecto no especificado.</p>	<p><b>Empresa:</b> EJM Edificaciones SAC.</p> <p><b>Autor:</b> Rony Prada Hernández.</p> <p><b>Localización:</b> Ica, Perú.</p>	<p>El informe corresponde a la tesis de maestría del ingeniero mencionado como autor, el cual aplicó LPS en la construcción de viviendas modulares en Ica, Perú.</p> <p>Las principales conclusiones incluyen optimizaciones de tiempo y costo durante la ejecución de las etapas iniciales del proyecto.</p> <p>Se logró comprobar el impacto positivo de planificar adecuadamente el plan maestro (a largo plazo) del proyecto, se detectó que el Look Ahead o planificación a medio plazo ayuda a controlar las necesidades más próximas y corregirlas de manera oportuna para evitar retrasos. Por último, se obtuvo un incremento muy importante en el porcentaje de actividades completadas de la programación semanal, evidenciando así el impacto positivo de la implementación de LPS en la empresa.</p>

Como resultado de la investigación realizada sobre el estado del arte y estado de la práctica sobre la implementación de LPS, se generó una lista con las principales ventajas y beneficios de su aplicación. En el cuadro 14, se desglosan dichas ventajas y beneficios identificados por algunos autores que aplicaron LPS en distintos proyectos constructivos, esta información puede proporcionar a la constructora TEC HOGAR, una base sólida y una dirección clara para implementar el LPS de manera efectiva.

**Cuadro 14.** Ventajas y beneficios identificados en los proyectos que se ha aplicado la herramienta LPS.

<b>Ventajas y beneficios de la aplicación de LPS en proyectos constructivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora de la estandarización en la gestión de proyectos de construcción.</li> <li>• Fomento de una cultura de mejora continua en la organización.</li> <li>• Mejora en la comunicación entre los equipos de trabajo.</li> <li>• Cumplimiento exitoso de plazos de construcción establecidos.</li> <li>• Identificación de causas de no cumplimiento (CNC) y aplicación de acciones correctivas.</li> <li>• Definición de roles y relaciones laborales mejoradas.</li> <li>• Desarrollo de estrategias de planificación efectivas.</li> <li>• Creación de formatos de planificación, seguimiento y gestión de obras.</li> <li>• Disminución del trabajo no contributivo y aumento del trabajo productivo.</li> <li>• Aplicación de sistemas de control y capacitación del equipo.</li> <li>• Incremento en el porcentaje de actividades completadas (PAC).</li> <li>• Reducción de plazos contractuales.</li> <li>• Optimización de tiempo y costo en las etapas iniciales del proyecto.</li> <li>• Impacto positivo de la planificación a largo plazo (plan maestro).</li> </ul>	

A continuación, se presenta un análisis FODA de la implementación de LPS en la empresa TEC HOGAR, esto fue realizado tomando como base los datos investigados y los resultados observados de otros autores que han implementado la herramienta.

**Cuadro 15.** Análisis FODA sobre la implementación de LPS en los procesos constructivos de TEC HOGAR.

<b>FODA</b>	<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>
Fortalezas (F)	Compromiso de la dirección de la empresa.	El compromiso de las personas encargadas de la dirección de TEC HOGAR podría facilitar la implementación de LPS, en cuanto a brindar recursos y apoyo.
	Experiencia en construcción.	La empresa ha participado en muchos proyectos anteriormente, cuenta con profesionales experimentados y constructores en campo con muchos años en la industria, lo que podría facilitar la adopción de nuevas prácticas, como lo sería la implementación de la filosofía Lean y LPS.

FODA	Factores	Descripción
Fortalezas (F)	Herramientas tecnológicas.	La empresa ya utiliza programas para la gestión de sus proyectos, como los Contractor Foreman y MS Project, lo que podría contribuir en la aplicación de LPS.
	Proyectos exitosos.	Apoyarse en el historial de proyectos exitosos en cuanto a temas de gestión de tiempos y de presupuestos bien planificados podría ayudar en la adopción de LPS.
Oportunidades (O)	Mejoras de eficiencia.	Last Planner puede mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos, lo que se traduce en tiempos más precisos de entrega y costos más bajos.
	Colaboración con los subcontratistas y proveedores.	Last Planner puede mejorar la colaboración entre la empresa y sus subcontratos como la mano de obra, así como mejorar la eficiencia de los trabajadores de oficina en el contacto con los proveedores de materiales y servicios.
	Tecnología disponible.	La disponibilidad de Software y herramientas tecnológicas puede facilitar la aplicación de LPS en la empresa, ayudando en la planificación y gestión de proyectos.
	Sostenibilidad.	La filosofía Lean y LPS pueden ayudar a la empresa a estar más cerca de cumplir sus objetivos de diseño y construcción sostenible.
Debilidades (D)	Resistencia al cambio.	Uno de los aspectos que más se menciona en los documentos consultados es la resistencia al cambio, donde los empleados están acostumbrados a métodos tradicionales y esto dificulta la adopción de técnicas Lean y de la herramienta LPS. Este comportamiento se da principalmente con los constructores en campo o profesionales con muchos años de trabajar con un método tradicional del que están convencidos que no se puede mejorar.

FODA	Factores	Descripción
Debilidades (D)	Falta de conocimiento y capacitación.	La implementación de LPS requiere de una capacitación para el personal en todos los niveles, lo que podría representar un desafío en términos de tiempo y recursos. Además de que puede existir una falta de comprensión sobre el tema y su forma de aplicación.
	Costo adicional por la integración de sistemas.	Integrar LPS con los sistemas existentes de TEC HOGAR puede ser un proceso complicado y requerir inversión adicional, que la empresa debe estar dispuesta a asumir.
Amenazas (A)	Competencia en el mercado.	La competencia en la industria de la construcción es cada vez más intensa, una empresa que no adapte nuevas técnicas o herramientas más avanzadas podría quedarse atrás en la industria.
	Problemas de calidad.	La implementación apresurada de nuevos métodos podría afectar a la empresa y traducirse en problemas de calidad si no se realiza una implementación adecuada.

### 3.3.2 Análisis

En el **Cuadro 13**, se evidencia la investigación realizada sobre autores que han aplicado la herramienta LPS en distintos proyectos constructivos. Se realizó una investigación exhaustiva en los informes presentados por cada autor y se extrajeron puntos específicos como resultados, conclusiones y recomendaciones para generar una descripción y un análisis de los puntos de mayor relevancia identificados en estas secciones. El objetivo de dicho análisis fue buscar recomendaciones y anotar los beneficios que esas empresas obtuvieron de la aplicación de LPS en los proyectos desarrollados. Entre las principales observaciones del **Cuadro 13**, se tienen:

- **La diversidad de resultados:** mostrando así la adaptabilidad de la herramienta a diferentes contextos y que indiferentemente del tipo de proyecto, todos comparten mejoras en la gestión de la construcción.

- **Mejoras en la comunicación:** se evidencia en la mayoría de los proyectos analizados una mejora de la comunicación entre los involucrados del proyecto, facilitando así la colaboración y la resolución de problemas.
- **Identificación de causas de no cumplimiento:** la herramienta permite conocer las principales causas por la que no se están logrando los objetivos, con el fin de tomar acción en la reducción o eliminación de estas causas.
- **Cumplimiento de plazos establecidos:** se evidencia el cumplimiento exitoso de los plazos de construcción establecidos. Esto es especialmente valioso para el crecimiento y desarrollo de la empresa, así como para los clientes.

Adentrándose a un análisis más detallado, se logró unificar la información obtenida de estos proyectos y anotarla en el **Cuadro 14** a manera de resumen, donde se muestran las principales ventajas y beneficios de aplicar LPS en distintos proyectos constructivos. Se espera que con la implementación de LPS en la empresa, se logre sacar el máximo provecho de esas ventajas y beneficios descritos en dicho cuadro, fomentando el objetivo de disminuir tiempos en la construcción y tener una mejor gestión de los cronogramas de cada proyecto de la empresa.

Del **Cuadro 15**, referente al análisis FODA sobre la implementación de LPS en TEC HOGAR, se tiene que para aprovechar las fortalezas y oportunidades se debe realizar una estrategia proactiva que promueva la implementación efectiva de LPS. Por otro lado, para abordar las debilidades y amenazas se requiere una buena planificación y una actitud resolutiva para mitigar los desafíos y garantizar un proceso de implementación exitoso. La combinación de ambas estrategias para aprovechar las fortalezas y oportunidades y atacar a las debilidades y amenazas puede llevar a un proceso de implementación de LPS más exitoso en la constructora TEC HOGAR.

# 3.4 Herramienta de implementación de Last Planner System

## 3.4.1 Resultados

Se elaboró una herramienta de implementación LPS para la constructora TEC HOGAR, la herramienta consiste en una serie de plantillas elaboradas con la ayuda de la extensión de Senda Matrix de Excel para gestionar la Planificación a Medio Plazo y Corto Plazo; un conjunto de instrucciones que indican como implementar las distintas fases de planificación: Plan Maestro, Planificación por Fases, Look Ahead (Planificación Intermedia), Planificación Semana o de Corto Plazo; además incluye las instrucciones para la visualización y gestión de los indicadores principales de la Planificación Semanal, que son el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). Este manual se puede encontrar en el **Apéndice E**.

El manual se divide en 8 secciones, distribuidas de la siguiente manera:

### **Sección 1: Introducción.**

En esta sección se indica el propósito del manual y se mencionan algunas de sus características para poner en contexto al lector y darle una introducción al texto que se encontrará en el documento, como el nombre de la sección lo indica. También se incluye el objetivo principal del manual y el alcance que este tiene.

### **Sección 2: Conceptos básicos.**

Esta sección pretende informar al lector con conceptos básicos de la Filosofía Lean, Lean Construction y Last Planner System (LPS). Se incluyen aspectos como definiciones, objetivos de la filosofía, conceptos introductorios y beneficios de la aplicación de LPS.

### **Sección 3: Proceso de implementación.**

Se incluyen aspectos iniciales e instrucciones de cómo llevarlos a cabo, entre ellos: informar al equipo, designar al último planificador e instruir al equipo de trabajo. Se incluye además una herramienta complementaria, que consiste en una presentación para introducir al equipo completo de trabajo involucrado en la planificación LPS.

#### Sección 4: Planificación Last Planner System.

Esta sección se subdivide en 4 secciones más, donde se incluyen las 3 fases de planificación Last Planner: planificación a largo plazo, a medio plazo y a corto plazo y, además, se agregó una sección de planificación LPS para campo.

##### 4.1 Planificación a Largo Plazo:

En esta subsección se explica cómo gestionar el plan maestro aprovechando el cronograma de obra general elaborado en Ms Project, para utilizarlo posteriormente en un ejercicio de planificación por fases con el equipo de trabajo completo, así como los pasos para aplicar la técnica Pull Planning en la Planificación por Fases.


Entre los principales resultados de esta sección destaca la distribución del panel para la aplicación del Pull Planning en la Planificación por Fases (figura 27).

**Figura 27.** Distribución del panel para el Pull Planning de la Planificación por Fases.




También se confeccionaron plantillas de gestión de responsables y de restricciones, para anotar la información recopilada después de las sesiones de Planificación por Fases de la Planificación a Largo Plazo. Dichas plantillas se pueden apreciar en las figuras 28 y 29.

**Figura 28.** Plantilla de gestión de responsables (Planificación a Largo Plazo)

 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESPONSABLES</b>		
<b>Proyecto:</b>		
<b>Fecha de control:</b>		
<i>Espacio para notas:</i>		
<b>Id Resp.</b>	<b>Responsable</b>	<b>Papel</b>

**Figura 29.** Plantilla de gestión de restricciones (Planificación a Largo Plazo)

 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESTRICCIONES</b>		
<b>Proyecto:</b>		
<b>Fecha de control:</b>		
<i>Espacio para notas:</i>		
<b>Id Restr.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Id Act. Afectada</b>

#### 4.2 Planificación a Medio Plazo (Look Ahead):

En esta subsección se explica cómo gestionar la planificación a Medio Plazo con ayuda de las plantillas elaboradas en la extensión Senda Matrix de Excel. Se explica la cinta de opciones de la extensión y la función de cada una de las opciones disponibles, brindadas por la herramienta. También se explica la herramienta de añadir calendario de Senda Matrix, que funciona para añadir plantillas nuevas de gestión a medio plazo con la cantidad de semanas que se desee.

El principal resultado de esta sección es la plantilla de Planificación a Medio Plazo, que se presenta en la figura 30.

**Figura 30.** Plantilla de Planificación a Medio Plazo (Look Ahead).

WWP	Week_18_2013						Dates		Week 18							Week 19							
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Start	Finish	29/4/2013	30/4/2013	1/5/2013	2/5/2013	3/5/2013	4/5/2013	5/5/2013	6/5/2013	7/5/2013	8/5/2013	9/5/2013	10/5/2013	11/5/2013	12/5/2013
Act.#1	Activity Number #1		Resp1	Zone 1	Area 1	Rst.#5			lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun2	mar2	mié2	jue2	vie2	sáb2	dom2	
Act.#2	Activity Number #2		Resp3	Zone 3	Area 2	Rst.#5																	
Act.#3	Activity Number #3		Resp1	Zone 3	Area 4	Rst.#1																	
Act.#4	Activity Number #4		Resp7	Zone 2	Area 2	Rst.#5																	

**4.3 Planificación a Corto Plazo (Planificación Semanal):**

En esta etapa del manual se explica cómo gestionar la plantilla de planificación semanal y además como llevar a cabo del control de los 2 indicadores principales de LPS, el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC o PPC por sus siglas en inglés) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). La plantilla de planificación Semanal se muestra en la figura 31.

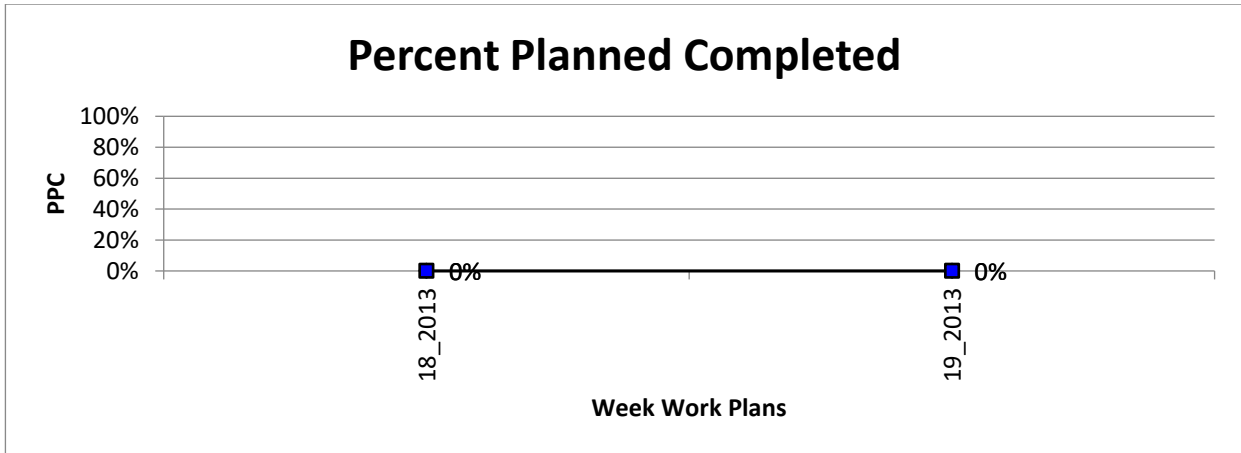
**Figura 31.** Plantilla de Planificación a Corto Plazo (Planificación semanal).

WWP	Week_18_2013						Dates		Production				Week 18										
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	29/4/2013	30/4/2013	1/5/2013	2/5/2013	3/5/2013	4/5/2013	5/5/2013			
Act.#1	Activity Number #1	Compr	Resp1	Zone 1	Area 1	Mat						No											
Act.#2	Activity Number #2	Compr	Resp3	Zone 3	Area 2							Yes											
Act.#3	Activity Number #3	Compr	Resp1	Zone 3	Area 4							Yes											
Act.#4	Activity Number #4	Stock	Resp7	Zone 2	Area 2							Yes											

Se puede ver que, la principal diferencia entre las plantillas de la figura 31 y 30, son las secciones de producción (de la plantilla semanal) y las casillas de color magenta que una marca restricciones (medio plazo) y otras causas (corto plazo). Las restricciones forman parte del Look Ahead ya que se refiere a las tareas que no pueden ser ejecutadas porque hay algo que se los impide, puede ser por ejemplo falta de materiales, falta de alguna maquinaria o herramienta específica o cualquier otro tipo de restricciones comunes en construcción. Las causas se anotan cuando una tarea que se programó para esa semana no pudo ser completada, en esa columna se anota la causa por la que dicha tarea no se pudo completar.

El indicador de Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), se puede gestionar mediante una opción que incluye la cinta Senda Matrix, esta opción permite actualizar el gráfico del PAC cada vez que se agrega una plantilla nueva de Planificación Semanal. El gráfico que se genera se presenta a continuación.

**Figura 32.** Gráfico de Porcentaje de Actividades Completadas generado por Senda Matrix.

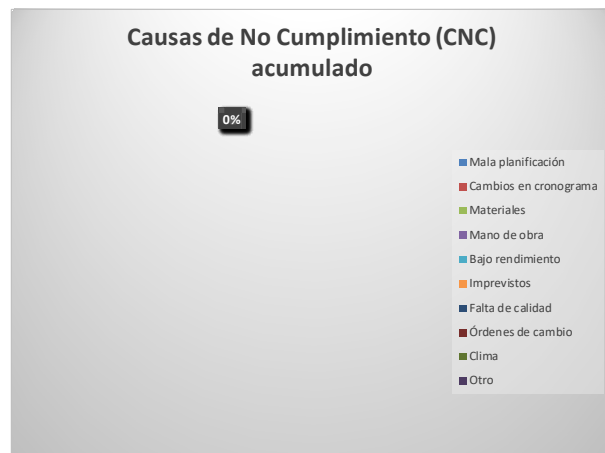


Senda Matrix no cuenta con una hoja u opción de gestión de Actividades de No Cumplimiento (CNC), por lo que en la plantilla de Planificación Semanal se creó una de manera que optimice el cálculo y la presentación de estos resultados a lo largo del avance del proyecto, la plantilla se presenta en la figura 33.

**Figura 33.** Gráfico de Causas de No Cumplimiento generado para la plantilla de Planificación Semanal.

Semana inicial:	42	Año:	2023
Semana final:		Año:	

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES									
		Mala planificación	Cambios en cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio	Clima	Otro
Contador		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° Semana_año	42_2023										
	43_2023										
	44_2023										
	45_2023										
	46_2023										
	47_2023										
	48_2023										
	49_2023										
	50_2023										




Se colocaron las principales CNC y una sección modificable de color gris donde se indica la cantidad de veces que se repite una causa durante las distintas semanas del proyecto, el gráfico de la derecha se actualiza de forma automática conforme se va completando la tabla de la izquierda.


#### 4.4 Gestión LPS en campo:

Esta sección aborda las instrucciones para llevar a cabo la gestión de LPS con los constructores en campo, cuenta con una recomendación de la distribución de un tablero en campo, esto con el fin que los constructores puedan visualizar las diferentes etapas de gestión de LPS de manera física, que puedan observar los compromisos semanales y a medio plazo. Se realizaron plantillas de manera estratégica para que facilitaran el traspaso de información desde las plantillas de Senda Matrix, pues Senda Matrix solo muestra datos en inglés, lo que podría dificultar la interpretación de estos datos a los constructores. Las principales plantillas de esta subsección se muestran en las figuras 34 y 35.

**Figura 34.** Plantilla para la gestión de la planificación intermedia en campo.


 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PROGRAMACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES A MEDIO PLAZO</b>																							
<b>Proyecto:</b>				<b>*Nombre del proyecto*</b>																			
<b>Semana en análisis:</b>				<b>Sem *###* Sem *###* Sem *###* Sem *###*</b>																			
<i>Espacio para notas:</i>																							
Id Act.	Actividad	Fechas		Responsable	¿Liberada?	*MES*																	
		Inicio	Fin			Semana *###*						Semana *###*											
						L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D				
*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*	*##*

**Figura 35.** Plantilla para la gestión de la planificación semanal en campo.

 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PROGRAMACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES A CORTO PLAZO</b>																								
<b>Proyecto:</b>				<b>*Nombre del proyecto*</b>																				
<b>Semana en análisis:</b>				<b>Sem *###* Sem *###* Sem *###* Sem *###*</b>																				
<i>Espacio para notas:</i>																								
Id Act.	Actividad	Responsable	% Cumplimiento		Causas de no cumplimiento								Observaciones											
			% Programado	% Real	Mala planificación	Cambios de cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio		Otro 1:	Otro 2:									

También se elaboró una plantilla de gestión de restricciones para campo, donde el principal objetivo es que los constructores puedan identificar las actividades que deben ser liberadas por el grupo de trabajo de campo o por el contratista de mano de obra y que estén pendientes de realizarlo. La plantilla se presenta en la figura 36.

**Figura 36.** Plantilla de restricciones de actividades para campo.

		LAST PLANNER SYSTEM PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESTRICCIONES PARA CAMPO						
Proyecto:								
Fecha de control:								
Espacio para notas:								
Id Rest.	Tipo de restricción	Breve descripción de restricción	Actividad/es afectada/s: [ID] Actividad	Responsable de liberarla		Fecha compromiso	Fecha real de liberación	Estado (abierta / cerrada)
				Campo	Oficina			

### Sección 5: Seguimiento y evaluación de resultados.

Esta sección le ayuda al planificador a interpretar y dar seguimiento a los resultados obtenidos de los principales indicadores mencionados anteriormente, brindando distintos escenarios de posibles resultados y explicando lo que significa cada resultado, la manera de analizarlos y como mejorarlos en caso de que lo ameriten.

### Sección 6: Ejemplo de aplicación.

En este apartado se explica y se demuestra cómo se debe completar cada plantilla de la herramienta siguiendo un ejemplo hipotético de aplicación LPS, comenzando con la aplicación desde la planificación a Largo Plazo hasta la planificación semanal, también en el ejemplo se muestran resultados de los indicadores y se realiza un breve análisis de ellos siguiendo el ejemplo hipotético planteado.

### Sección 7: Documentación y registro.

Esta sección brinda recomendaciones de cómo mantener una adecuada documentación y registro de la aplicación de LPS en distintos proyectos y cómo esto puede ayudar en implementar la herramienta de mejor forma en proyectos futuros.

## **Sección 8: Mejora continua.**

Aquí se explica la importancia de la mejora continua y su significado, además se brindan 2 ejemplos de herramientas para aplicar la mejora continua: diagrama de Pareto, principalmente aplicable a las CNC, y la metodología de los 5 porqués, simple y adaptable a cualquier tipo de situación o momentos que se requieran analizar.

### **3.4.2 Análisis**

Con la investigación realizada tanto en documentos externos como de manera interna en la empresa, se identificó el espacio en el flujo de trabajo donde se puede aplicar potencialmente Last Planner System, se investigó en varios proyectos donde se ha implementado LPS y se obtuvieron una serie de ventajas y beneficios, también se analizaron documentos relacionados con la implementación de LPS, tales como guías, manuales, recomendaciones entre otros. Toda esta investigación hizo posible la preparación del manual de instrucciones, mencionado en la sección anterior adaptada principalmente para proyectos modulares y sostenibles de la empresa TEC HOGAR.

La herramienta de implementación LPS le brinda a la empresa una serie de plantillas e instrucciones que pretenden mejorar la planificación y gestión del tiempo. LPS es altamente reconocida y aplicada por muchas empresas alrededor del mundo con resultados muy positivos que se pueden observar desde los primeros proyectos donde se implementa. Las plantillas están diseñadas para gestionar la Planificación a Medio y Corto Plazo; sin embargo, posee instrucciones que indican como abarcar la gestión de la Planificación a Largo Plazo mediante la Planificación por Fases y la técnica Pull Planning.

El manual se presenta con una estructura dividida en ocho secciones. En la introducción (sección 1), se establece el propósito del manual junto con sus características, objetivo y alcance, dándole a conocer de esta forma el propósito del manual al lector y generando al mismo tiempo las expectativas iniciales sobre el manual. En la sección 2, de conceptos básicos se definen los términos de Filosofía Lean, Lean Construction y LPS, con el objetivo de poner en contexto al lector sobre dichas filosofías y herramienta, dejando de lado la necesidad del lector de buscar información por otros medios.

La sección 4 es una parte muy importante, ya que aquí es donde se desarrollan las plantillas de planificación de LPS, que fueron posible de generar gracias a la investigación sobre la aplicación de LPS realizada en documentos externos como manuales, informes, proyectos de grado, libros entre otros. Además, se demuestra lo obtenido de la investigación sobre el uso de la extensión Senda Matrix y la forma en que

este complemento de Excel facilita la gestión LPS. Por otra parte, además de las 3 etapas de planificación de LPS, se añade una subsección de planificación en campo, esto se realizó por una recomendación identificada en uno de los manuales investigados para desarrollar el manual, esta subsección cuenta con plantillas elaboradas en Excel y que tienen como fin abordar las instrucciones para llevar a cabo la gestión de LPS con los constructores en campo, cuenta con una recomendación de la distribución de un tablero en campo, esto con el objetivo que los constructores puedan visualizar las diferentes etapas de gestión de LPS de manera física y que puedan observar los compromisos semanales y de medio plazo.

Las secciones de la 5 a la 8 del manual constituyen elementos integrales que aumentan la utilidad e interpretación de la herramienta de implementación LPS. La sección 5 orienta al planificador en la interpretación de indicadores clave, ofreciendo escenarios y directrices para una mejora continua. La sección 6 concreta la teoría mediante un ejemplo hipotético, proporcionando resultados y análisis que facilitan la comprensión práctica. En la sección 7 se destacan recomendaciones valiosas para mantener registros precisos de la aplicación de LPS, fortaleciendo la base de conocimientos para futuros proyectos. Finalmente, la sección 8 explora la esencia de la mejora constante, incorporando herramientas como el diagrama de Pareto y la metodología de los 5 porqués, consolidando así la capacidad del manual para guiar no solo en la implementación inicial, sino también en la mejora continua de los procesos de planificación y ejecución en proyectos de construcción.

Con la implementación de la herramienta se espera que la empresa tenga un impacto significativo en la gestión de tiempos y manejo de cronogramas de los proyectos de construcción.

## **3.5 Implementación de la herramienta en procesos seleccionados**

### **3.5.1 Resultados**

Como parte de los objetivos, se propuso realizar la implementación piloto de la herramienta elaborada para la empresa, mencionada en el punto anterior y especificada en el **Apéndice E**, esta implementación parcial de la herramienta se llevó a cabo en el Proyecto Fawcett. El fin de implementar la herramienta parcialmente, es poder analizar el comportamiento de las personas involucradas en el uso de la herramienta, identificar aspectos y mejoras que se puedan aplicar y evaluar los resultados obtenidos.

El proyecto Fawcett se ubica en Ojochal, Puntarenas y consiste en una vivienda unifamiliar con un área de construcción de 226.42 m<sup>2</sup>. Cabe recalcar que el método constructivo de este proyecto es mampostería confinada, diseñado bajo el concepto de arquitectura modular y que se realizó un estudio bioclimático en la etapa de diseño del proyecto.

La herramienta se implementó un mes después de la fecha de inicio del proyecto, por lo que se aplicó parcialmente la Planificación Intermedia (Look Ahead) y la Planificación Semanal, el proyecto se encontraba ya en la etapa de levantamiento de paredes. Se siguió una serie de pasos para su implementación y se utilizaron las plantillas de planificación elaboradas para la empresa, detallados a continuación:

1. Como primer punto se realizó una charla para el equipo de oficina, la misma descrita en la sección 3 del manual para informar a los trabajadores sobre la filosofía Lean y la herramienta Last Planner System. El fin de esta charla es que el equipo de trabajo de la oficina estuviera enterado de la aplicación de LPS en el proyecto Fawcett.

**Figura 37.** Presentación de conceptos Lean y LPS realizada al equipo de construcción de la empresa TEC HOGAR.



2. Se transportó una pizarra a campo, al proyecto Fawcett, para usarla luego como panel del Look Ahead y de la Planificación Semanal, siguiendo lo indicado y usando las plantillas de la subsección 4.4 del manual.

3. Se le informó al contratista y al equipo de trabajo de campo, sobre la implementación de LPS durante algunas semanas en el proyecto. Se les pidió amablemente colaborar y ser proactivos para poder obtener los mejores resultados posibles.
4. Se extrajeron actividades del Plan Maestro o del cronograma general elaborado en Project, estas actividades se tenían como guía de lo que podría ir en la Planificación Intermedia, sin embargo, al ser extraídas de un Plan Maestro que no se había llevado a cabo con la Planificación por Fases de LPS, se tuvieron que realizar algunas correcciones en campo y ajustarlo agregando o quitando actividades para la programación intermedia.
5. La primera visita a campo con la intención de aplicar LPS se realizó el 5 de octubre. Este día se le dio una charla al maestro de obras y contratista sobre la implementación, además se revisaron las actividades del Look Ahead propuestas para las próximas 2 semanas y se realizaron correcciones (figura 38). Se completó la pizarra de campo para que tuvieran a simple vista la Planificación intermedia y la planificación semanal (figura 39), para así iniciar la implementación LPS durante las siguientes semanas. También se tomaron fotografías de avance del proyecto como evidencia de las visitas realizada semanalmente durante la aplicación parcial de LPS.

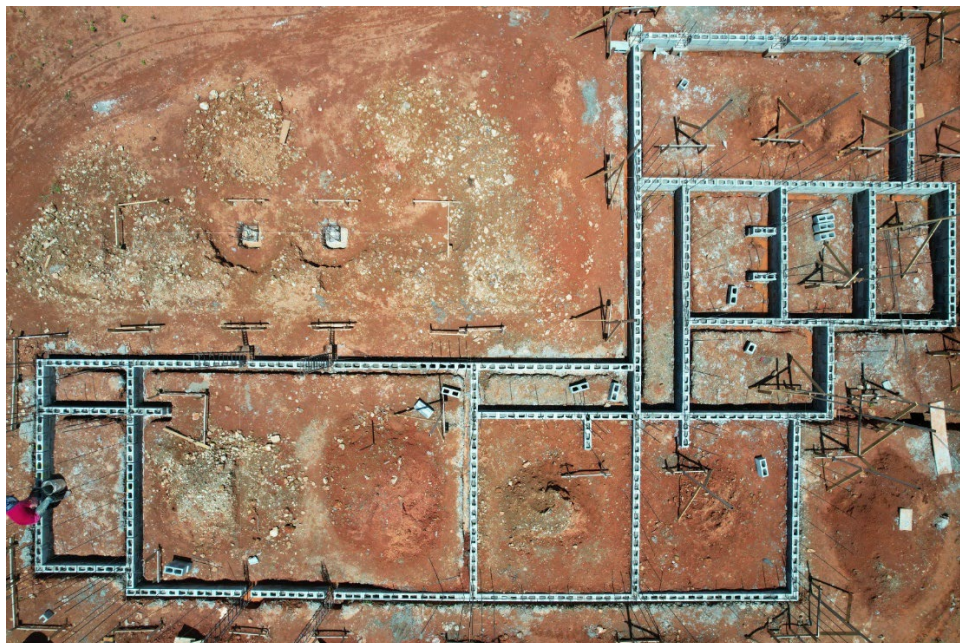
**Figura 38.** Revisión del Look Ahead con el maestro obras y contratista.



**Figura 39.** Panel LPS para campo.



**Figura 40.** Avance del proyecto Fawcett, primer visita.



6. A partir de este punto se programó realizar visitas semanales durante los próximos jueves, los resultados de la implementación de la herramienta durante esas semanas se demuestran a continuación:
  
7. **PLANIFICACIÓN INTERMEDIA:** se completaron las plantillas de gestión de responsables y de gestión de zonas, como se muestra en las figuras 41 y 42 respectivamente.

**Figura 41.** Gestión de responsables.

Resp Id	Name	Celular	Office	email
EG	Emanuel Gamboa (Last Planner)			
AT	Andrey Trejos (Ing. de planta)			
MM	María Monge (Proveduría)			
RMO	Rigoberto (Maestro de obras)			
MC	Mauricio (Contratista)			

**Figura 42.** Gestión de zonas.

Zone Id	Zone Short Description	Zone Long Description
CIM	CIMENTACIONES	
P/C	PISO/CONTRAPISO	
P/V	PAREDES/VIGAS	
COL	COLUMNAS	
IE	INSTALACIONES ELECTRICAS	
IM	INSTACIONES MECANICAS	

8. Con la información recopilada y siguiendo las instrucciones del manual, se completaron las plantillas del Look Ahead durante las tres semanas de implementación, las plantillas completas se pueden ver a continuación. Se utilizó la numeración semanal que utiliza Senda Matrix por defecto, que corresponde al número de la semana del año.

Figura 43. Look Ahead de semana 41 y 42.

WWP	Week_41_2023						Dates		Week 41							Week 42							
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Restr	Start	Finish	09/10/2023	10/10/2023	11/10/2023	12/10/2023	13/10/2023	14/10/2023	15/10/2023	16/10/2023	17/10/2023	18/10/2023	19/10/2023	20/10/2023	21/10/2023	22/10/2023	
									lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.2	mar.2	mié.2	jue.2	vie.2	sáb.2	dom.2	
<b>5 Paredes y vigas</b>																							
	5.1 Levantamiento de pared de block desde NPT hasta viga corona	Compr	RMO	P/V			10/10/2023	20/10/2023															
<b>8 Instalaciones eléctricas</b>																							
	8.5 Previstas para cajas empotradas	Compr	RMO	IE			10/10/2023	20/10/2023															
<b>9 Instalaciones mecánicas</b>																							
	9.2 Previstas de entrada de tubería de agua potable	Compr	RMO	IM	MAT		10/10/2023	15/10/2023															
	9.3 Prevista de salida de tubería de aguas negras y grises	BackLog	RMO	IM			16/10/2023	20/10/2023															

Figura 44. Look Ahead de semana 42 y 43.

WWP	Week_42_2023						Dates		Week 42							Week 43							
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Restr	Start	Finish	16/10/2023	17/10/2023	18/10/2023	19/10/2023	20/10/2023	21/10/2023	22/10/2023	23/10/2023	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	29/10/2023	
									lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.2	mar.2	mié.2	jue.2	vie.2	sáb.2	dom.2	
<b>4 Piso/Contrapiso</b>																							
	4.1 Compactación del terreno del contrapiso	BackLog	RMO	IE	EQ		24/10/2023	26/10/2023															
<b>5 Paredes y vigas</b>																							
	5.1 Levantamiento de pared de block desde NPT hasta viga corona	Compr	RMO	P/V			16/10/2023	29/10/2023															
<b>5.2 Vigas banquinas</b>																							
	5.2.1 Confección del acero de las vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.3.2 Colocación de acero y encofrado de los elementos			P/V																			
	5.3.3 Colado de concreto de las vigas			P/V																			
<b>5.3 Viga corona</b>																							
	5.3.1 Confección del acero de las vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.3.2 Colocación de acero y encofrado de los elementos			P/V																			
<b>5.4 Viga cargador</b>																							
	5.4.1 Confección del acero de las vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.4.2 Colocación de acero y encofrado de los elementos			P/V																			
<b>6 Columnas</b>																							
	6.1 Armado de aros de columnas	Compr	RMO	COL			24/10/2023	24/10/2023															
	6.2 Encofrado de columnas	Compr	RMO	COL			25/10/2023	25/10/2023															
	6.3 Colado de columnas	BackLog	RMO	COL			26/10/2023	26/10/2023															
<b>8 Instalaciones eléctricas</b>																							
	8.5 Previstas para cajas empotradas	Compr	RMO	IE			16/10/2023	29/10/2023															
<b>9 Instalaciones mecánicas</b>																							
	9.3 Prevista de salida de tubería de aguas negras y grises	Compr	RMO	IM			16/10/2023	20/10/2023															

Figura 45. Look Ahead de semana 43 y 44.

WWP	Week_44_2023						Dates		Week 43							Week 44								
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Start	Finish	23/10/2023	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	29/10/2023	30/10/2023	31/10/2023	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	05/11/2023	
										lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.2	mar.2	mié.2	jue.2	vie.2	sáb.2	dom.2	
	<b>4 Piso/Contrapiso</b>																							
	4.1	Compactación del terreno del contrapiso	Compr	RMO	P/C			24/10/2023	24/10/2023															
	<b>5 Paredes/Vigas</b>																							
	<b>5.2 Vigas banquinas</b>																							
	5.2.1	Confección del acero de las vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.2.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos			P/V		MAT	25/10/2023	26/10/2023															
	5.2.3	Colado de concreto de las vigas			P/V			26/10/2023	26/10/2023															
	<b>5.3 Viga corona</b>																							
	5.3.1	Confección del acero de la vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.3.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos	Compr	RMO	P/V		MAT	24/10/2023	26/10/2023															
	5.3.3	Colado de concreto de las vigas	Compr	RMO	P/V			25/10/2023	27/10/2023															
	<b>5.4 Viga cargador</b>																							
	5.4.1	Confección del acero de la vigas	Compr	RMO	P/V			24/10/2023	26/10/2023															
	5.4.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos	Compr	RMO	P/V		MAT	24/10/2023	26/10/2023															
	5.4.3	Colado de concreto de las vigas	Compr	RMO	P/V			25/10/2023	27/10/2023															
	<b>6 Columnas</b>																							
	6.1	Armado de aros de columnas de concreto	Compr	RMO	COL			24/10/2023	24/10/2023															
	6.2	Colocación de acero y encofrado de las columnas	Compr	RMO	COL		MAT	24/10/2023	25/10/2023															
	6.3	Colado de columnas de concreto	Compr	RMO	COL			25/10/2023	25/10/2023															

Figura 46. Gestión de restricciones.

Restr. Id	Restr. Text	Open at Date	Zone	Area	Client	Needed at Date	Respons	Compromis at Date	Status	Closed at Date
MAT	Falta de materiales		IM			10/10/2023	MM	10/10/2023	Closed	9/10/2023
EQ	Falta de equipo		P/C			24/10/2023	MM	20/10/2023	Closed	20/10/2023
MAT	Falta de materiales		IM			24/10/2023	MM	20/10/2023	Closed	24/10/2023
Porcentaje of Closed Restrictions Over Total Restrictions									100.00%	3





Figura 51. Planificación semanal, semana 43.

WWP	Week_44_2023						Dates	Production				Week 43																																							
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area		Cause	Start	Finish	scheduled	Performed	Pct (%)	Target	23/10/2023	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	29/10/2023																														
														lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.																															
<b>4 Piso/Contrapiso</b>																																																			
4.1	Compactación del terreno del contrapiso	BackLog	RMO	CIM				24/10/2023	24/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
<b>5.2 Vigas banquinas</b>																																																			
5.2.1	Confección del acero de las vigas	Compr	RMO	P/V				24/10/2023	24/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
5.2.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos	Compr	RMO	P/V				25/10/2023	26/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
5.2.3	Colado de concreto de las vigas	Compr	RMO	P/V				26/10/2023	26/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
<b>5.3 Viga corona</b>																																																			
5.3.1	Confección del acero de la viga	Compr	RMO	P/V				24/10/2023	26/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
5.3.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos	Compr	RMO	P/V			Mat	28/10/2023	29/10/2023	70%	50%	71.43%	No																																						
<b>5.4 Viga cargador</b>																																																			
5.4.1	Confección del acero de la viga	Compr	RMO	P/V				24/10/2023	26/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
5.4.2	Colocación de acero y encofrado de los elementos	Compr	RMO	P/V			Mat	27/10/2023	29/10/2023	100%	70%	70.00%	No																																						
<b>6 Columnas</b>																																																			
6.1	Armado de aros de columnas	Compr	RMO	COL				24/10/2023	24/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
6.2	Encofrado de columnas	Compr	RMO	COL				25/10/2023	25/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
6.3	Colado de columnas	Compr	RMO	COL				26/10/2023	26/10/2023	100%	100%	100.00%	Yes																																						
<b>Completed over Compromises</b>																																																			
<b>Completed over Planed &amp; BackLog</b>																																																			

Figura 52. Avance del proyecto Fawcett, visita 3 (fotografía 1).



**Figura 53.** Avance del proyecto Fawcett, visita 3 (fotografía 2).

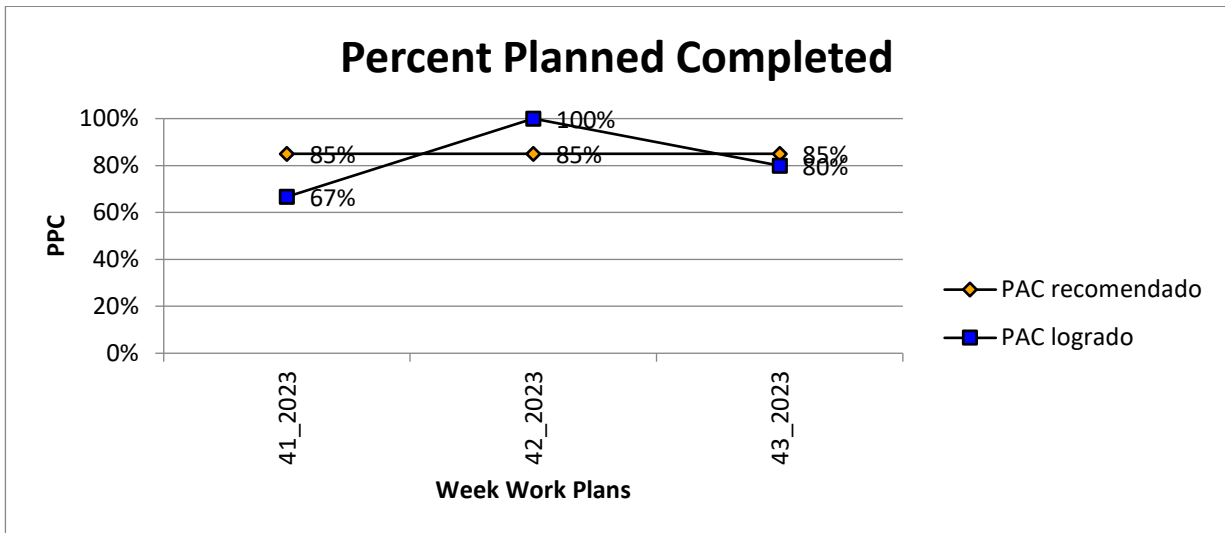


10. Se obtuvieron los resultados de los principales indicadores que se extraen de la aplicación de la herramienta LPS, que son el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC). A continuación, se muestran dichos resultados:

**Tabla 2.** PAC obtenido durante las semanas de aplicación de LPS.

N° Semana	PAC logrado	PAC recomendado
41	67 %	85 %
42	100 %	85 %
43	80%	85 %
<b>Promedio</b>	<b>82.3%</b>	<b>85 %</b>

**Figura 54.** Gráfico de Senda Matrix acerca del PAC obtenido durante la implementación de la herramienta LPS.



La figura anterior, corresponde al gráfico que se extrae de la hoja “PPC”, generado y actualizado automáticamente cada semana por Senda Matrix. El uso y actualización de este gráfico se describe en el manual.

A continuación, se indican las Causas de No Cumplimiento identificadas cada semana de aplicación de la herramienta.

**Tabla 3.** CNC identificadas durante la implementación de la herramienta LPS.

Semana	Causa de no cumplimiento	Frecuencia
41	Clima	1
42	-	-
43	Materiales	2

Gracias a la aplicación de la herramienta, se lograron identificar varias oportunidades de mejora y recomendaciones por parte de los involucrados en la herramienta, esto permitió realizar algunas correcciones en el manual propuesto anteriormente para la implementación de LPS. A continuación, se presenta una lista de las mejora y recomendaciones realizadas por los distintos miembros involucrados en la implementación de la herramienta.

**Cuadro 16.** Recomendaciones y oportunidades de mejora identificadas por los trabajadores involucrados en la implementación de LPS.

Recomendación / oportunidad de mejora del manual	Trabajador que la identificó
Asegurarse que todos los miembros del equipo tanto de campo como de oficina conozcan los principios y prácticas Lean, que entiendan de que se trata y lo que se quiere lograr con la implementación de la herramienta LPS.	Director de Obra.
Fomentar la continua aplicación y mejora de la herramienta LPS, que no solo quede como un proyecto piloto y no se le logre sacar el máximo provecho.	Director de Obra.
Asegurarse de involucrar a un trabajador de campo con experiencia, ya sea al contratista o maestro de obras, durante la elaboración del cronograma general (Plan Maestro), para lograr obtener un cronograma más apegado a la realidad y que se pueda aprovechar mejor durante la aplicación de LPS.	Contratista / Maestro de obras.

Estas recomendaciones del cuadro 16 permiten lograr obtener una herramienta más apegada a la realidad, al unir la experiencia de distintos trabajadores que ya se vieron involucrados en su implementación.

Por otro lado, se realizó una matriz de evaluación de resultados obtenidos, esto con el fin de ampliar la interpretación de los resultados obtenidos y realizar observaciones importantes. La matriz se presenta en el cuadro 17 a continuación.

**Cuadro 17.** Matriz de evaluación de resultados obtenidos de la implementación de la herramienta LPS.

<b>Resultado esperado</b>	<b>Resultado real</b>	<b>Indicador de medición</b>	<b>Observaciones</b>
Programación óptima de tareas semanales	Sí	PAC entre el rango recomendado	Se obtuvo un PAC del 82.3%, por lo que las actividades completadas entran en el rango recomendado por otros autores.
Mejor colaboración	Sí	Evaluación de la colaboración entre equipos	Se manejó una buena colaboración entre equipos, mostrando una comunicación efectiva durante la aplicación de LPS.
Reducción de retrasos	Incierto	Porcentaje de avance real y teórico del proyecto según el Plan Maestro.	Se necesita aplicar la herramienta LPS más tiempo, o si es posible, en un proyecto completo, para así poder obtener un dato claro sobre este indicador.

### 3.5.1 Análisis

Durante la aplicación parcial de la herramienta se pudo observar una actitud positiva y de apoyo por parte de los trabajadores involucrados, si bien es una nueva herramienta, se dejó claro el valor que esta puede presentar para los trabajadores de la empresa tanto de oficina como en campo. Permite llevar al ingeniero y al contratista un mejor control de tiempo del cronograma, verificar con números y compromisos el avance semanal de la cuadrilla de trabajo en el proyecto y permite verificar las causas de no cumplimiento para poder tomar medidas necesarias y mitigarlas en futuras actividades y proyectos. Las causas de no cumplimiento les ayudan a los trabajadores de campo a expresar algunos problemas que estén teniendo para alcanzar el objetivo de las tareas programadas, algunas veces las causas se deben a factores externos que están fuera de las manos de los trabajadores, por ejemplo: afectaciones por el clima, falta de materiales, falta de mano de obra, órdenes de cambio, entre otras.

En la plantilla de la figura 41, se pueden apreciar los responsables involucrados directamente con el desarrollo del proyecto, aquí se evidencia que un responsable puede ser tanto un trabajador de campo como de oficina, estos responsables se pueden designar en las plantillas de planificación semanal o en la plantilla de gestión de restricciones.

En la plantilla de la **Figura 42** se pueden observar las zonas en las que se divide el proyecto, estas zonas se utilizan a conveniencia de la misma manera que se divide la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) del cronograma del plan maestro, para facilitar la interpretación y traslado de información.

En las figuras **Figura 43**, **Figura 44** y **Figura 45**, se puede observar los resultados obtenidos de la planificación intermedia aplicada al proyecto, esta planificación se realizó con 2 semanas de visión a futuro o visión hacia adelante, esto por el tiempo parcial de implementación de la herramienta, con el fin de evidenciar de manera más detallada y concisa los resultados. Se evidencian las fechas de inicio y fin de cada tarea numerada según la EDT del diagrama de Gantt que se puede apreciar en el **Anexo A**. En estas figuras se pueden observar 2 restricciones principales, que son falta de materiales y equipo adecuado para llevar a cabo las actividades.

En la **Figura 46** se puede observar la plantilla de gestión de restricciones completada después de las tres semanas de aplicación de la herramienta. Cabe destacar que todas las restricciones fueron cerradas (closed at date) antes o justo el día de la fecha límite (needed at date), lo que evidencia un buen manejo por parte de los involucrados en la gestión de restricciones para continuar con el proyecto, en la etapa de la construcción que se encontraba el proyecto en ese momento. También es importante recalcar la pestaña de compromiso (compromis at date), que le sirve como guía a los trabajadores para tener presente la liberación de las tareas. Posterior a esto, se continuó con la planificación semanal, donde primeramente se identifica la plantilla de posibles Causas de No Cumplimiento (CNC) en la **Figura 47**, esta plantilla vine completa por defecto, según recomendaciones de la literatura y datos recolectados.

Las figuras **Figura 48**, **Figura 49** y **Figura 51** muestran la aplicación de la planificación semanal completa (hay que recordar que estas plantillas se completan en dos etapas, como se describe en el manual de implementación LPS). De estas figuras destacan tres tareas que no pudieron ser completadas, una por causa de clima y dos por problemas con los materiales. Aquí es muy importante notar algo, en la **Figura 45**, se observa que las actividades 5.3.2 y 5.4.2 están restringidas por “materiales” asociado a la falta de varillas de acero para continuar con la confección de acero de vigas y por ende con la colocación de armadura, en la **Figura 46** se observa que la tercera fila de falta de materiales fue liberada a tiempo, pero que de igual forma la CNC de las actividades mencionadas indica un problema de “materiales”. Pareciera ser contradictorio, sin embargo, esta CNC se refiere a materiales de mala calidad, como en este caso fue la entrega de formaleta

en muy mal estado por parte del proveedor, de la cual no se podía utilizar cerca del 70% para el encofrado de los elementos. De aquí se resalta las distintas formas de gestionar y utilizar las opciones que ofrece la herramienta para cada una de sus plantillas y la importancia de tener orden y respaldo de la información utilizada por el último planificador. Las figuras **Figura 50**, **Figura 52** y **Figura 53** muestran evidencias del avance de cada visita realizada al proyecto.

En la **Tabla 2**, de los resultados obtenidos por la implementación de la herramienta, se observa que el porcentaje recomendado se encuentra en un 85%, esto se realizó de esta forma porque la literatura recomienda que un PAC adecuado se sitúa entre el 80% y 90% de actividades completadas (mencionado en el marco teórico), por lo que simplemente para efectos del gráfico se utilizó el promedio. En la misma tabla se observa que el promedio del PAC logrado durante las semanas de implementación de la herramienta, fue de 82.3%, entrando de esta manera en el rango del PAC recomendado por la literatura. Por lo que se puede decir que la planificación de actividades para esas semanas fue buena y coherente según lo que se investigó de otros autores.

En la **Tabla 3**, se pueden observar que las Causas de No Cumplimiento identificadas son el clima y la falta de materiales. El clima y las afectaciones que deja son producto de fenómenos fuera del alcance de cualquier trabajador, durante la época lluviosa del año se prevé que este tipo de CNC sean bastante frecuentes, especialmente durante los meses de setiembre y octubre, que son los más lluviosos según el Instituto Meteorológico Nacional. Se recomienda tener previstas actividades libres de restricciones que se puedan efectuar aún durante un día lluvioso, como por ejemplo la confección de armadura de acero de distintos elementos estructurales.

Del **Cuadro 16**, se acataron las recomendaciones realizadas por el ingeniero, contratista de mano de obra y del maestro de obras, con el fin de abarcar estos puntos de la mejor manera en las instrucciones del manual que se le brindará a la constructora para la aplicación de LPS.

Por último, se completó la matriz de evaluación de resultados para poder tener un punto adicional de comparación sobre el desempeño obtenido de la herramienta durante la aplicación piloto. Esta matriz se presenta en el **Cuadro 17**, donde el resultado que destaca es el de reducción de retrasos, que se cataloga como incierto, esto se debe a que se necesita un periodo de tiempo de implementación de la herramienta mucho más amplio y poder evidenciar este resultado con indicadores más representativos. Se confirma que se realizó una programación óptima de actividades y que hubo una buena colaboración por parte de los equipos involucrados.

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

1. Se identificaron los procesos y buenas prácticas constructivas que se suelen llevar a cabo en los proyectos de la constructora TEC HOGAR, esto hizo posible encontrar la sección de la etapa en el proceso de gestión de proyectos constructivos en donde se puede implementar potencialmente la herramienta Last Planner System y sacar el máximo provecho, esta etapa se refiere específicamente a la etapa de planeación y construcción, sacando provecho del cronograma de Ms Project y las reuniones con los profesionales.
2. Mediante la revisión de los cronogramas y presupuestos de proyectos modulares anteriores, se realizó una lista con las actividades críticas y las que presentan un costo más elevado de acuerdo con el presupuesto de cada proyecto, esto permite conocer las actividades en las que el planificador se debe centrar a la hora de gestionar las diferentes etapas de planificación de Last Planner.
3. De las entrevistas realizadas a los trabajadores de campo y de oficina se obtuvo valiosa información sobre los principales retrasos y desafíos a los que se han enfrentado en proyectos anteriores, la identificación de estos indicadores permite tomar medidas anticipadas para disminuir los retrasos y de esta forma optimizar el avance de los proyectos.
4. La investigación de documentos sobre la aplicación de Last Planner System en proyectos constructivos revela una serie de ventajas y beneficios significativos. En los que destacan: una mejora en la gestión de proyectos, la mejora continua, una comunicación más efectiva entre los equipos de trabajo, el cumplimiento exitoso de plazos de construcción. Además, LPS facilita la gestión de obras y la optimización de tiempo y costo en las etapas iniciales del proyecto. Estas ventajas y beneficios sugieren que la implementación de LPS en la empresa TEC HOGAR tiene el potencial de transformar positivamente la gestión de proyectos constructivos y mejorar los resultados tanto para la empresa como para sus clientes.
5. Del análisis FODA realizado para la implementación de LPS en TEC HOGAR, se identifican fortalezas que pueden servir como una base sólida para la implementación exitosa de LPS y oportunidades que ofrecen caminos prometedores para el crecimiento y la mejora continua de TEC HOGAR al adoptar

nuevas y buenas prácticas constructivas. Además, se destaca la importancia de una estrategia proactiva y una planificación sólida para aprovechar las fortalezas y oportunidades mientras se abordan las debilidades y amenazas.

6. Durante el desarrollo del proyecto, se logró diseñar una herramienta de LPS específicamente para la constructora TEC HOGAR, adaptada a sus necesidades y métodos constructivos. Esta herramienta compuesta por plantillas de Senda Matrix e instrucciones de planificación a largo, mediano y corto plazo representa un avance en la optimización de la planificación de la etapa constructiva de la empresa.
7. Al adoptar una herramienta ampliamente reconocida como lo es LPS, la empresa puede esperar una ejecución más eficiente y una mayor coordinación entre los miembros del equipo, disminuyendo así los plazos de entrega y obteniendo una mejor eficiencia en la finalización de sus proyectos.
8. Durante la implementación parcial de la herramienta LPS en el proyecto "Fawcett," se logró inculcar una actitud positiva y de apoyo por parte de los constructores involucrados, esta actitud colaborativa establece una base sólida para la futura integración completa de la herramienta.
9. La implementación de la herramienta LPS en el proyecto "Fawcett" resultó en un Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) promedio del 82.3%, lo que se encuentra dentro del rango recomendado por la literatura, demostrando una planificación de actividades coherente. Además, la identificación de Causas de No Cumplimiento (CNC), permite a la empresa comprender las posibles barreras y desafíos que podrían surgir en sus futuros proyectos de construcción. Esta comprensión contribuye a una planificación más precisa y a la implementación de medidas preventivas para abordar estos problemas con anticipación.

# Recomendaciones

- Se recomienda al planificador asegurarse de que todos los miembros del equipo, tanto en la oficina como en el campo, comprendan los principios y prácticas de Lean Construction y la herramienta LPS. La capacitación constante puede ayudar a fomentar una comprensión más profunda y el compromiso con estas prácticas.
- Se recomienda a la empresa fomentar el compromiso continuo con la herramienta LPS, asegurándose de que no se quede como un proyecto piloto aislado. La implementación a largo plazo de LPS puede brindar beneficios más significativos a medida que se adquiere experiencia y se perfecciona su aplicación.
- Se sugiere al planificador tener en cuenta durante la planificación maestra, los resultados obtenidos acerca de las tareas críticas y las actividades que ocupan los porcentajes de presupuesto más altos, esto con el fin de sacarle provecho al estudio realizado y centrarse en estas tareas que ameritan una mayor atención y una planificación más cuidadosa.
- Durante la etapa de planificación a largo plazo es recomendable que la empresa involucre a un trabajador de campo con experiencia, como el contratista o maestro de obras. Esto ayuda a asegurar que el cronograma se ajuste a la realidad y sea más efectivo en la práctica.
- Se aconseja a la empresa que mantenga una estrecha colaboración entre los equipos de oficina y los equipos de construcción para abordar los retrasos y desafíos tanto administrativos como operativos. Promover una cultura de mejora continua y aprendizaje de lecciones pasadas para optimizar la planificación y la ejecución de futuros proyectos.
- Durante la aplicación de LPS, se utilizaron las plantillas de la planificación en campo, que se explican en el manual para actualizar semanalmente el panel de planificación utilizado en campo. Cada semana se llevaba una nueva lámina con la actualización del plan intermedio y otra con la plantilla para la planificación a corto plazo de la semana siguiente, lo que generaba un gasto importante de papel. A la hora de implementar LPS en un proyecto completo se sugiere que la empresa o el planificador busquen alternativas que generen menos desperdicio de papel, esto debido al concepto sostenible que tiene la empresa. Se recomienda el uso de dispositivos electrónicos donde se pueda llevar a cabo la actualización de las plantillas de planificación correspondientes.

- Para poder evidenciar la reducción de retrasos con respecto a la aplicación de la herramienta LPS, se recomienda a la empresa y/o al planificador, implementar la herramienta en un proyecto desde la etapa de inicio de la planificación hasta su conclusión.
- Se recomienda a la empresa actualizar el manual con base en la retroalimentación y las experiencias, además de realizar evaluaciones periódicas del manual para asegurarse de que esté alineado con las necesidades y desafíos actuales de la empresa.

# Referencias Bibliográficas

- Alpizar, G. (2017). *Aplicación de Lean Construction a través de la herramienta Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI*. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion\\_%20lean\\_constructio\\_n\\_metodologia\\_last\\_planner.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7272/Aplicacion_%20lean_constructio_n_metodologia_last_planner.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bernal, C. (2010). *Herramienta de la investigación*. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- CEMEX. (2022). *¿Cómo funciona la Construcción Modular?* <https://www.cemexventures.com/es/modular-construction/>
- CFIA. (S.F). *Categoría XV construcción sostenible PBAE-CFIA*. <https://centrodeayuda.cfia.or.cr/hc/es/articles/12222315768599--C%C3%B3mo-me-inscribo-en-la-Categor%C3%ADa-XV-Construccion-sostenible-PBAE-CFIA->
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, (CFIA). (S.F.). *Bandera Azul Ecológica: Construcción Sostenible para Proyectos Ticos*. <https://revista.cfia.or.cr/bandera-azul-ecologica-construccion-sostenible-para-proyectos-ticos/>
- Conforme, G., & Castro, J. (2020). *Arquitectura bioclimática*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1381>
- dos Resi Leite, H., & Ernani, G. (2015). *Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge*. <https://www.scielo.br/j/prod/a/yHGBh7KMTLXTr8nDm3PzMqg/?format=pdf&lang=en>
- Gutiérrez, N. (S.F.). *Herramienta para la aplicación del Last Planner System*
- HOUSAGE. (2022). *Casa modular: qué es y qué tipos hay.* <https://housage.es/articulos/casas-prefabricadas/casa-modular-tipos/>
- IBERDROLA. (S.F). *Arquitectura bioclimática, las construcciones que respetan el medio ambiente*. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-arquitectura-bioclimatica>
- Infante, L. (2021). *¿Qué es Lean Construction? Algunos aspectos básicos*. <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-lean-construction-algunos-aspectos-b%C3%A1sicos-luis-r-infante/?originalSubdomain=es>

- Lean Construction Institute. (S.F). *The Last Planner System*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>
- Lean Construction Institute. (S.F). *Lean Construction*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/lean-construction/>
- Llanos, J. (Producer), & Llanos, J. (Director). (2022, Abr 5,). *¿CUÁLES SON LOS PASOS PARA REALIZAR UN PLANEAMIENTO PULL?* . [Video/YouTube]
- Mata, L. (2021). *Los sujetos de estudio*. <https://investigaliacr.com/investigacion/los-sujetos-de-estudio/#:~:text=Los%20sujetos%20de%20estudio%20son,con%20enfoque%20cuantitativo%20o%20cualitativo>
- Miembros Comisión de Realidad Nacional. (S.F.). *LAS MIPYMES EN COSTA RICA*. <https://www.colegiocienciaseconomicas.cr/documentos/asamblea/MIPYMES-REALIDAD-NACIONAL.pdf>
- 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>
- Modular Building Institute. (S.F). *World of Modular*. <https://www.modular.org/>
- Muñoz, S., Chinchay, B., & Gonzales, A. (2021). *Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción*
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1° ed.)
- Pons, J., & Rubio, I. (2019). *LEAN CONSTUCTION Y LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA HERRAMIENTA DE LAST PLANNER SYSTEM* (1° ed.)
- Pons, J., & Rubio, I. (2021). *LEAN CONSTRUCTION LAS 10 CLAVES DEL ÉXITO PARA SU IMPLANTACIÓN* (1° ed.)
- REVISTA CFIA. (S.F). *Bandera Azul Ecológica: Construcción Sostenible para Proyectos Ticos*. <https://revista.cfia.or.cr/bandera-azul-ecologica-construccion-sostenible-para-proyectos-ticos/>
- Rivas, L. (2015). *La definición de variables o categorías de análisis*. [https://www.edumargen.org/docs/curso43-11/unid02/complem05\\_02.pdf](https://www.edumargen.org/docs/curso43-11/unid02/complem05_02.pdf)

Rodriguez, F. (S.F.). *Guía de Implementación de Last Planner System*. [https://a3leanconstruction.com/guia-  
implementacion-last-planner-system/](https://a3leanconstruction.com/guia-implementacion-last-planner-system/)

Santander Universidades. (2021). *Investigación cualitativa y cuantitativa: características, ventajas y limitaciones*. <https://www.becas-santander.com/es/blog/cualitativa-y-cuantitativa.html>

Souza, E. (2020). *¿Puede existir buena arquitectura sin modulación?* [https://www.archdaily.pe/pe/951913/puede-existir-buena-arquitectura-sin-  
modulacion#:~:text=La%20modulaci%C3%B3n%20en%20las%20arquitectura,hacerlo%20m%C3%A1  
s%20eficiente%20y%20sostenible](https://www.archdaily.pe/pe/951913/puede-existir-buena-arquitectura-sin-modulacion#:~:text=La%20modulaci%C3%B3n%20en%20las%20arquitectura,hacerlo%20m%C3%A1s%20eficiente%20y%20sostenible)

# **Apéndices**

## **Apéndice A**

**Preguntas, estructura y respuestas obtenidas del cuestionario aplicado en la oficina de la constructora TEC HOGAR.**

**Cuadro A1.** Preguntas y estructura del cuestionario aplicado en oficina y elaborado en Google Forms.

<b>Título:</b> Procesos constructivos TEC HOGAR
<b>Introducción:</b> Este formulario tiene como fin identificar procesos constructivos con costo y tiempo de ejecución elevados. Se describió el objetivo 1 y los conceptos de Lean Construction y Last Planner System. Esto con el fin de dejar claro el objetivo de este cuestionario.
<b>Principales preguntas</b>
¿Cuáles son las actividades o etapas constructivas que por su experiencia considera que generan un mayor costo en las construcciones? Mencione al menos 3
¿Cuáles son las actividades o etapas constructivas que por su experiencia considera que consumen un mayor tiempo en la ejecución de las construcciones? Mencione al menos 3
¿Cuáles son las principales dificultades o retrasos que han experimentado en proyectos anteriores?
¿Cuáles son los mayores desafíos que enfrentan en la etapa constructiva de los proyectos? Solo responda si ha tenido experiencias o trabajos en campo
¿Cómo se gestionan actualmente los tiempos y recursos durante la etapa constructiva?
¿Se han implementado previamente en TEC HOGAR enfoques de mejora continua de los procesos de construcción en proyectos anteriores?
Si la respuesta es anterior es si, indique qué obstáculos se han encontrado en esos enfoques de mejora continua.
¿Cuál es su opinión sobre la necesidad y beneficios de implementar la filosofía Lean Construction y el Last Planner System en los procesos constructivos de la empresa?

**Cuadro A2.** Respuestas extraídas del formulario aplicado mediante Google Forms.

<b>Marca temporal</b>	31/07/2023 10:23	31/07/2023 11:16	07/08/2023 15:40	18/08/2023 11:00
<b>Dirección de correo electrónico</b>	fercastillo0915@gmail.com	maicolfonseca@hotmail.com	fabsegmo3@gmail.com	andreydtrejosp@gmail.com
<b>Escriba su nombre completo</b>	María Fernanda Castillo Mora	Maicol Fonseca Ramírez	Fabiola Segura Montero	Andrey Trejos Perlaza
<b>Indique su puesto como profesional en la empresa TEC HOGAR</b>	Proveeduría	Arquitecto	Gerente General	Ingeniero de planta

**Cuadro A2.** Respuestas extraídas del formulario aplicado mediante Google Forms (continuación).

Tiempo que lleva trabajando en la empresa	Más de 3 años	Más de 3 años	Más de 3 años	Entre 1 y 3 años
<p><b>¿Cuáles son las actividades o etapas constructivas que por su experiencia considera que generan un mayor costo en las construcciones?</b></p>	<p>Cimientos, columnas y techos</p>	<p>Instalaciones Eléctricas, Techos y Acabados</p>	<p>La última etapa: acabados y la entrega formal del proyecto porque siempre tiene atrasos en cronograma. Y cualquier detalle que no se diseñara apropiadamente: se han tenido experiencias con cimientos, techos especiales contra pedido (shingle) y ventanería.</p>	<p>1. Obra gris: específicamente levantamiento de paredes y cimentaciones. 2. Instalaciones eléctricas 3. En algunos casos estructura de techo con sus cubiertas 4. Según el proyecto y la topografía de su terreno, el movimiento de tierras genera uno de los mayores costos</p>
<p><b>¿Cuáles son las actividades que por su experiencia considera que consumen un mayor tiempo en la ejecución de las construcciones?</b></p>	<p>Cimientos, piso y paredes</p>	<p>Cimentaciones, Techos y Acabados</p>	<p>Cimientos (si no se diseñaron con toda la información que se requiere), techo (si son pedidos especiales), y Acabados</p>	<p>1. Levantamiento de paredes 2. Armado de cimentaciones. 3. Acabados generales</p>
<p><b>¿Cuáles son las principales dificultades o retrasos que han experimentado en proyectos anteriores?</b></p>	<p>Imprevisto en el terreno y elección de acabados de los clientes</p>	<p>Ordenes de Cambio, Entrega de materiales especiales cómo (teja asfáltica, madera, accesorios de Grifería)</p>	<p>La entrega al cliente, las reparaciones y detalles siempre tardan más en ejecutarse y en ser aceptadas.</p>	<p>Dificultades: -Planos constructivos incompletos. -Poca preocupación por parte del equipo de trabajo para cumplir con sus objetivos.  En base a proyectos reales: Retrasos: Retrasos debido a cronograma mal elaborados (irreales para la cuadrilla de trabajo asignada) Atrasos producto de las condiciones climáticas. Atraso debido a correcciones del errores de ejecución.</p>

**Cuadro A2.** Respuestas extraídas del formulario aplicado mediante Google Forms (continuación).

<p><b>¿Cuáles son los mayores desafíos que enfrentan en la etapa constructiva de los proyectos? Solo responda si ha tenido experiencias o trabajos en campo</b></p>		<p>Modificaciones en sitio, la coordinación de entrega de materiales, escases de materiales para la construcción, estudio y comprensión de los planos constructivos, la toma de decisiones que involucran a más de una parte del equipo</p>	<p>La aceptación completa del proyecto por parte del cliente.</p>	<p>Resolver situaciones que no fueron planificadas y plasmadas en planos y especificaciones. Recuperar tiempo de atrasos sin afectar el presupuesto del proyecto. Transmitir el sentido de responsabilidad a los colaboradores que se encuentran en el sitio de construcción.</p>
<p><b>¿Cómo se gestionan actualmente los tiempos y recursos durante la etapa constructiva?</b></p>	<p>Tiempo: cronograma de obra por Project Recursos: conteo y control de materiales de acuerdo con el presupuesto</p>	<p>Se realiza un cronograma de obra que debe seguir el constructor y el director técnico del proyecto, se realizan visitas periódicas al proyecto</p>	<p>Cronograma de trabajo en Microsoft Project.</p>	<p>Mediante un cronograma de obra que se verifica y ajusta semanalmente.</p>
<p><b>¿Cuál es su opinión sobre la necesidad y beneficios de implementar la filosofía Lean Construction y el Last Planner System en los procesos constructivos de la empresa?</b></p>	<p>Excelente</p>	<p>Llegaría a beneficiar tanto en tiempo cómo en costos el proceso de construcción de los proyectos</p>	<p>Es fundamental y necesario en la etapa actual de la empresa.</p>	<p>La necesidad es alta, ya que se requiere monitorizar y aumentar la productividad de la mano de obra, lo que puede permitir el controlar el presupuesto del proyecto y respetar los plazos de construcción</p>

**Apéndice B**  
**Preguntas aplicadas y respuestas obtenidas de la**  
**aplicación de entrevistas a los constructores de TEC**  
**HOGAR.**

**Cuadro B1.** Preguntas aplicadas en la entrevista de campo realizada a los constructores.

<b>Principales preguntas</b>
¿Cuáles actividades consumen más tiempo durante la etapa constructiva?
¿Cuáles actividades considera que son las más costosas a la hora de construir?
¿Cuáles son los principales retrasos que ha experimentado durante la etapa constructiva de los proyectos?
¿Cuáles son los mayores desafíos que ha experimentado durante la etapa constructiva de los proyectos?

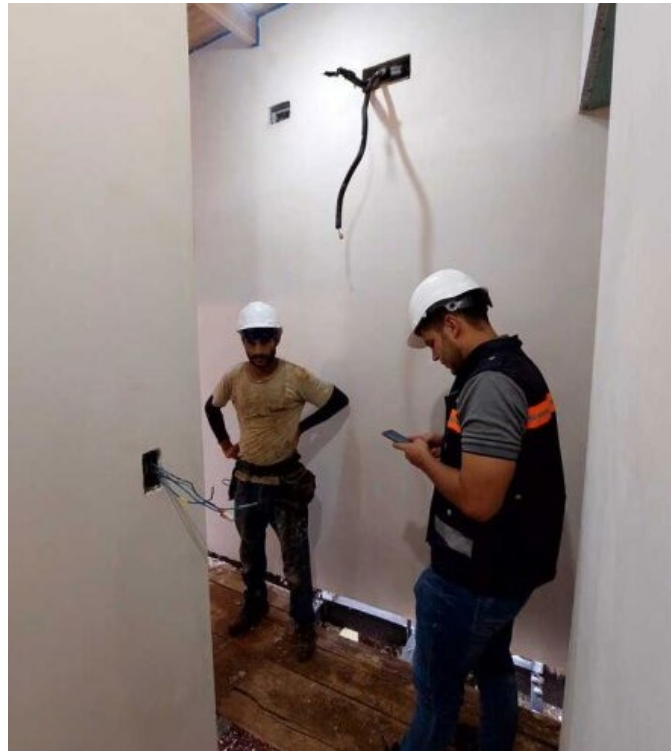
**Cuadro B2.** Respuestas obtenidas de la entrevista de campo realizada a los constructores.

<b>Marca temporal</b>	08/08/2023	09/08/2023	31/08/2023
<b>Escriba su nombre completo</b>	Mauricio García Díaz	José Manuel Badilla Vargas	William Badilla Vargas
<b>Indique su puesto en construcción</b>	Maestro de obras y contratista.	Maestro de obras.	Maestro de obras.
<b>Experiencia en construcción</b>	23 años.	40 años.	20 años.
<b>Tiempo que lleva trabajando en la empresa</b>	1.5 años.	5 años aproximadamente.	5 años aproximadamente.
<b>¿Cuáles son las actividades o etapas constructivas que por su experiencia considera que generan un mayor costo en las construcciones? Mencione al menos 3</b>	Instalación eléctrica, pisos.	Techos, paredes.	Estructura general, acabados, techo y cielos.
<b>¿Cuáles son las actividades o etapas constructivas que por su experiencia considera que consumen un mayor tiempo en la ejecución de las construcciones? Mencione al menos 3</b>	Detalles de acabados, cimientos, instalación eléctrica y cielos	Cielos, piso en madera, acabados.	Paredes, acabados, cielos.
<b>¿Cuáles son los mayores desafíos que enfrentan en la etapa constructiva de los proyectos?</b>	Excavaciones en terreno difícil y clima.	Clima, excavaciones y clientes difíciles	Clima y terrenos complicados
<b>¿Cuáles son los principales retrasos que enfrentan en la etapa constructiva de los proyectos?</b>	Entrega a tiempo de materiales, toma de decisiones y cambios del cliente.	Centros de carga a tiempo, grifería y conseguir hierro de calibre grueso.	Órdenes de cambio y entrega de materiales a tiempo.

**Figura B1.** Evidencia de entrevista de campo 1 con maestro de obras.



**Figura B2.** Evidencia de entrevista de campo 2 con maestro de obras.



**Apéndice C**  
**Guía de la observación directa y resultados obtenidos**  
**en cada visita.**

**Cuadro C1.** Guía de recolección de datos utilizada durante la observación directa

Parámetro:	Descripción:
Interacción entre equipos	Se observa cómo interactúan los distintos equipos de trabajo, como la cuadrilla de constructores, ingenieros, otros subcontratos, etc.
Uso de equipos	Registra si se utilizan de manera eficiente y segura.
Asignación de Mano de Obra	Registra si hay desequilibrios en la carga de trabajo.
Uso de espacio	Registra si hay áreas congestionadas o subutilizadas.
Control de Calidad	Registra cualquier situación insegura o incumplimiento de protocolos.
Comunicación	Registra si hay problemas de comunicación o malentendidos.

NOTA: Si algún parámetro anotado en la guía no se evidencia en alguna visita, simplemente no se puede anotar, de igual forma, si surge alguna otra acción que se considera relevante anotar y que influya durante el desarrollo del proyecto se puede realizar la anotación extra sin problemas.

**Cuadro C2.** Observación directa de la visita a proyecto Ara Macao.

Proyecto:	Ara Macao
Fecha:	8 de agosto de 2023
Ubicación:	Uvita, Puntarenas
Actividad realizada el día de la visita:	Colocación de armadura de viga corona
Sistema constructivo:	Mampostería confinada
<b>Parámetro:</b>	<b>Observación:</b>
Interacción entre equipos	Buena comunicación de equipo, además de buena comunicación con el ingeniero
Uso de equipos	Todos usaban casco de seguridad, no todos utilizan guantes de seguridad
Asignación de Mano de Obra	Carga de trabajo equilibrada
Uso de espacio	Uso desordenado de los espacios, muchos residuos por toda el área constructiva, tanto dentro de la casa como fuera
Control de Calidad	Malas prácticas constructivas en el relleno de celdas de block con refuerzo, uso de materiales diferentes de solo concreto
Comunicación	Buena comunicación de equipo, todos trabajando en conjunto para la colocación de vigas

**Figura C1.** Visita técnica 1, proyecto Ara Macao



**Cuadro C3.** Observación directa de la visita a proyecto Vaquita

Proyecto:	Vaquita
Fecha:	9 de agosto de 2023
Ubicación:	Rivas de Pérez Zeledón
Actividad realizada el día de la visita:	Colocación de armadura de viga corona
Sistema constructivo:	Mampostería confinada
<b>Parámetro:</b>	<b>Observación:</b>
Interacción entre equipos	Excelente interacción entre equipos y el ingeniero
Uso de equipos	Uso de casco y equipo de protección por parte de toda la cuadrilla
Asignación de Mano de Obra	Asignación equilibrada de tareas, 3 equipos, colocación de armadura, soldadura y preparación de formaleta
Uso de espacio	Uso ordenado de espacios y material cubierto en caso de lluvia
Control de Calidad	Bien en general
Comunicación	Buena comunicación, ambiente respetuoso

**Figura C2.** Visita técnica, proyecto Vaquita



**Tabla C4.** Observación directa de la visita a proyecto Fawcett

Proyecto:	Fawcett
Fecha:	31 de agosto de 2023
Ubicación:	Ojochal, Puntarenas
Actividad realizada el día de la visita:	Excavación de zanjas para cimientos
Sistema constructivo:	Mampostería
Parámetro:	Observación:
Interacción entre equipos	Buena interacción, aclaración de dudas con el ingeniero y buen flujo de trabajo.
Uso de equipos	Uso adecuado de herramientas, utilización de guantes para manipular herramientas de excavación.
Asignación de Mano de Obra	Buena distribución de mano de obra, un equipo estaba realizando la excavación y otro equipo estaba preparando la armadura de los cimientos
Uso de espacio	Uso adecuado del espacio, muy ordenado, pocos residuos aún por la etapa constructiva.
Control de Calidad	Bien en general.
Comunicación	No hubo mal entendidos y existía un buen flujo en el trabajo realizado ese día.

**Figura C3.** Visita técnica, proyecto Fawcett



## **Apéndice D**

**Entrevista con cada miembro del equipo de trabajo para comprender el flujo de trabajo y el proceso de construcción de proyectos.**

**Figura D1.** Entrevista con recepcionista de atención al cliente



**Figura D2.** Entrevista con arquitecto del equipo de diseño y planeación



**Figura D3.** Entrevista con ingeniero del equipo de ejecución e ingeniería



**Apéndice E**  
**Manual de implementación de LPS para proyectos  
modulares y sostenibles de la empresa TEC HOGAR**



**SEPTIEMBRE**

**2023**

**MANUAL DE IMPLEMETACIÓN LAST PLANNER SYSTEM  
EMPLEANDO SENDA MATRIX PARA PROYECTOS DE  
VIVIENDA MODULARES DE LA CONSTRUCTORA TEC  
HOGAR**

**JESUS EMANUEL GAMBOA NUÑEZ**

# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcance	3
<b>2. Conceptos básicos</b>	<b>4</b>
2.1 Filosofía Lean	4
2.2 Lean Construction	4
2.3 Last Planner System (LPS)	5
2.4 Beneficios esperados al aplicar LPS	5
<b>3. Proceso de implementación</b>	<b>5</b>
3.1 Informar al equipo	5
3.2 Designar al Last Planner (Último Planificador)	6
3.3 Instruir al equipo de trabajo	6
<b>4. Planificación Last Planner System</b>	<b>7</b>
4.1 Planificación a largo plazo	8
4.1.1 Plan maestro	8
4.1.2 Planificación por fases	9
4.1.3 Concepto de Pull Planning y Pull Session	10
4.1.4 Tarjetas para la aplicación de la técnica Pull Planning	11
4.2 Planificación a medio plazo (Look Ahead)	15
4.3 Planificación a Corto Plazo (Planificación Semanal)	21
4.3.1 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	24
4.3.2 Causas de No Cumplimiento (CNC)	26
4.4 Gestión LPS en campo	28
<b>5. Seguimiento y evaluación de resultados</b>	<b>32</b>
5.2 Interpretación de resultados de PAC	32
5.2.1 Escenario 1: Avance alto – PPC bajo	32

5.2.2 Escenario 2: Avance bajo – PPC alto .....	33
5.2.3 Escenario 3: Optimización del PPC .....	34
5.3 Interpretación de resultados de las CNC .....	35
<b>6. Ejemplo de aplicación .....</b>	<b>36</b>
<b>7. Documentación y registro.....</b>	<b>44</b>
<b>8. Mejora continua .....</b>	<b>45</b>
8.1 Diagrama de Pareto.....	45
8.2 Los 5 porqués.....	46
<b>Referencias: .....</b>	<b>47</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>49</b>

# 1. Introducción

El presente manual pretende servir como guía en el uso de la herramienta de Lean Construction denominada Last Planner System (LPS), diseñada principalmente para proyectos modulares y sostenibles de la constructora TEC HOGAR, con instrucciones paso a paso, imágenes, definiciones, un ejemplo de aplicación, entre otros aspectos importantes. El manual fue diseñado para utilizar plantillas de Excel y Senda Matrix facilitadas por el estudiante con el fin de optimizar la planificación y ejecución de los proyectos llevados a cabo por la empresa.

Es recomendable que el usuario cuente con un conocimiento teórico fundamental acerca de esta metodología, ya que esto facilitará la comprensión de las sugerencias e indicaciones proporcionadas en este manual, por lo que, se incluye en el documento una sección de conceptos básicos y aspectos iniciales importantes sobre Lean y LPS que le ayudarán al lector a entender el tema y comprender así, de mejor manera el contenido e instrucciones del manual.

## 1.1 Objetivo

Elaborar una herramienta de implementación de Last Planner System para la optimización de la etapa de planeación y construcción de proyectos modulares de la empresa TEC HOGAR, mediante el uso de plantillas personalizadas para la empresa con la ayuda del programa Excel y la extensión Senda Matrix.

## 1.2 Alcance

El presente documento muestra una guía de implementación de LPS, con instrucciones detalladas de lo que se debe realizar, plantillas personalizadas diseñadas para TEC HOGAR y con una explicación de los parámetros de medición y evaluación de resultados que se deben utilizar. Cuenta también con una sección para abarcar conceptos básicos, un ejemplo práctico de la implementación en un proyecto real y recomendaciones basadas en las buenas prácticas.

A continuación, se indica el procedimiento de aplicación de la herramienta para las diferentes fases de planificación Last Planner System (LPS).

## 2. Conceptos básicos

### 2.1 Filosofía Lean

La filosofía Lean es un enfoque de gestión y sistema de producción derivado del Sistema de Producción Toyota (TPS). Desarrollado por los japoneses en la década de 1950, ha sido adoptado por empresas globalmente. Su objetivo principal es optimizar los procesos en diversas áreas empresariales, como



manufactura, servicios y desarrollo de productos. Lean se enfoca en maximizar el valor para el cliente al eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia, efectividad, calidad y satisfacción del cliente. Se busca reducir o eliminar actividades que no aportan valor al producto o servicio. En resumen, Lean se centra en la mejora continua y la optimización de procesos para beneficio del cliente.

### 2.2 Lean Construction

Lean Construction se refiere a la aplicación de técnicas Lean a lo largo de todas las etapas de un proyecto constructivo, puede ser desde el diseño hasta la puesta en servicio. Este enfoque implica maximizar el valor para las partes interesadas y reducir el desperdicio, destacando la colaboración entre los equipos en el proyecto. El objetivo principal de Lean Construction es aumentar la productividad, las ganancias y la innovación en la industria de la construcción. Se busca la excelencia mediante la mejora continua, eliminando actividades sin valor, optimizando recursos y ofreciendo mayor valor al cliente (Pons, 2014).



La aplicación exitosa de Lean Construction requiere de la utilización de diversas herramientas destinadas a mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y fomentar la colaboración del equipo en todas las fases de un proyecto constructivo. Algunos ejemplos son el Value Stream Mapping (VSM), la gestión visual, el 5S, la ingeniería concurrente y otras metodologías innovadoras. En esta amplia gama de herramientas sobresale Last Planner System (LPS), la cual se presenta como una herramienta clave para la planificación y ejecución colaborativa de tareas y que es en la cual se centra este manual de implementación como su título lo indica.

## 2.3 Last Planner System (LPS)

Last Planner System (LPS), es una metodología de planificación y control de proyectos constructivos, que se deriva de la filosofía Lean Construction (construcción sin desperdicios), este sistema de planificación está diseñado para integrar “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer”, “lo que se hará” y “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas. Su objetivo es entregar un flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido (Pons y Rubio, 2019).

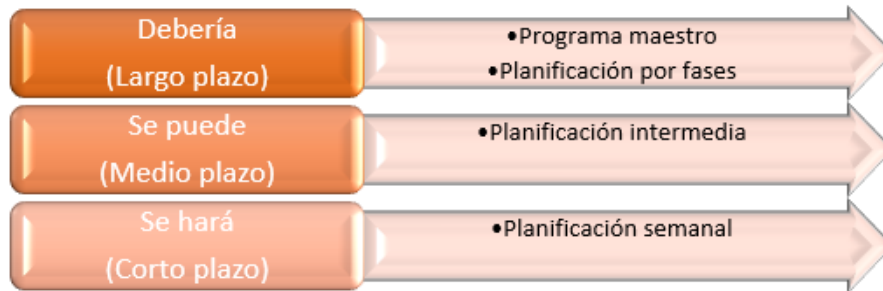


Figura 1. Esquema del Debe – Se hará – Se puede.

## 2.4 Beneficios esperados al aplicar LPS

- Fomentar el trabajo colaborativo.
- Fortalecer el respeto entre miembros de equipo.
- Eliminar o reducir el desperdicio al realizar el trabajo correctamente desde el inicio.
- Mejorar el flujo de trabajo mediante una planificación más cuidadosa.
- Producción de mejora continua a medida que el equipo aprende de cada error en los ciclos de planificación.
- Optimización global a través de resultados mejorados.

## 3. Proceso de implementación

### 3.1 Informar al equipo

Cada proyecto constructivo de la empresa requiere de un equipo de profesionales y constructores según los requerimientos y dificultad de la obra. Existen proyectos que involucran a profesionales como el ingeniero electromecánico, ingeniero estructural, ingeniero de planta, arquitecto, contratista de mano de obra, constructores, entre otros. Es importante informar al equipo completo sobre la aplicación de Last Planner desde una etapa temprana del proyecto (puede ser desde el proceso de diseño), para que el equipo esté consciente del uso y aplicación de la metodología LPS



durante la etapa de planeación y construcción. Esto con el fin de que cada profesional y trabajador se comprometa en apoyar la implementación y participar activamente durante el proceso de aplicación de la metodología.

### 3.2 Designar al Last Planner (Último Planificador)



Inicialmente se debe designar al último planificador, en el caso de la constructora puede ser el ingeniero de planta o el asistente, por el tipo de proyectos que generalmente se realizan en la constructora (viviendas unifamiliares), se considera suficiente realizar la implementación de la herramienta con un solo planificador, este debe conocer el proceso de implementación de Last Planner y estar preparado para su aplicación.

### 3.3 Instruir al equipo de trabajo

Una vez designado el último planificador, se debe realizar una presentación al equipo involucrado en el proyecto constructivo, esto en caso de que sea la **primera vez** que el equipo hará uso de la herramienta de LPS para la planificación del proyecto. Se puede utilizar una presentación realizada por el estudiante durante la implementación de la herramienta en la empresa TEC HOGAR. La presentación se puede adquirir en el siguiente link: [PRESENTACIÓN LC Y LPS.pdf](#)

También se adjunta la presentación en la sección de apéndices del manual, en el **APÉNDICE A**.






**Figura 2.** Portada de la presentación para la introducción de LPS al equipo de trabajo.

Una vez informado el equipo y designado el Último planificador se puede proceder con la implementación de la herramienta.

## 4. Planificación Last Planner System

Se ha creado una carpeta con plantillas para la gestión de Last Planner System en la empresa TEC HOGAR, dicha carpeta incluye las tres fases de planificación indicadas en la figura 1, el uso de esta carpeta, las plantillas y las técnicas para aplicar la metodología LPS, se explica con instrucciones, imágenes y ejemplos a lo largo del presente manual. Para acceder a la carpeta se debe ingresar al siguiente Link: [LPS - PROYECTO \(NOMBRE DEL PROYECTO\)](#) (contraseña: *TECH-2023*).

La carpeta general encontrada en el link posee la siguiente estructura y contenido:

Descripción	Carpeta
<p>1. Carpeta general, se debe colocar el nombre del proyecto con el que se está trabajando.</p>	 <p>LPS - PROYECTO (NOMBRE DEL PROYECTO)</p>
<p>2. Contenido de la carpeta general:</p>	 <p>1- PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO      2- PLANIFICACIÓN INTERMEDIA      3- PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO</p>
<p>3. Contenido de cada carpeta de planificación:</p>	 <p>1- PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO → GESTIÓN DE RESPONSABLES Y RESTRICCIONES PULL SESSION #... Hoja de cálculo de Microsoft Excel</p> <p>2- PLANIFICACIÓN INTERMEDIA → Look Ahead.xlsx Hoja de cálculo de Microsoft Excel 36,5 KB</p> <p>3- PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO → Planificación Semanal.xlsx Hoja de cálculo de Microsoft Excel 45,1 KB</p>

## 4.1 Planificación a largo plazo

Antes de comenzar esta primera etapa de planificación, ya todo el equipo de trabajo involucrado en el proyecto debe estar informado de la aplicación de la metodología LPS (profesionales y constructores), deben también haber recibido la charla introductoria al tema en caso de ser la primera vez, y deben estar comprometidos a aportar su conocimiento para realizar un óptimo trabajo en equipo.

Se debe fijar una fecha y hora para comenzar con la primer sesión, en donde se tomará como base de la planificación a Largo Plazo el plan maestro. Es importante recalcar que esta reunión puede tener una duración entre **2 y 4 horas**, por lo que se recomienda gestionar de la mejor manera el tiempo, haciendo pausas durante la reunión para no agotar a los participantes.



La planificación a Largo Plazo se divide en 2 secciones: **Plan Maestro y Planificación por Fases**, donde a su vez, se hará uso de la técnica llamada **Pull Planning** para la planificación por fases.

### 4.1.2 Plan maestro

Para esta etapa se debe tener elaborado el cronograma de obra general que la empresa acostumbra a confeccionar en el software de MS Project. El cronograma servirá como base para marcar el flujo del proyecto de la vivienda y los hitos importantes de la planificación por fases durante la reunión.

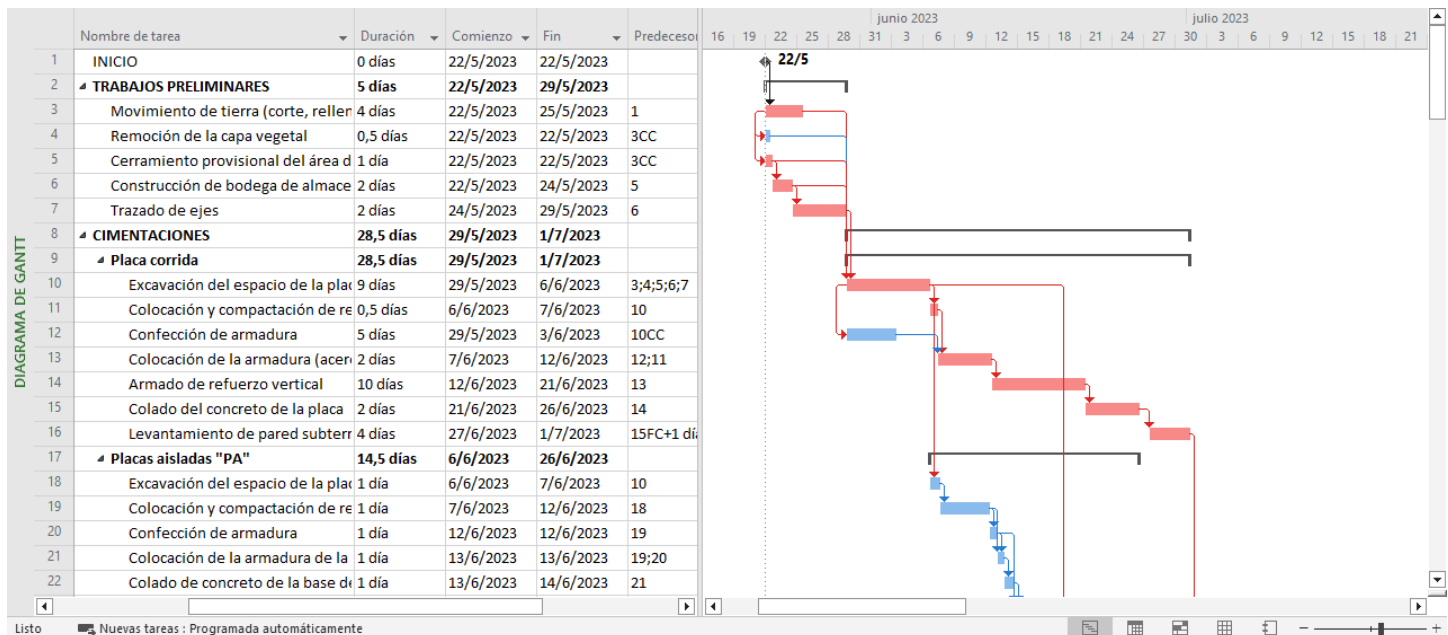


Figura 3. Ejemplo de una fracción de un plan maestro en MS Project.

La reunión se debe realizar en un lugar con el espacio suficiente para atender a los participantes, se deben distribuir las áreas donde se proyectará el plan maestro y donde se llevará a cabo el ejercicio de la Planificación por Fases mediante la técnica Pull Planning, a continuación, se muestra un esquema de una propuesta de distribución para designar el área de la sala principal de reuniones de la empresa y llevar a cabo la reunión de planificación a Largo Plazo.



**Figura 4.** Propuesta de distribución de la sala de reuniones

Una vez que el plan maestro se haya presentado de manera general a los participantes de la reunión se debe comenzar con la planificación por fases.

#### **4.1.2 Planificación por fases**

Se refiere a la descomposición del plan maestro en etapas más pequeñas y manejables (dividir en fases), lo que facilita la gestión y la adaptación a medida que avanza el proyecto. Se recomienda dividir en 2 la planificación por fases para un proyecto de vivienda unifamiliar, en periodos de 3 meses aproximadamente, las fases pueden incluir:

- **Primera Fase:** Trabajos preliminares, cimentación, levantamiento de paredes y piso/contrapiso.
- **Segunda Fase:** Techos, instalaciones electromecánicas, puertas y ventanas.

Esto es simplemente una recomendación, se debe adaptar según el Plan Maestro que se está proyectando en la otra pared e involucrar las actividades que se pueden trabajar en paralelo. La planificación de ambas fases se puede llevar a cabo en una sola reunión de máximo 4 horas (como se indicó anteriormente), si llegado a este tiempo no se ha concluido con la planificación de las 2 fases, se debe programar otra reunión en una fecha estratégica para continuar con la planificación de la segunda fase. En la figura 5 se muestra un ejemplo de cómo se estructura una Planificación por Fases.



**Figura 5.** Ejemplo de Fases de un proyecto de vivienda unifamiliar.

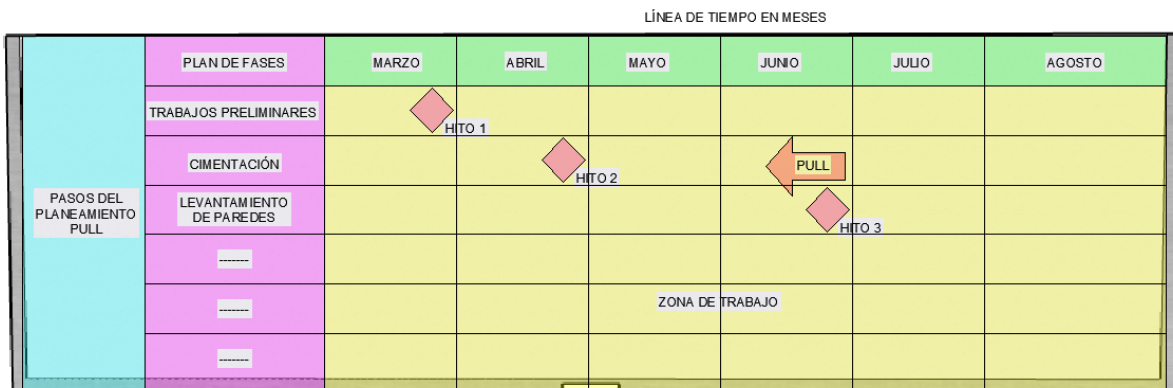
**Fuente:** Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del Last Planner System (2019)

Para realizar esta planificación por fases se usará una técnica llamada Pull Planning, la cual se describe en la siguiente sección:

#### 4.1.3 Concepto de Pull Planning y Pull Session

**Pull Planning** es una técnica que, como su nombre indica, se planifica utilizando los conceptos de un sistema productivo PULL. Es decir, se parte por definir cuál es el último entregable de la fase a planificar y a partir de este último hito, se realiza la pregunta “¿qué es lo que requiero que esté listo justo antes para poder entregar este hito?”. De esta forma se realiza una planificación que involucra cada actividad anterior y genera condiciones para completar ese compromiso. La **Sesión Pull** (Pull Session) sirve para identificar la estrategia del proyecto, principalmente en cuanto a la planificación y ordenes de producción de cada fase, generando un alineamiento entre los participantes (Pons y Rubio, 2019).

La primera “Pull Session” debe abarcar como mínimo la primera fase propuesta anteriormente, esta sesión será dirigida por el facilitador o último planificador, el cual se encarga de dar agilidad y orden a la reunión. El panel o pizarra donde se llevará a cabo la planificación Pull de la primera fase debe estar dividido de la siguiente forma:



**Figura 6.** Distribución de pizarra o panel para el Pull Planning de la planificación por fases.

En la sección de “Pasos del planeamiento Pull” de la figura 6, se enlistarán las siguientes instrucciones recomendadas por Llanos (2022), con el fin que funcionen como guía durante la reunión:

1. **Definir las fechas de trabajo y las fechas de entrega de cada fase (hito)**, esto apoyándose y extrayendo datos del cronograma del plan maestro elaborado en MS Project.
2. **Planificar en reversa y en equipo** las actividades necesarias para cada fase.
3. **Agregar las duraciones de cada actividad** sin considerar ninguna contingencia o *buffer* (reserva de días o recursos según lo amerite la actividad) en su estimación.
4. Revisar con el equipo completo, **la lógica del plan** para comprimir la duración.
5. Determinar la **fecha de inicio** más práctica para todo el equipo involucrado.
6. Una vez revisado el plan, se deben **proponer las actividades que necesiten buffers**, para tener ese respaldo en las actividades que podrían atrasarse.
7. Realizar una revisión final de las actividades y buffers para **verificar que el equipo de trabajo se sienta cómodo** con la planificación realizada en la pizarra o panel del Pull Planning.

La dinámica consiste en definir los hitos en la pizarra o el panel de la Planificación por Fases, los hitos se pueden anotar en tarjetas y colocarlas de manera que queden en forma de rombo, como se ve en la figura 6, luego se asignan tarjetas de distinto color para cada persona o equipo de trabajo involucrado en la reunión, las tarjetas se deben llenar con información y pegarlas en el panel para continuar la dinámica de Planificación Pull.

#### 4.1.4 Tarjetas para la aplicación de la técnica Pull Planning

Se debe definir y explicar una estructura para las tarjetas, también se le debe asignar un color a cada persona o equipo de trabajo, esto para diferenciar el aporte que realiza cada uno, un ejemplo de la estructura de la tarjeta es el siguiente:



**Figura 7.** Propuesta de estructura de las tarjetas.

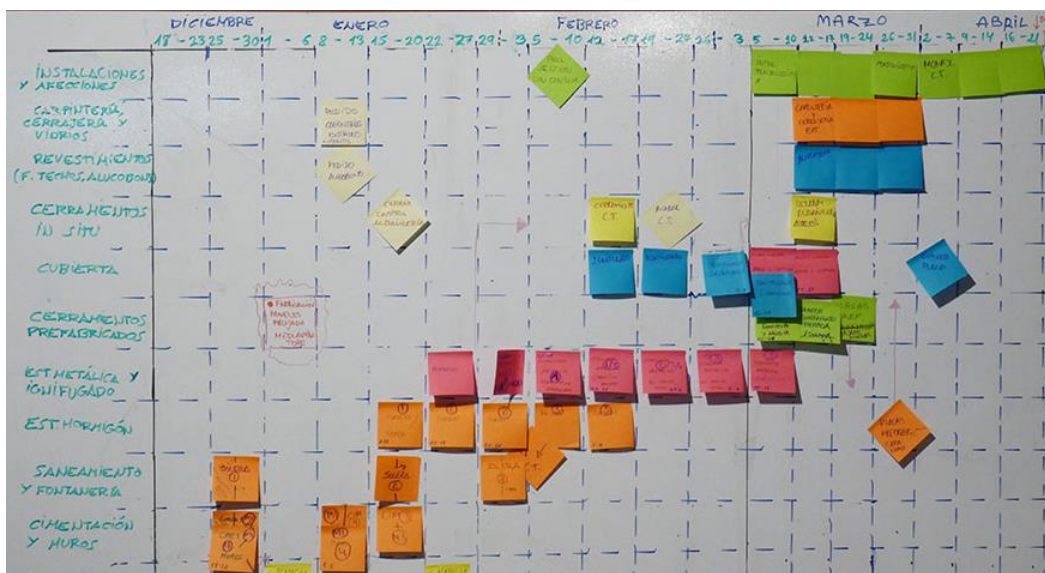
Adicional a esto, un ejemplo de asignación de colores para las tarjetas es el siguiente:

- **Ingeniero encargado de la dirección de obra**
- **Ingeniero de planta**
- **Ingeniero electromecánico**
- **Contratista de mano de obra**
- **Maestro de obras**



Es importante recalcar que esto es un ejemplo, la distribución de colores se debe adaptar según la cantidad de personas que participen en la reunión. Una vez asignado un color para cada persona o equipo presente y después de asegurarse que todo el equipo entiende la dinámica de la planificación Pull, se debe proceder con la planificación por fases.

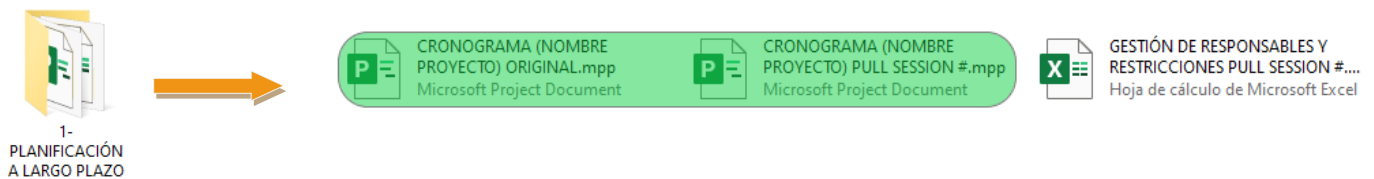
Una vez la reunión finalice con todo lo descrito anteriormente y siguiendo los pasos indicados, el panel o pizarra de la reunión debe verse similar a la siguiente figura:



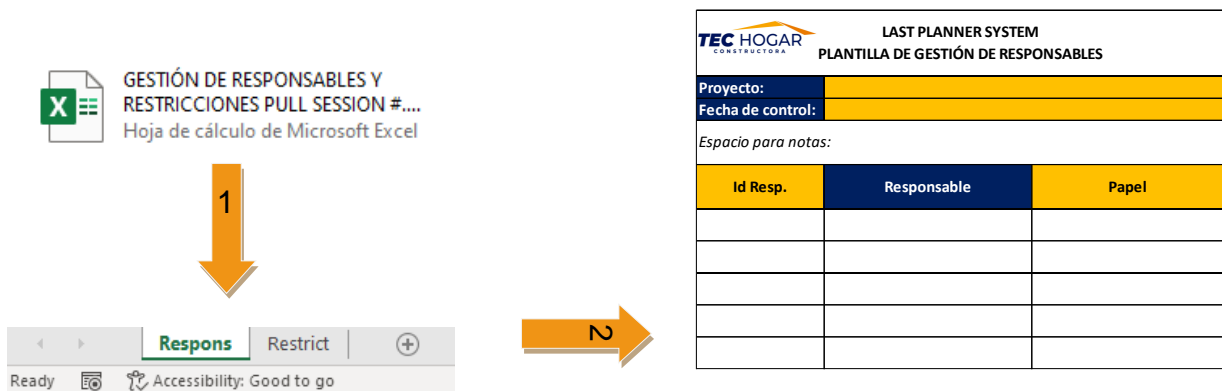
**Figura 8.** Ejemplo de panel después de una Pull Session para elaborar la Planificación por Fases de un proyecto.

Cada tarjeta estará llena con actividades y restricciones que deben ser gestionadas por el planificador. Muchas empresas con un sistema de Last Planner ya establecido poseen una sala para poder gestionar la planificación a Largo Plazo y la Planificación Intermedia, esas empresas destinan esas salas para aplicar LPS desde el inicio hasta el final del proyecto. En el caso de la constructora TEC HOGAR las 3 fases de planificación de Last Planner se gestionarán mediante herramientas computacionales propuestas por el estudiante, como lo son en este caso Excel y la extensión de Senda Matrix para Excel. Esto debido a que la sala de reuniones se utiliza para muchas actividades más y no se puede destinar solo para la aplicación de LPS (las instrucciones de instalación de Senda Matrix se pueden consultar en el **ANEXO A**).

Después de cada reunión de planificación por fases (hay que recordar que pueden ser 2 o simplemente 1, según la complejidad del proyecto), se debe **comparar** el cronograma original del plan maestro y **ajustar o corregir** según las fechas y buffers fijados durante la Pull Session de la Planificación por Fases, esto para poder tener un cronograma más ajustado a la realidad, en el que haya trabajado todo el equipo involucrado y que esté elaborado con las opiniones y experiencias de cada uno. Se recomienda elaborar una copia del cronograma original y ajustarla con la planificación por fases. Estos archivos deben ser **agregados** a la carpeta de **Planificación a Largo Plazo** facilitada por el estudiante, respetando la siguiente estructura:



Además de esto, se deben anotar las restricciones y personas responsables en la plantilla de “Gestión de responsables y restricciones Pull Session #”, facilitada por el estudiante.



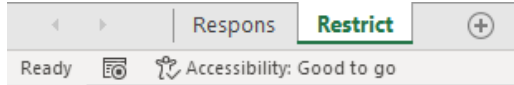
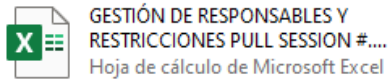
**Proyecto:** Nombre del proyecto.

**Fecha de control:** Última fecha en que se actualiza la hoja.

**Id Resp:** Abreviatura del nombre del responsable.

**Responsable:** Persona responsable, puede ser un trabajador de oficina o por subcontrato.

**Papel:** Breve descripción de la actividad que realiza la persona responsable (Ing. de planta, Maestro de obras...)



TEC HOGAR CONSTRUCTORA		
LAST PLANNER SYSTEM		
PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESTRICCIONES		
Proyecto:		
Fecha de control:		
Espacio para notas:		
Id Restr.	Descripción	Id Act. Afectada

**Proyecto:** Nombre del proyecto.

**Fecha de control:** Última fecha en que se actualiza la hoja.

**Id Restr:** Abreviatura de la restricción.

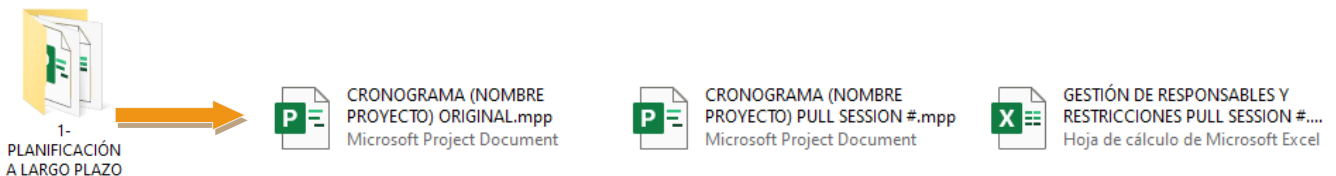
**Descripción:** Descripción breve de la restricción.

**Id Act. Afectada:** Identificación de la actividad afectada, se recomienda usar la del número de esquema del Ms Project.

El formato es muy simple para luego facilitar su copia a las plantillas del Look Ahead y/o Planificación Semanal que utiliza la extensión Senda Matrix.

Una vez realizado esto se tiene completada la planificación a largo plazo, es muy importante completar las plantillas anteriormente descritas, ya que para la gestión de las siguientes etapas del LPS son necesarias las restricciones y responsables indicados en la Pull Session.

Después de finalizada esta etapa, la carpeta de Planificación a Largo Plazo de la carpeta general elaborada por el estudiante, debe tener la siguiente estructura:



## 4.2 Planificación a medio plazo (Look Ahead)

Para esta etapa se extrae una ventana de entre 3 y 8 semanas del Plan Maestro, para los proyectos de TEC HOGAR como generalmente son viviendas, se debe usar una ventana de **3 o 4 semanas**, según lo decida el planificador.

A partir de este punto, se debe actualizar semanalmente las plantillas de Planificación Intermedia, por ejemplo, si es planificador decide que la ventana de extracción del plan maestro sea de 4 semanas, en la reunión de control de la semana 2 (que se hacen generalmente jueves o viernes), se debe agregar la semana 5, al Look Ahead, luego la semana 6, 7 y así sucesivamente.

Para gestionar esta etapa se hará uso de la extensión Senda Matrix para Excel, siguiendo las instrucciones descritas a continuación (en caso de no tener instalada la cinta de opciones de Senda Matrix, se debe consultar el anexo a):

1. **Extraer** del plan maestro actualizado con los acuerdos de la Pull Session una ventana de 4 semanas (o lo que haya decidido el planificador) de planificación de obra, para trasladarlo a la plantilla de Look Ahead.

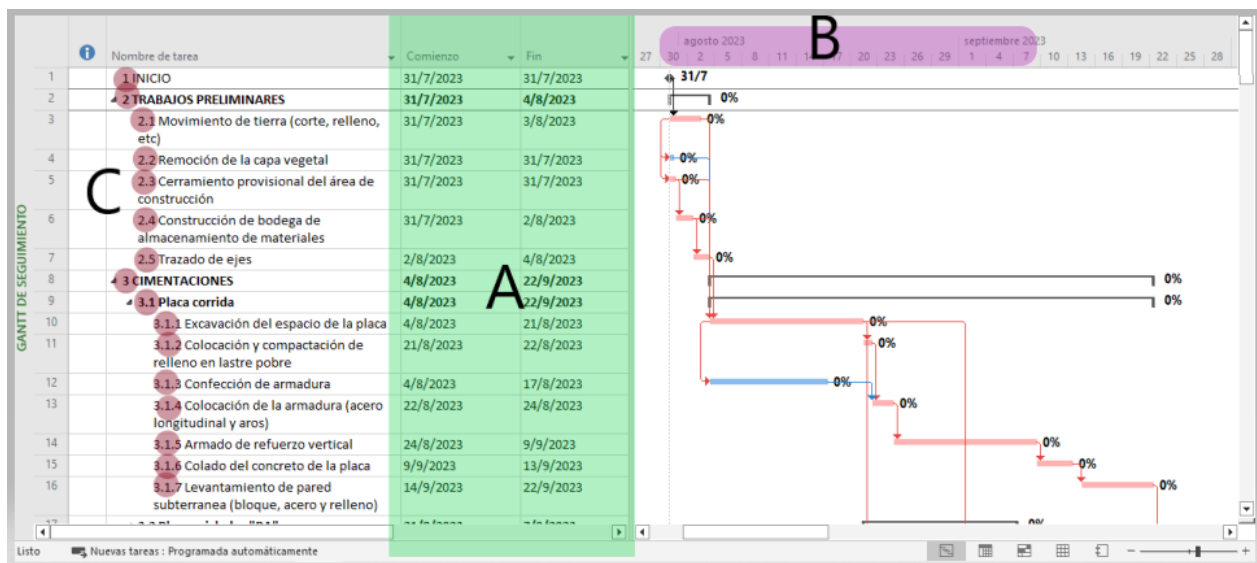


Figura 9. Plan Maestro actualizado según la Pull Session

Para esto, se puede ayudar con la sección de programación de fechas de Comienzo y Fin (sección A, figura 9), que están designadas en el documento Project, o con la ayuda del diagrama de Gantt (sección B, figura 9), como lo prefiera el planificador. También, en Project se puede utilizar la función de filtrar tareas de una fecha a otra, por lo que se pueden filtrar las 4 semanas del Look Ahead con ayuda de esta herramienta. Se recomienda tener activada la opción de número de esquema (sección C, figura 9) para asignar un número a cada actividad y poder apreciar mejor la estructura de desglose de trabajo (EDT) utilizada para el proyecto.

Para filtrar por fechas, se debe hacer lo siguiente en Project: ir a la pestaña vista, datos, filtros y seleccionar intervalo de fechas, ahí simplemente se indica de que fecha a que fecha quiere ver las actividades programadas, facilitando la extracción de tareas para el Look Ahead.

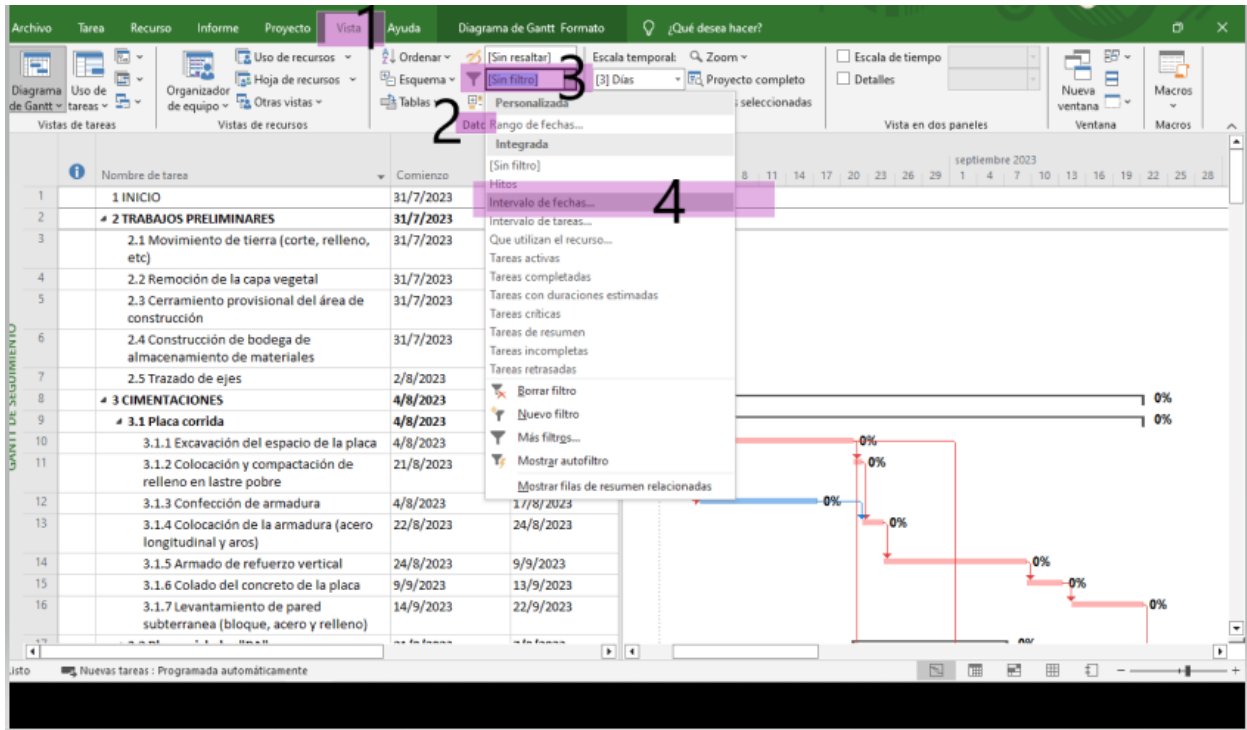
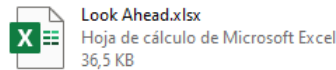
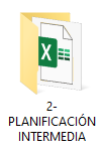
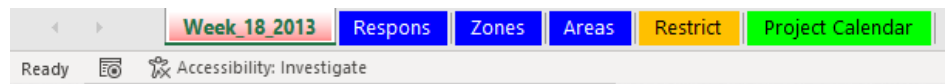


Figura 10. Pasos para realizar el filtro por fechas en Ms Project.

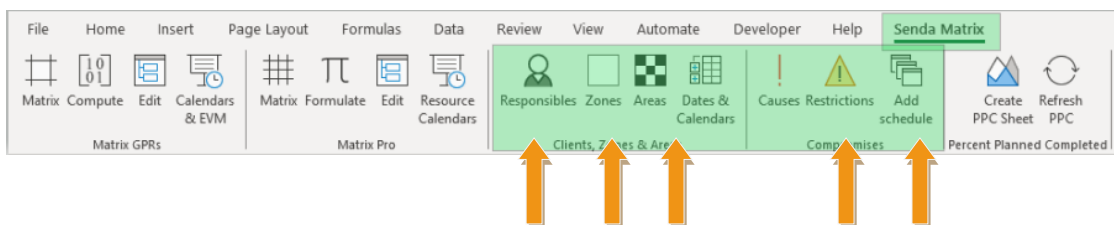
2. En la carpeta de Planificación Intermedia, de la carpeta general facilitada por el estudiante, se encuentra la plantilla para el Look Ahead, elaborada a partir de la extensión **Senda Matrix**, dicha plantilla cuenta con las siguientes hojas que se deben **completar** para continuar con la planificación del Look Ahead:



Hojas disponibles en la plantilla:



**Nota importante:** en caso de que falte alguna de las hojas anteriores o se borre alguna hoja sin intención, se debe ir a la cinta de opciones de Senda Matrix, y presionar el botón con la hoja que se haya eliminado, de esta forma el programa añadirá automáticamente la hoja que haga falta.



A continuación, se explica cada hoja y su contenido para facilitar el proceso de completar cada una:

### Hoja de responsables:

Respons

Resp Id	Name	Celular	Office	email
Resp1	responsable 1	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>
Resp2	responsable 2	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>
Resp3	responsable 3	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>
Resp4	responsable 4	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>
Resp5	responsable 5	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>
Resp6	responsable 6	111-111-111	111-111-111	<a href="mailto:111@111.com">111@111.com</a>

Las columnas de *Resp Id* y *Name*, se extraen de la plantilla de responsables de la Pull Session, explicada anteriormente.

**Resp Id\*\*:** Abreviatura o identificación del responsable

**Name\*\*:** Nombre del responsable.

**Celular:** Contacto del responsable.

**Office:** Oficina del responsable.

**email:** Dirección de correo electrónico.

**(\*\*) Espacio obligatorio, los demás son opcionales.**

### Hoja de zonas:

Zones

Esta hoja describe el mayor nivel de la estructura de desglose de trabajo, dividido en actividades principales, en la figura 10 serían por ejemplo:

**1. Inicio; 2. Trabajos preliminares; 3. Cimentaciones.**

Zone Id	Zone Short Description	Zone Long Description
Zone 1	Zone 1	Zone 1
Zone 2	Zone 2	Zone 2
Zone 3	Zone 3	Zone 3
Zone 4	Zone 4	Zone 4
Zone 5	Zone 5	Zone 5

**Zone Id\*\*:** Abreviatura o identificación de la zona.

**Zone Short Description\*\*:** Breve descripción o nombre completo de la zona.

**Zone Long Description:** Descripción más detallada de la zona.

**(\*\*) Espacio obligatorio, los demás son opcionales.**

### Hoja de áreas:

Areas

La hoja de áreas se utiliza en proyectos de mucha magnitud, como por ejemplo edificios con varios pisos de altura y zonas de trabajo muy marcadas que se pueden trabajar en simultaneo, sin embargo, aunque para efectos de la empresa **NO** se utilizará, esta hoja debe estar incluida porque la herramienta de “**Añadir calendario**” (se explicará más adelante) de Senda

Matrix, necesita la existencia de esta hoja para funcionar.

Area Id	Area Short Description	Area Long Description

**Area Id\*\*:** Abreviatura o identificación del área.

**Area Short Description\*\*:** Breve descripción o nombre completo del área.

**Area Long Description:** Descripción más detallada del área.

**(\*\*) Espacio obligatorio, los demás son opcionales.**

Restr. Id	Restr. Text	Open at Date	Zone	Area	Client	Needed at Date	Respons	Compromis at Date	Status	Closed at Date
Rst.#1	Restriction #1	3/5/2013	Zone 1	Aea 4	Resp1	9/5/2013	Resp2	9/5/2013	Open	
Rst.#2	Restriction #2	4/5/2013	Zone 1	Aea 2	Resp5	10/5/2013	Resp3	10/5/2013	Open	
Rst.#3	Restriction #3	5/5/2013	Zone 2	Aea 3	Resp3	10/5/2013	Resp2	10/5/2013	Closed	8/5/2013
Rst.#4	Restriction #4	6/5/2013	Zone 4	Aea 3	Resp6	11/5/2013	Resp5	11/5/2013	Open	
Rst.#5	Restriction #5	7/5/2013	Zone 4	Aea 4	Resp2	15/5/2013	Resp1	15/5/2013	Open	
Rst.#6	Restriction #6	8/5/2013	Zone 4	Aea 5	Resp7	1/6/2013	Resp8	1/6/2013	Open	
Rst.#7	Restriction #7	9/5/2013	Zone 7	Aea 4	Resp5	3/6/2013	Resp2	3/6/2013	Open	
Rst.#8	Restriction #8	10/5/2013	Zone 4	Aea 5	Resp13	16/5/2013	Resp3	16/5/2013	Open	
Rst.#9	Restriction #9	11/5/2013	Zone 8	Aea 1	Resp2	27/5/2013	Resp5	27/5/2013	Open	
Rst.#10	Restriction #10	12/5/2013	Zone 7	Aea 2	Resp14	18/5/2013	Resp7	18/5/2013	Open	
Percentage of Closed Restrictions Over Total Restrictions									10.00%	1

**Hoja de restricciones:**



Las tareas que se vayan a pasar del Plan Maestro al Look Ahead traen consigo las restricciones de la Pull Sesión y que se anotaron en la plantilla “Gestión de responsables y restricciones Pull Session #”, si surgen nuevas restricciones se pueden colocar en esta plantilla sin problemas, las primeras 2 columnas de la tabla anterior (Restr. Id & Restr. Text) coinciden con el formato de gestión de restricciones antes propuesto, esto para poder copiarlas fácilmente de una plantilla a otra.

**Restr. Id\*\*:** Abreviatura o identificación de la restricción.

**Restr. Text\*\*:** Breve descripción o nombre completo de la restricción.

**Open at date:** Fecha en que la restricción fue abierta o identificada.

**Zone:** Zona de la construcción a la que afecta dicha restricción.

**Area:** Area de la construcción a la que afecta dicha restricción.

**Client:** En el caso de que el cliente sea el responsable de cerrar dicha restricción.

**Needed at date\*\*:** Fecha en que se necesita que esté cerrada la restricción.

**Respons\*\*:** Persona responsable de liberar esa restricción, puede ser cualquier constructor de campo o profesional de oficina, según sea la restricción.

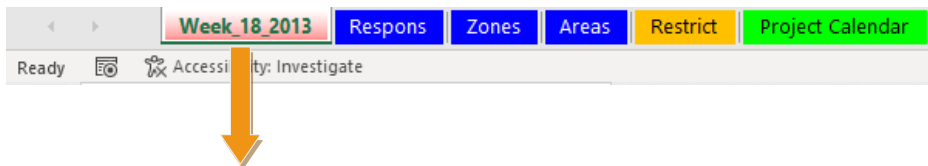
**Compromis at date\*\*:** Fecha en que el responsable se comprometió a cerrar la restricción.

**Status\*\*:** Indica si la restricción sigue abierta, o si ya fue cerrada.

**Closed at Date\*\*:** Indica la fecha real en que fue cerrada la restricción.

**(\*\*) Espacio obligatorio, los demás son opcionales.**

- Una vez completadas las hojas descritas anteriormente, se deben **colocar las tareas extraídas del Project** en la hoja correspondiente a la semana de planificación que fue realizado el Look Ahead.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
3							4		Week 18							Week 19									
4	WWP	1	Week 18 2013		2	3	Dates		29/4/2013	30/4/2013	1/5/2013	2/5/2013	3/5/2013	4/5/2013	5/5/2013	6/5/2013	7/5/2013	8/5/2013	9/5/2013	10/5/2013	11/5/2013	12/5/2013	13/5/2013	14/5/2013	15/5/2013
5	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Restr	Start	Finish	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun2	mar2	mié2	jue2	vie2	sáb2	dom2	lun3	mar3	mié3
6	Act.#1	Activity Number #1	Compr	Resp1	Zone 1	Rst.#5	29/4/2013	1/5/2013																	
7	Act.#2	Activity Number #2	Compr	Resp3	Zone 3	Rst.#5	30/4/2013	30/4/2013																	
8	Act.#3	Activity Number #3	Compr	Resp1	Zone 3	Rst.#1	1/5/2013	2/5/2013																	
9	Act.#4	Activity Number #4	Stock	Resp7	Zone 2		6/5/2013	10/5/2013																	
10																									
11																									
12																									

Figura 11. Secciones de trabajo de la plantilla del Look Ahead con Senda Matrix.

Cada sección se explica a continuación:

**3.1. Sección 1:** se describen las actividades, pueden ser extraídas directamente del documento de MS Project, del Plan Maestro, se recomienda **usar la misma numeración del cronograma** para la columna de “Id Act”.

**3.2. Sección 2:** se designa el estado de la tarea, el responsable de ejecutarla y la zona. Ac ontinuación se explica cada columna:

**3.2.1. Class:** Se usa para clasificar las tareas como comprometidas (Compr) o en inventario (Stock).

Las tareas marcadas como “Compr”, son aquellas que el equipo se comprometió a completar en un periodo específico, puede ser una semana o dos. Mientras que las tareas marcadas como “Stock”, se consideran como opciones disponibles en caso de que se liberen recursos o surjan oportunidades para realizar más trabajo durante el período de planificación. Las actividades en stock se mantienen en reserva y se pueden seleccionar si es necesario en función de la capacidad y los recursos disponibles en ese momento.

**3.2.2. Resp:** Simplemente se debe designar el responsable de realiza dicha actividad, en el caso de los proyectos de TEC HOGAR, lo responsables por lo general son miembros de la cuadrilla o contratista, aunque de igual forma puede incluir a un profesional de oficina de ser necesario.

**3.2.3. Zone:** Zona de construcción en la que se encuentra ubicada esa tarea.

Class	Resp	Zone
Compr	Resp1	one 1
Compr	Resp1	one 3
Compr	Resp2	one 3
Stock	Resp3	one 2
	Resp4	

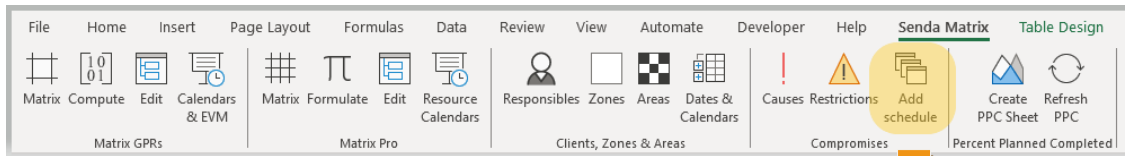
**3.3. Sección 3:** la columna “Restr” hace referencia a las restricciones que afectan a las tareas que aún no son liberadas (una tarea liberada es una tarea **libre de restricciones**).

**3.4. Sección 4:** se designan las fechas de inicio y de fin en la que se debe realizar la actividad, se pueden introducir manualmente o copiar del Project del Plan Maestro.

**3.5. Sección 5:** se presentan las semanas contempladas en el Look Ahead actual, los días y las fechas.

### 3.6. Sección 6: visualización del diagrama de Gantt.

4. El Look Ahead se debe **actualizar semanalmente**, después de la reunión de seguimiento, para esto, la herramienta de Senda Matrix incluye la opción de **“Añadir calendario”**, donde se debe indicar la fecha y semana que se desea añadir, además de la cantidad de semanas que se desea planificar:



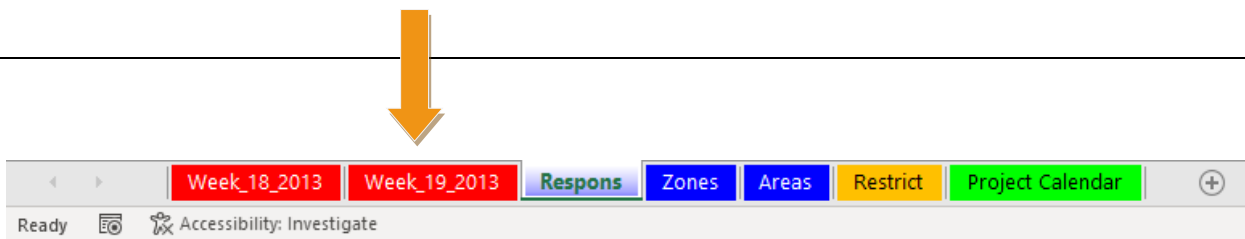
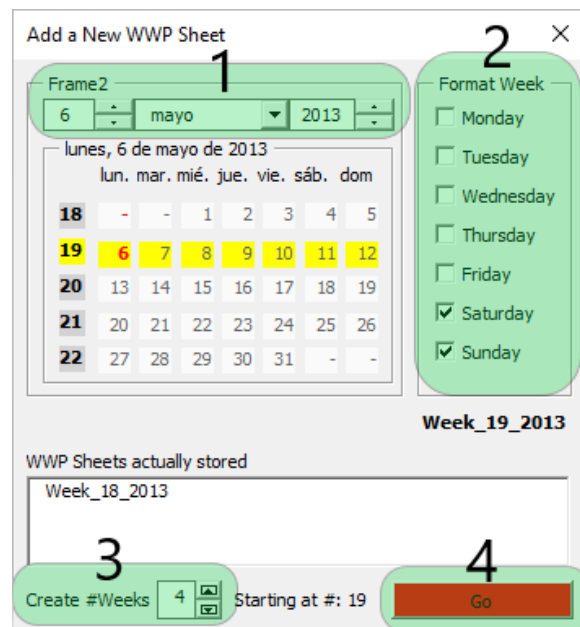
Siguiendo la línea de la figura 11, la reunión y actualización semanal se hace el viernes 3/5/2023. Por lo que en el calendario se agregan 4 semanas más, a partir del lunes 6/5/2023:

4.1 Seleccionar la fecha, el primer día de la semana siguiente de la revisión del Look Ahead.

4.2 Seleccionar el formato de la semana.

4.3 La cantidad de semanas que se están utilizando para el Look Ahead actual (“4 Weeks”, por ejemplo).

4.4 Presionar el botón rojo “Go” para crear la nueva hoja.



De esta forma se agrega una semana nueva en una nueva hoja de Look Ahead.

5. Cuando la planificación intermedia esté completa, se debe actualizar cada semana, eliminando la semana actual y agregando una semana más al Look Ahead, utilizando la herramienta “Add Schedule” explicada anteriormente.
6. En algunos libros se recomienda tener visible el Look Ahead, con el fin de que el equipo de campo involucrado tenga presente el objetivo de avance de obra con la ayuda del cronograma, también para que

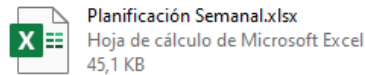
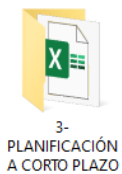
los trabajadores puedan revisar el avance real contra lo que está establecido en el Look Ahead. Para esto se recomienda tener un panel o una pequeña pizarra en campo, donde se coloque información importante, como el diagrama completo de obra (actualizado con la información obtenida de la Pull Session), el Look Ahead y cualquier otro material que se considere importante para el último planificador.

### 4.3 Planificación a Corto Plazo (Planificación Semanal)

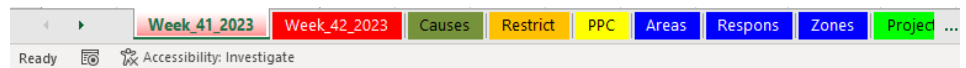
Las tareas por incluir deben estar libres de restricciones en el Look Ahead (a esto se le conoce como Inventario de Trabajo Ejecutable o ITE), durante esta etapa se generan los compromisos por parte del equipo para desarrollar las actividades de la semana, se recomienda usar una superficie como una pizarra donde poder tener visible al programación semanal y generar compromiso por parte de los involucrados para lograr las meta de esa semana.

Para la gestión de esta etapa, se deben seguir las siguientes instrucciones:

1. Extraer de la Panificación Intermedia (del Look Ahead), las actividades correspondientes a la semana de análisis y que se encuentren libres de restricciones.
2. En la carpeta general de LPS realizada por el estudiante, se encuentra la plantilla de planificación semanal, que cuenta con las siguientes hojas:



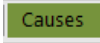
**Hojas disponibles en la plantilla:**



Las hojas de: **Areas, Respons, Restrict y Zones;** son las mismas hojas que se utilizan en el Look Ahead, por lo que las instrucciones son las mismas y se pueden copiar las hojas o los datos de esa plantilla.

Se refiere a las causas de no cumplimiento de las actividades. **Solo** se utilizan en caso de que la actividad programada **no se cumpla** esa semana.

**Hoja de causas:**



Cs Id	Cause Description
Mat	Materials
Equ	Equipment
Wea	Weather
Sub	Subcontractor
Dsg	Design
Com	Internal Communication
Oth	Other

**Cs Id\*\*:** Abreviatura o identificación de la causa.

**Cause Description\*\*:** Breve descripción o nombre completo de la causa.

**(\*\*) Espacio obligatorio, los demás son opcionales.**

- Una vez completadas las hojas descritas anteriormente, se procede a completar la hoja Planificación Semanal.

Esta plantilla se debe completar en 2 días de actualización diferentes, para que coincida con el ejemplo de la semana de la figura 11 supongamos que la actualización de plantillas se hace los **viernes** de cada semana y que estamos viernes de la semana 18 del 2013, se debe realizar la planificación a corto plazo de la semana siguiente, la semana 19 del 2013 (Week\_19\_2013):

WWP	SE COMPLETA VIERNES DE LA SEMANA 18						Dates			Production			Week_19_2013								
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Cause	Start	Finish	Schedule	Performed	Pct (%)	Target	06/05/2013	07/05/2013	08/05/2013	09/05/2013	10/05/2013	11/05/2013	12/05/2013	
														lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	
Act.#1	Activity Number #1	Compr	Resp3	Zone 3		Mat	06/05/2013	07/05/2013	60%												
Act.#2	Activity Number #2	Compr	Resp2	Zone 1			06/05/2013	12/05/2013	100%												
Act.#3	Activity Number #3	Compr	Resp2	Zone 1			07/05/2013	10/05/2013	20%												
Act.#4	Activity Number #4	Compr	Resp1	Zone 1			07/05/2013	10/05/2013	50%												
Completed over Compromises																					
Completed over Planned & BackLog																					

Ahora, supongamos que es viernes de la semana 19, se completa la plantilla de dicha semana y se realiza la de la semana 20, así sucesivamente:

WWP	FUE COMPLETADO VIERNES DE SEMANA 18						Dates			SE COMPLETA VIERNES DE SEMANA 19			Week_19_2013								
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Cause	Start	Finish	Schedule	Performed	Pct (%)	Target	06/05/2013	07/05/2013	08/05/2013	09/05/2013	10/05/2013	11/05/2013	12/05/2013	
														lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	
Act.#1	Activity Number #1	Compr	Resp3	Zone 3		Mat	06/05/2013	07/05/2013	60%	50%	83.33%	No									
Act.#2	Activity Number #2	Compr	Resp2	Zone 1			06/05/2013	12/05/2013	100%	100%	100.00%	Yes									
Act.#3	Activity Number #3	Compr	Resp2	Zone 1			07/05/2013	10/05/2013	20%	20%	100.00%	Yes									
Act.#4	Activity Number #4	Compr	Resp1	Zone 1			07/05/2013	10/05/2013	50%	50%	100.00%	Yes									
Completed over Compromises																					
Completed over Planned & BackLog																					

Este es el orden en que debe ser completada la plantilla semanal.

4. A continuación, se explica cada zona de la plantilla de Planificación Semanal, las zonas que **no** se explican ya fueron explicadas en el Look Ahead.

WWP		Week_19_2013						Dates		2 Production				Week 19									
Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	06/05/2013	07/05/2013	08/05/2013	09/05/2013	10/05/2013	11/05/2013	12/05/2013				
													lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.				
6	Act.#1	Activity Number #1	Compr	Resp1	Zone 3	MAT	06/05/2013	07/05/2013	60%	50%	83.33%	No											
7	Act.#2	Activity Number #2	Compr	Resp3	Zone 2		06/05/2013	12/05/2013	100%	100%	100.00%	Yes											
8	Act.#3	Activity Number #3	Compr	Resp2	Zone 2		07/05/2013	10/05/2013	20%	20%	100.00%	Yes											
9	Act.#4	Activity Number #4	Compr	Resp7	Zone 2		07/05/2013	10/05/2013	50%	50%	100.00%	Yes											
10	Completed over Compromises																						
11	Completed over Planel & BackLog																						

Figura 12. Secciones de trabajo de la plantilla de Planificación Semanal con Senda Matrix.

- 4.1. **Sección 1:** en esta columna se debe colocar la **causa** en caso de que la actividad **NO** se haya cumplido esa semana.
- 4.2. **Sección 2:** en esta sección se establece la producción deseada para esa semana, se divide en las columnas:
- 4.2.1. **Scheduled:** donde se coloca el porcentaje **planificado** para avanzar esa actividad en esa semana.
  - 4.2.2. **Performed:** donde se coloca el porcentaje **real** desarrollado en esa semana.
  - 4.2.3. **Pct:** que se refiere al porcentaje de actividad real entre el porcentaje planificado y se calcula de forma automática.
  - 4.2.4. **Target:** pregunta si se logró completar el objetivo, donde las únicas opciones son “yes” o “no”.

Production			
Scheduled	Performed	Pct (%)	Target

- 4.3. **Sección 3:** diagrama de Gantt de esa semana en específico.
- 4.4. **Sección 4:** cálculo automático de actividades completadas sobre actividades comprometidas y de actividades completadas sobre comprometidas y en inventario.

En Last Planner se utilizan 2 indicadores que muestran información importante de cada proyecto. Estos indicadores son: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) y Causas de No Cumplimiento (CNC), para gestionar estos 2 indicadores importantes se deben seguir las siguientes instrucciones:

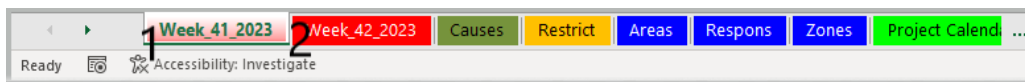
### 4.3.1 Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

El PAC es un indicador utilizado para medir el progreso real de las actividades planificadas en comparación con las actividades que realmente se han completado en un período específico. El cálculo del PAC se realiza dividiendo el número de actividades completadas entre el número total de actividades planificadas y multiplicando el resultado por 100 para obtener un porcentaje. Esta métrica proporciona una visión rápida y cuantitativa del avance real en comparación con lo que se había planificado. A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo:

$$PAC (PPC) = \frac{N^{\circ} \text{ de actividades completadas}}{N^{\circ} \text{ de actividades planificadas}} * 100$$

La extensión Senda Matrix cuenta con una opción llamada “Create PPC Sheet”, donde PPC (Percentage Planned Completed) es el equivalente en siglas en inglés al PAC. Esta opción sirve para llevar el control del PAC mediante un gráfico, independientemente de cuantas semanas se incluyan en la Planificación Semanal; además, también cuenta con la opción “Refresh PPC”, para actualizar el gráfico cada vez que se agrega una semana nueva a la planificación, a continuación, se indica como usar estas opciones:

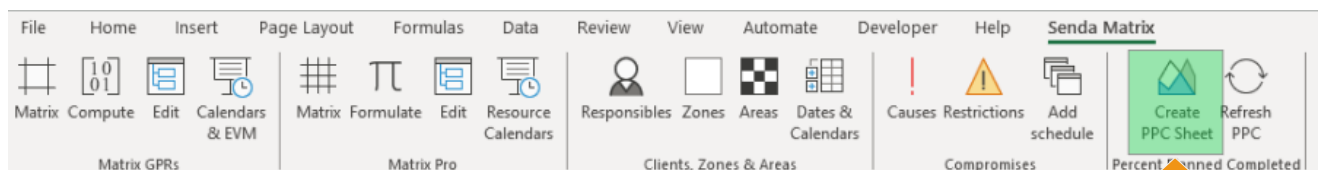
1. Debe haber al menos una hoja de planificación semanal en la plantilla de Excel:



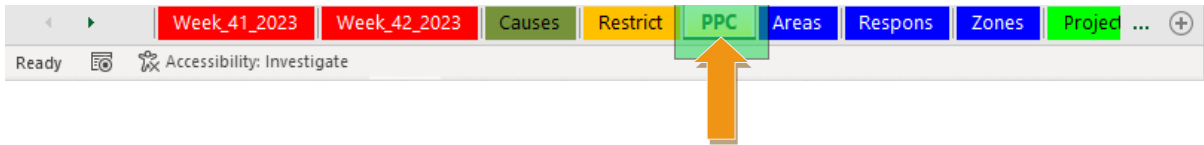
2. La hoja debe tener la sección “Production” completa:

Production			
Scheduled	Performed	Pct (%)	Target
25%	22%	88.00%	No
100%	100%	100.00%	Yes
30%	30%	100.00%	Yes
		96.00%	66.67%
		96.00%	28.57%

3. Seleccionar la opción “Create PPC Sheet” en la cinta de opciones de Senda Matrix



4. Esta opción creará una nueva hoja en el documento, llamada “PPC” (Percent Plan Complete).



5. En esta hoja aparecerá un gráfico como el siguiente:

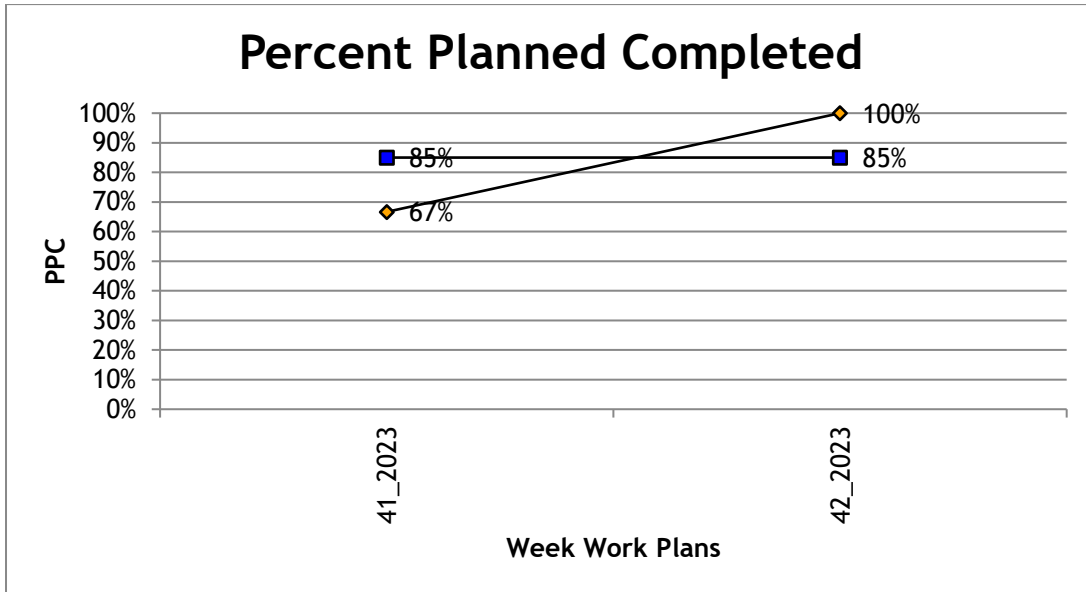
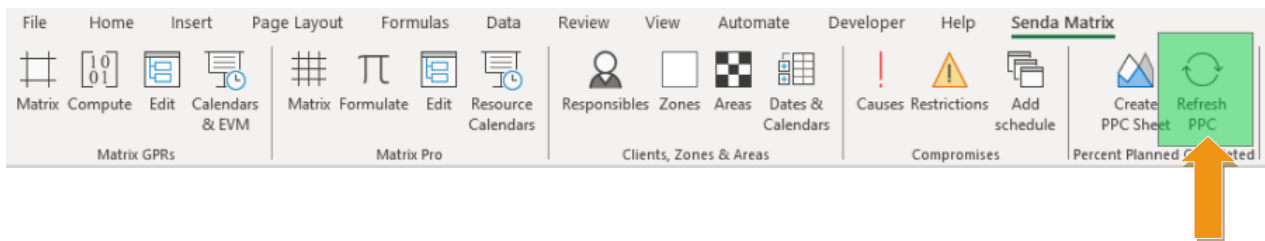


Figura 13. Ejemplo de gráfico de Porcentaje de Actividades Completadas (PAC o PPC en este caso).

6. Este gráfico se puede actualizar con la información de cada nueva semana que se ingrese a la hoja de Excel de planificación semanal, simplemente dando click en la opción “Refresh PPC”:



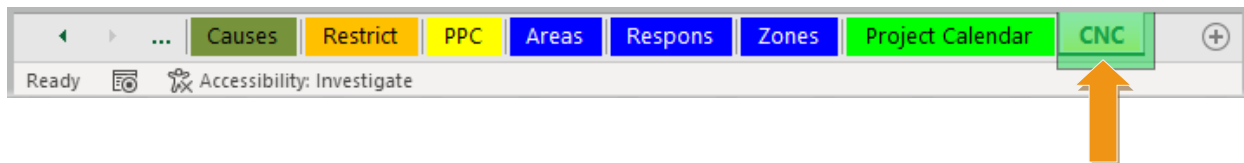
La extensión de Excel, Senda Matrix facilita la gestión del PAC al automatizar el proceso de actualización de este. Se recomienda tener un PAC entre el 80% y 90%, ya que un PAC por debajo del 80% implica que más del 20% de las tareas programadas no se han llevado a cabo, lo que provoca demoras en la entrega del proyecto debido al incumplimiento del cronograma. Por otro lado, cuando el PAC es igual o superior al 90%, indica que casi siempre se completan todas las actividades planificadas. Esto podría señalar deficiencias en la programación semanal o la falta de esfuerzo por parte de los involucrados para mejorar la eficiencia de manera consistente (Pons y Rubio, 2019).

### 4.3.2 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las CNC se refieren a las causas que explican por qué no se puede llevar a cabo el plan de trabajo semanal al 100%, es decir, por qué algunas de las actividades programadas para la semana no pueden ejecutarse o solo se pueden completar de forma parcial. La idea de tener el control de este parámetro es que el planificador pueda evitar o disminuir estas causas para el cumplimiento de futuras actividades y futuros proyectos.

La extensión Senda Matrix no cuenta con una opción para gestionar este indicador, por lo que se creó una hoja de forma manual para anotar las CNC en un gráfico. Esta hoja se encuentra en el mismo Excel de la Planificación Semanal:

1. Ubicarse en la hoja de CNC:



2. En esta hoja se encontrará con un formato como el siguiente:

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES									
		Mala planificación	Cambios en cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio	Clima	Otro
Contador		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° Semana_año	42_2023										
	43_2023										
	44_2023										
	45_2023										
	46_2023										
	47_2023										
	48_2023										
49_2023											
50_2023											



- 2.1 Primeramente, se debe ajustar la cantidad de semanas al proyecto en análisis, en la sección "N° Semana\_año", indicar la cantidad de semanas que se van a ir analizando para el gráfico de CNC.
- 2.2 La única parte editable de la hoja es la sección gris de la tabla, en esa sección, se debe colocar la cantidad de veces que se repitió una Causa de No Cumplimiento en una semana, y así el gráfico se irá completando de forma automática. Por ejemplo, supongamos que ya se completó la planificación semanal de la semana 42\_2023, y que **3 actividades no** se completaron, **dos** por falta de materiales y **una** por mala planificación, el cuadro gris se debe completar de la siguiente manera:

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES										
		Mala planificación	Cambios en cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio	Clima	Otro	
		33%	0%	67%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
N° Semana_año	Contador	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
	42_2023	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
	43_2023											
	44_2023											
	45_2023											
	46_2023											
	47_2023											
	48_2023											
	49_2023											
	50_2023											

El gráfico se actualiza automáticamente:

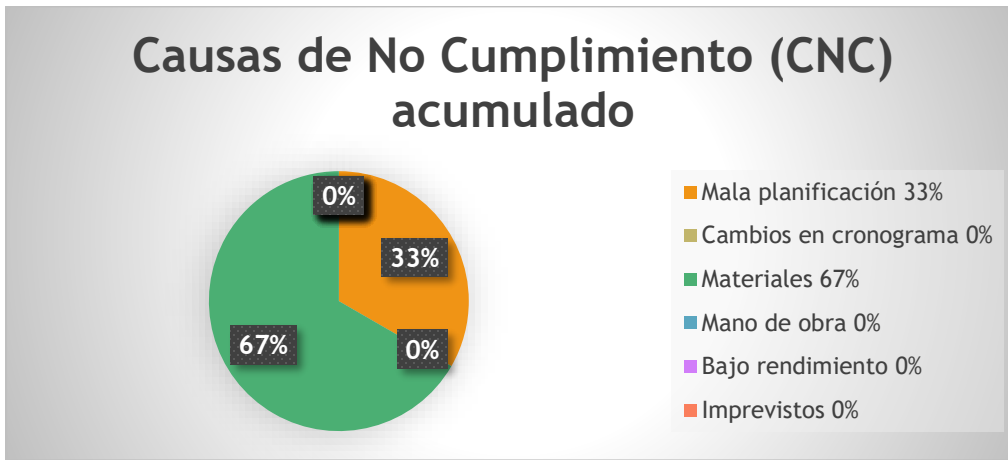
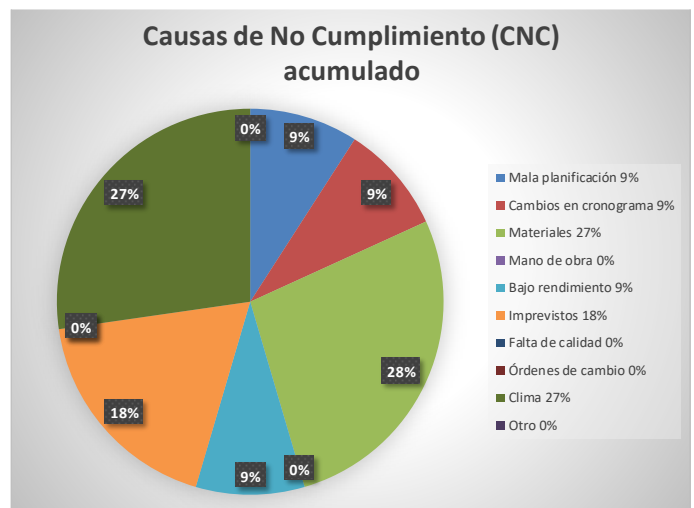


Figura 14. Ejemplo de gráfico de Causas de No Cumplimiento (CNC).

Esta es una opción ágil y más rápida de gestionar las CNC. A continuación, se presenta un ejemplo más completo del control de CNC:

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES										
		Mala planificación	Cambios en cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio	Clima	Otro	
		9%	9%	27%	0%	9%	18%	0%	0%	27%	0%	
N° Semana_año	Contador	1	1	3	0	1	2	0	0	3	0	11
	42_2023	1		2								3
	43_2023											
	44_2023		1									1
	45_2023									1		1
	46_2023					2						2
	47_2023											
	48_2023					1						1
	49_2023									2		2
	50_2023			1								1



## 4.4 Gestión LPS en campo

Last Planner System es una herramienta que puede ser adaptada a proyectos de construcción de diversos tipos, pueden ser edificios de muy grandes dimensiones, condominios, construcciones viales, infraestructuras industriales, proyectos de vivienda, entre otros; en pocas palabras, se puede adaptar a cualquier tipo de proyecto constructivo. También es importante mencionar que puede ser implementado en las distintas etapas de un proyecto, ya sea en la fase de diseño, planificación, ingeniería, ejecución o puesta en servicio.

El sistema se adapta a la complejidad y diversidad de proyectos, proporcionando una metodología estructurada para la gestión eficiente de las actividades y la optimización de los recursos. En el caso de construcciones de gran envergadura LPS puede ser aplicada a nivel de subcontratistas, jefes de cuadrilla y personal encargado de un gran número de trabajadores. Por otra parte, para proyectos de construcción de menor tamaño como una vivienda (proyectos para los que está diseñado el presente manual), se puede y se recomienda involucrar a todo el equipo que forma parte del proyecto en su etapa de planificación y ejecución, es decir, los ingenieros (eléctrico, estructural, de planta y cualquier otro que amerite el proyecto), subcontratistas (en la medida de lo posible), maestros de obra y constructores de la cuadrilla.

Esta sección del manual se centra en la inmersión del equipo de trabajo de campo, que incluye principalmente al subcontratista de mano de obra, maestros de obra y constructores durante la etapa de construcción de la obra. El personal mencionado debe haber participado de la charla introductoria de LPS y haber aportado en las distintas etapas de la Planificación a Largo Plazo como se indica en este manual, una vez completados estos puntos de la planificación LPS, la planificación intermedia y a corto plazo se realiza durante el levantamiento del proyecto.

Si bien en las secciones anteriores de este capítulo se brindaron plantillas de Excel y Senda Matrix para la gestión de LPS en oficina, en esta sección se facilitan plantillas de gestión de LPS en campo, esto con el fin de que los constructores también tengan presente como avanza el proyecto, de los objetivos planteados para las siguientes semanas (Look Ahead) y de la semana actual (Planificación Semanal). Además, para involucrarlos directamente en la gestión de responsables, gestión de restricciones y en la detección de causas de no cumplimiento de las actividades.

Es sumamente importante recalcar que la aplicación de este capítulo es opcional, la actualización del Look Ahead y de la Planificación Semanal se puede realizar perfectamente de manera digital ya sea con el contratista de mano de obra o directamente con el maestro de obra, es solo en caso de que la empresa desee que los constructores estén al tanto de la aplicación de LPS y del avance del proyecto.

A continuación, se presentan las plantillas y las instrucciones de cómo aplicar LPS en campo:

1. Primeramente, se debe preparar una tablero o una pizarra que vaya a permanecer en campo, debe estar en un espacio protegido de agua y sol, ya que aquí es donde se van a colocar las distintas plantillas de gestión LPS de campo. Para este tablero se recomienda utilizar la siguiente distribución de espacios:



**Figura 15.** Recomendación de distribución de tablero para la planificación LPS en campo.

La idea de colocar plantillas opcionales es que el planificador decida si son necesarias y que sirven de ayuda en la gestión de la planificación de campo, además si lo considera pertinente y ya ha tenido experiencia con la gestión LPS en campo, puede modificar lo que el tablero incluye a conveniencia, con el fin de crear un tablero eficiente, funcional y comprensible para los constructores.

2. Acceder al siguiente link para obtener las plantillas creadas para la gestión de LPS en campo: [PLANTILLAS DE APLICACIÓN LPS PARA CAMPO.xlsx](#) (contraseña: TECH-2023). De este Excel, se pueden obtener las plantillas indicadas en el panel de la figura 15, se recomienda utilizar un tamaño de hoja adecuado para una mejor visualización y manejo de información, mínimo tipo tabloide (11” x 17”).

3. Plantilla de gestión de Planificación a mediano plazo para campo (Look Ahead):

TEC HOGAR CONSTRUCTORA		LAST PLANNER SYSTEM																	
		PROGRAMACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES A MEDIO PLAZO																	
Proyecto:		*Nombre del proyecto*																	
Semana en análisis:		Sem ###* Sem ###* Sem ###* Sem ###*																	
Espacio para notas:																			
Id Act.	Actividad	Fechas		Responsable	¿Liberada?	*MES*													
		Inicio	Fin			Semana ###*							Semana ###*						
						L	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D
##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	

Lo que está escrito entre asteriscos es la información que se debe modificar antes de la impresión de plantillas, estas plantillas son muy similares a las que se utilizan en la gestión con Senda Matrix, solo que fueron traducidas y optimizadas para mostrar la información más destacada y facilitar su interpretación para los constructores en campo. Esta plantilla está elaborada para un Look Ahead de 2 semanas, se le pueden agregar las semanas que el planificador esté considerando para el proyecto (hasta 6 semanas).

El Plan Maestro debe estar actualizado correctamente con las actividades que se programaron en conjunto desde un inicio, la plantilla anterior debe ir completa o parcialmente completa desde oficina, según lo considere adecuado el planificador. Parcialmente completa sería en el caso de no tener clara algunas fechas, algún responsable o si la tarea está liberada o no. Hay que recordar que para que una tarea pueda pasar a la planificación semanal, debe estar liberada de restricciones en el Look Ahead.

#### 4. Plantilla de gestión de Planificación a corto plazo para campo (Planificación semanal):

TEC HOGAR CONSTRUCTORA		LAST PLANNER SYSTEM PROGRAMACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES A CORTO PLAZO														
Proyecto:		*Nombre del proyecto*														
Semana en análisis:																
Espacio para notas:																
Id Act.	Actividad	Responsable	% Cumplimiento		Causas de no cumplimiento								Observaciones			
			% Programado	% Real	Mala planificación	Cambios de cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio		Otro 1:	Otro 2:	

De igual forma, la estructura de esta plantilla es sencilla y muy similar a la de Senda Matrix, aquí lo más importante por completar es la sección de “% Cumplimiento”, ya que aquí es donde se genera el compromiso de los trabajadores de campo para avanzar dichas tareas y completarlas, la sección de “Causas de no cumplimiento” debe ser completada con una “X” para las tareas cuyo “% Real” fue menor al “% Programado”.


#### 5. Plantilla de restricciones comunes:

TIPO DE RESTRICCIONES	Abreviatura
Información y diseño	ID
Actividad predecesora	AP
Órdenes de cambio	OC
Materiales	MT
Equipo	EQ
Mano de obra	MO
Administración	AD
Imprevistos	IM

*Nota: se puede usar el nombre completo o la abreviatura, se recomienda utilizar el que sea más claro para el equipo de trabajo y evitar confusiones*


Es una plantilla meramente informativa, solo para dar una idea de las restricciones comunes que afectan las actividades.

**6. Plantilla de gestión de responsables:**

 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESPONSABLES</b>		
<b>Proyecto:</b>		
<b>Fecha de control:</b>		
<i>Espacio para notas:</i>		
<b>Id Resp.</b>	<b>Responsable</b>	<b>Papel</b>

Con la misma estructura de la plantilla de gestión de responsables del capítulo 3.1, es solo de información para que los trabajadores en campo puedan observar las personas responsables involucradas en el proyecto y que pueden ser nombradas en la gestión de restricciones a continuación.

**7. Plantilla de gestión de restricciones:**

 <b>LAST PLANNER SYSTEM</b> <b>PLANTILLA DE GESTIÓN DE RESTRICCIONES PARA CAMPO</b>								
<b>Proyecto:</b>								
<b>Fecha de control:</b>								
<i>Espacio para notas:</i>								
<b>Id Rest.</b>	<b>Tipo de restricción</b>	<b>Breve descripción de restricción</b>	<b>Actividad/es afectada/s: [ID] Actividad</b>	<b>Responsable de liberarla</b>		<b>Fecha compromiso</b>	<b>Fecha real de liberación</b>	<b>Estado (abierta / cerrada)</b>
				<b>Campo</b>	<b>Oficina</b>			

Las tareas del Look Ahead que no estén liberadas, deben ir encadenadas a una restricción, esta restricción debe anotarse en esta plantilla para su correcto manejo.

Se debe escribir la restricción, puede ser una del punto 5, o alguna nueva que surja. Se debe indicar la actividad que afecta y el responsable de liberarla, estos responsables se extraen del punto 6. Se debe fijar una fecha de compromiso para su liberación, esta fecha debe ser ajustada para que no afecte el flujo del proyecto ni la planificación de actividades, también debe anotarse la fecha real de liberación para ver si se logró liberar a tiempo. La última columna de “Estado”, indica si la restricción fue cerrada o continúa abierta.

La planificación en campo requiere de práctica, es una muy buena técnica para tener siempre presente a los constructores los objetivos planteados de la semana, funciona para que ellos también se motiven e identifiquen causas de no cumplimiento que les ayude a justificar un avance inadecuado de las tareas, esto

para así poder trabajar en conjunto y poder mitigar esas casusas. Por estas y muchas razones más se considera una buena práctica implementar la planificación LPS en campo también.

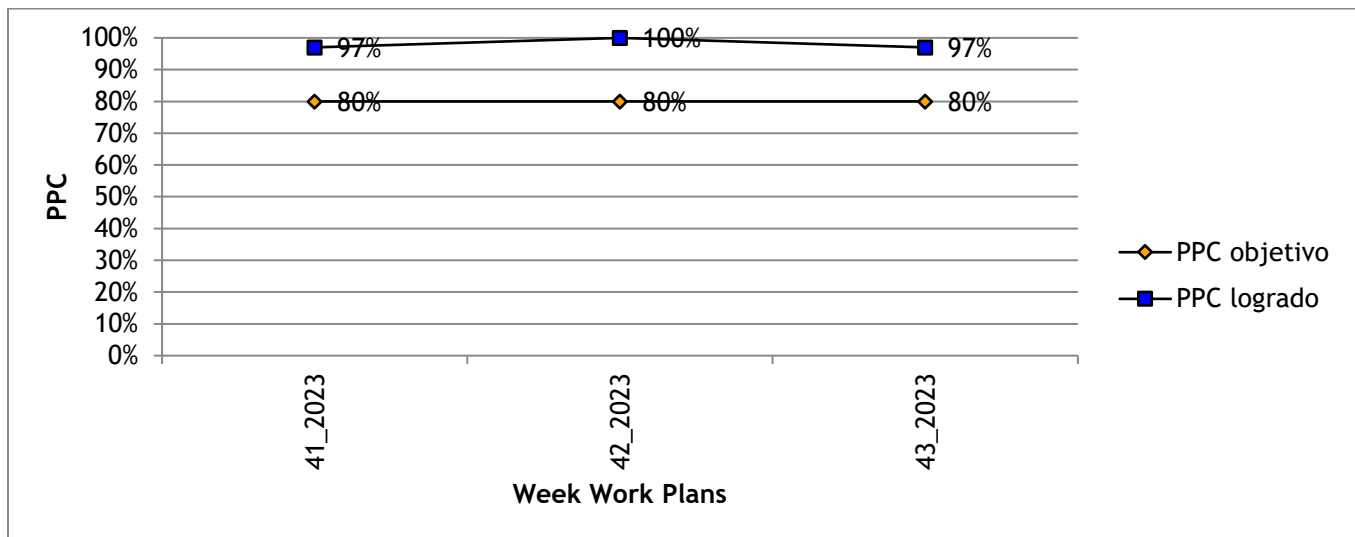
## 5. Seguimiento y evaluación de resultados

Es importante que el planificador sepa interpretar y dar seguimiento a los resultados obtenidos de los 2 indicadores descritos anteriormente. Para esto se presentan a continuación algunos escenarios de los indicadores, recomendaciones de como analizarlos, como enfrentar y para indicar al planificador como deben interpretarse y que medidas se deben tomar según los resultados que se obtengan.

### 5.2 Interpretación de resultados de PAC

El PAC o PPC como se denomina en Senda Matrix, sirve como un indicador adicional a los indicadores convencionales de planificación. Aunque generalmente se asocia un PPC elevado con un progreso adecuado en términos de plazos, esta correlación no siempre es válida (Pons y Rubio 2019). Para esto se realizarán dos ejemplos con distintos escenarios de PPC:

#### 5.2.1 Escenario 1: Avance alto – PPC bajo

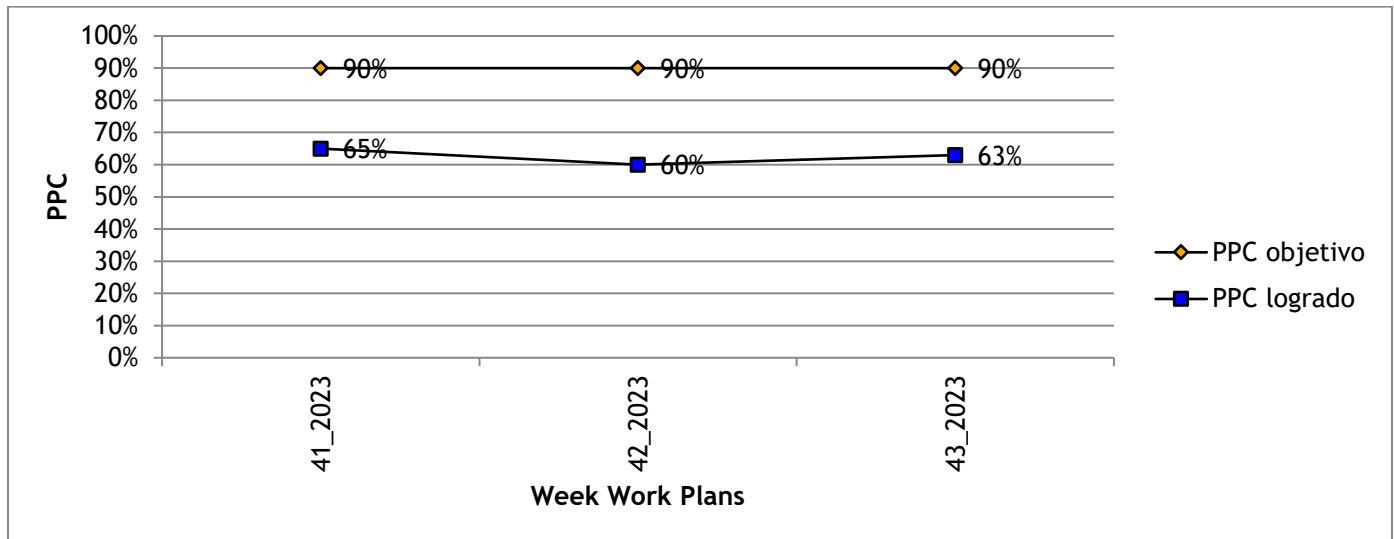


**Figura 16.** Escenario 1 de Avance real y PPC

En la figura 15 se puede apreciar un avance alto (PPC logrado) de actividades contra una planificación objetivo-baja (PPC objetivo). Un PPC objetivo del 80% implica que se espera que al menos el 80% de las actividades planificadas se completen en un período determinado. Sin embargo, si el PPC logrado es muy cercano al 100%, significa que prácticamente todas las actividades planificadas se han completado. A primera vista, podría parecer que alcanzar el 100% es ideal, pero en realidad esto puede indicar una planificación demasiado conservadora. Si todas las tareas se completan sin desviaciones, podría sugerir que la

planificación inicial **no fue lo suficientemente desafiante**. Esto podría resultar en subutilización de recursos y falta de eficiencia, ya que no se están aprovechando completamente las capacidades del equipo. Por otro lado, se podría tener el escenario 2, con un avance bajo y un PPC alto.

### 5.2.2 Escenario 2: Avance bajo – PPC alto



**Figura 17.** Escenario 2 de Avance real y PPC.

En la figura 16 se puede apreciar un avance bajo (PPC logrado) de actividades contra una planificación objetivo-alta (PPC objetivo). Un PPC objetivo del 90% establece una expectativa de que al menos el 90% de las actividades planificadas se completen. Un PPC logrado de apenas el 60% o que se aproxime a esos valores podría significar que la planificación realizada es **demasiado optimista** o que existe una **subestimación** de recursos. Esto también se puede traducir en **insuficiencias en la planificación semanal** o en la **ejecución eficiente** de las tareas. Esta brecha entre el PPC objetivo y el logrado podría provocar retrasos en la entrega del proyecto y afectar negativamente la eficiencia general.

Es muy importante que el planificador realice un análisis de estos resultados y tome medidas estratégicas en ambas situaciones. En resumen, si el PPC alcanza rangos muy elevados, es necesario que se ajuste la planificación incorporando más tareas. Además, se debe fomentar un mayor compromiso y progreso por parte del equipo de trabajo.

Por otro lado, cuando el PPC logrado es significativamente bajo, es crucial realizar un análisis detenido para identificar las causas de no cumplimiento por parte del equipo. En este contexto, se debe evaluar si la programación de actividades ha sido establecida de manera demasiado ambiciosa, superando la capacidad real del equipo. En este escenario se vuelve esencial ajustar la planificación para optimizar el avance del proyecto.

### 5.2.3 Escenario 3: Optimización del PPC

La optimización del PPC implica establecer un equilibrio entre desafiar al equipo y asegurar una ejecución eficiente de las actividades planificadas. Como se mencionó anteriormente en este manual, en el punto 4.3.1, se considera óptimo establecer un PPC objetivo del 85%, y se espera que el PPC logrado oscile entre el 80% y el 90%.

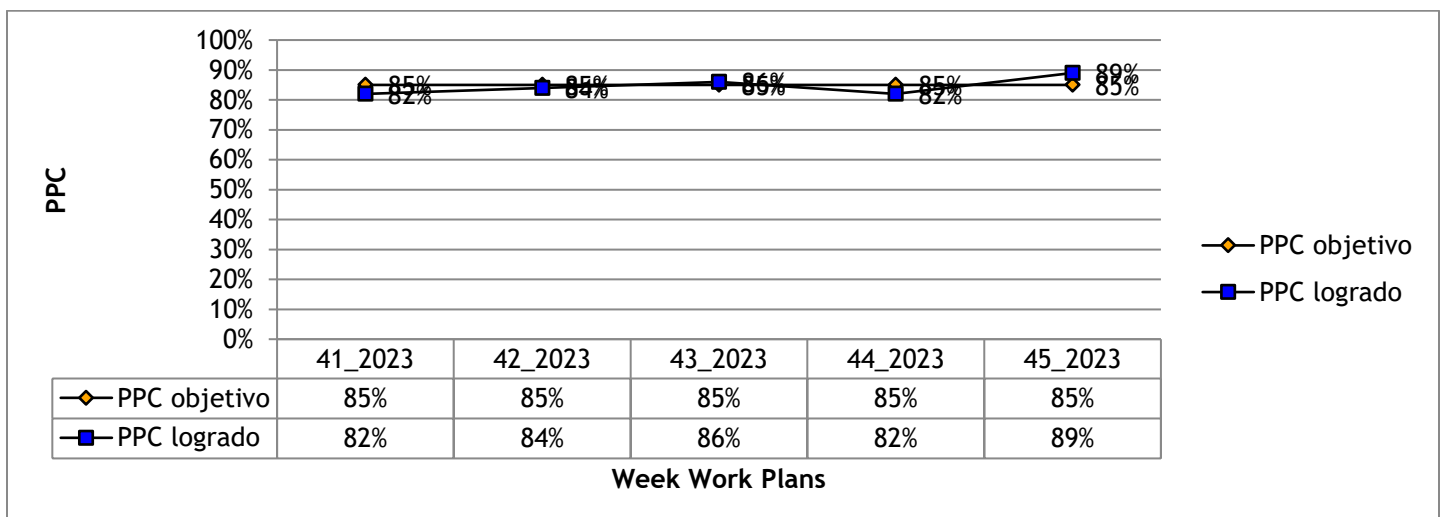
Un PPC objetivo del 85% se traduce en:

- **Equilibrio Razonable:** Este objetivo representa un equilibrio adecuado entre desafiar al equipo y brindar un margen para posibles desviaciones, sin comprometer significativamente la eficiencia.
- **Realismo en la Planificación:** Al establecer un PPC del 85%, se reconoce que no todas las actividades planificadas pueden completarse debido a diversos factores, pero se mantiene un estándar alto para el rendimiento

Por otra parte, un PPC logrado en un rango de 80% - 90%, se consideran aspectos como:

- **Flexibilidad Aceptable:** Permitir que el PPC logrado oscile en este rango ofrece la flexibilidad necesaria para adaptarse a variaciones normales en la ejecución del proyecto.
- **Desafío y Eficiencia:** Un PPC logrado dentro de este intervalo indica que el equipo enfrenta desafíos realistas y trabaja de manera eficiente para completar la mayoría de las actividades planificadas.

Establecer un PPC objetivo del 85% y trabajar un rango de PPC logrado entre el 80% y el 90% busca evitar extremos: no es tan conservador como un objetivo del 60%, pero tampoco tan ambicioso como un objetivo del 100%. Este enfoque equilibrado promueve una **planificación realista, una ejecución eficiente y la capacidad de adaptarse a cambios** sin comprometer la calidad y eficiencia del proyecto. A continuación, se presenta en la figura 17 un ejemplo de un gráfico de PPC recomendable.



**Figura 18.** Escenario óptimo de Avance real y PPC.

### 5.3 Interpretación de resultados de las CNC

Las Causas de No Cumplimiento (CNC), son un indicador que forma parte de la planificación semanal y que aparece justo después de evaluar el PPC. En el punto XXXXX se elaboró una hoja para la gestión de las CNC, donde se identificaron de la literatura algunas causas comunes y se enlistaron en la plantilla, la causas se presentan a continuación:

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES									
Mala planificación	Cambios en cronograma	Materiales	Mano de obra	Bajo rendimiento	Imprevistos	Falta de calidad	Órdenes de cambio	Clima	Otro

Figura 19. Causas de no cumplimiento más comunes extraídas de la literatura.

Las CNC son un parámetro muy sencillo de gestionar, pero muy importante. El objetivo de este análisis no es buscar al culpable si no identificar el por qué no se pudo ejecutar lo comprometido de manera que se tomen **acciones correctivas** con base en la causa identificada. La importancia de identificar estas causas radica en tomar acciones en el proceso correcto y generar los impactos deseados, así como disponer de un listado de las causas de no cumplimiento más frecuentes (como la figura 18) que nos permita aprender de los errores y poder enfrentarlos de una mejor manera en las siguientes semanas del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

Una vez que el planificador ha identificado las CNC, se recomienda que tome diversas acciones para mejorar el proceso de planificación y ejecución del proyecto. Inicialmente, se debe realizar un análisis de cada CNC, buscando una comprensión de la causa y sus consecuencias en el incumplimiento de compromisos. Posterior a esto, se deben identificar posibles acciones correctivas, donde el planificador deberá destacar las medidas necesarias para abordar cada causa, procurando corregir el problema en su origen y prevenir futuros incumplimientos similares.

La comunicación efectiva también es muy importante. El planificador debe compartir de manera clara y eficiente las lecciones aprendidas y las acciones correctivas con todo el equipo involucrado en el proyecto. Esta transparencia fomenta la comprensión compartida y la colaboración, elementos clave para una mejora continua. Por último, con el fin de consolidar este aprendizaje, se recomienda que el planificador mantenga un registro de las CNC, las acciones implementadas y los resultados obtenidos. Este registro se puede interpretar

como una base de conocimientos, proporcionando una guía para evitar errores previos y mejorar constantemente las prácticas del equipo.


















Identificar estas CNC no solo implica abordar los problemas de manera inmediata, sino también implementar cambios estructurales en la planificación y ejecución del proyecto y los proyectos futuros, con el objetivo de optimizar su rendimiento a lo largo del tiempo.

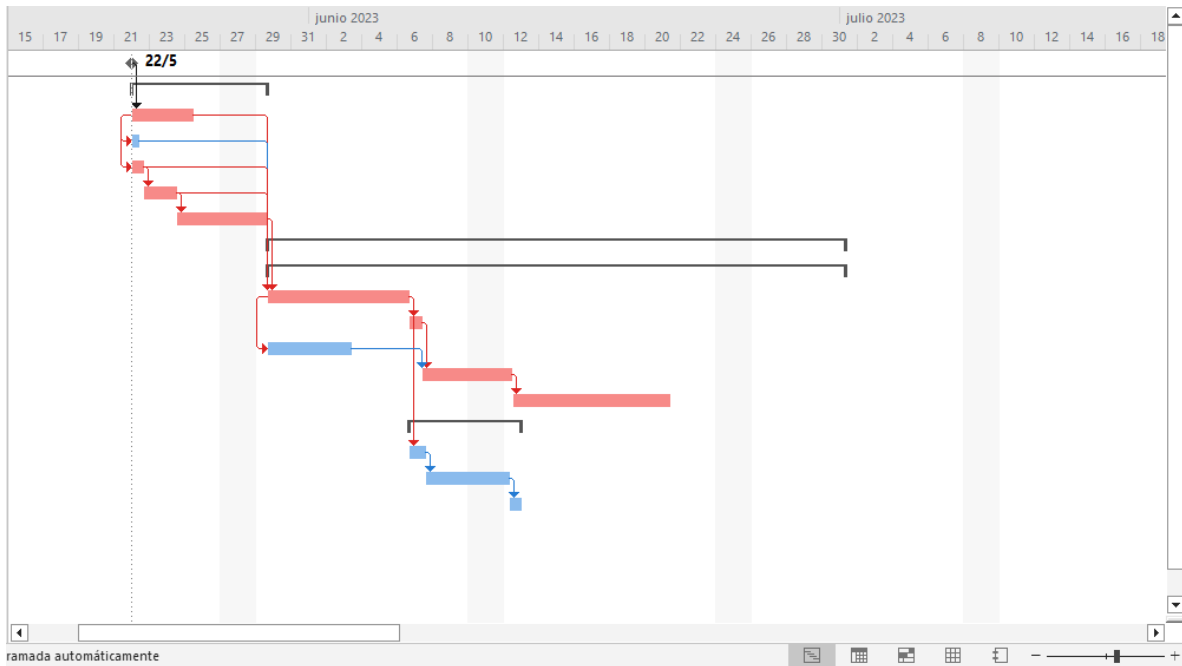
## 6. Ejemplo de aplicación

A continuación, se presenta un ejemplo hipotético para mostrar la forma en que se deben completar las plantillas y poder entender mejor su uso. Además de poder representar los resultados de los indicadores descritos en las secciones 4.3.1 y 4.3.2 de este manual.

Se describe el orden y las actividades que se deben realizar para aprovechar las plantillas de la forma correcta.

1. Se debe comenzar con el proceso indicado en la sección 2 de este manual: informar al equipo de trabajo sobre la aplicación de LPS, designar al último planificador y realizar la presentación de introducción LPS al equipo de trabajo.
2. Una vez iniciado el proceso de planificación LPS, se debe tener a disponibilidad el plan maestro, para que sea actualizado después de la Planificación por fases (realizada con la técnica Pull Planning).
3. Cuando el cronograma sea actualizado, se puede proseguir con la planificación a medio plazo. Hay que recordar que se puede extraer una ventana de 3 a 8 semanas del plan maestro, para el caso de este ejemplo se extraerá una ventana de 3 semanas, filtrando por fechas como se explica en la sección 3.2 del manual.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		<b>1 INICIO</b>	0 días	22/5/2023	22/5/2023
2		<b>2 TRABAJOS PRELIMINARES</b>	5 días	22/5/2023	29/5/2023
3		2.1 Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)	4 días	22/5/2023	25/5/2023
4		2.2 Remoción de la capa vegetal	0,5 días	22/5/2023	22/5/2023
5		2.3 Cerramiento provisional del área de construcción	1 día	22/5/2023	22/5/2023
6		2.4 Construcción de bodega de almacenamiento de materiales	2 días	22/5/2023	24/5/2023
7		2.5 Trazado de ejes	2 días	24/5/2023	29/5/2023
8		<b>3 CIMENTACIONES</b>	28,5 días	29/5/2023	1/7/2023
9		<b>3.1 Placa corrida</b>	28,5 días	29/5/2023	1/7/2023
10		3.1.1 Excavación del espacio de la placa	9 días	29/5/2023	6/6/2023
11		3.1.2 Colocación y compactación de relleno en lastre pobre	0,5 días	6/6/2023	7/6/2023
12		3.1.3 Confección de armadura	5 días	29/5/2023	3/6/2023
13		3.1.4 Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)	2 días	7/6/2023	12/6/2023
14		3.1.5 Armado de refuerzo vertical	10 días	12/6/2023	21/6/2023
17		<b>3.2 Placas aisladas "PA"</b>	3 días	6/6/2023	12/6/2023
18		3.2.1 Excavación del espacio de la placa	1 día	6/6/2023	7/6/2023
19		3.2.2 Colocación y compactación de relleno en lastre pobre	1 día	7/6/2023	12/6/2023
20		3.2.3 Confección de armadura	1 día	12/6/2023	12/6/2023



**Figura 20.** Ventana de 4 de semanas del plan maestro.

- Una vez que se tengan las actividades de las 4 semanas, se deben completar las hojas de responsables y zonas.

Resp Id	Name	Celular	Officce	email
CLI	JUAN PEREZ (cliente)	8888-8888	-	<a href="mailto:1111@1111111.com">1111@1111111.com</a>
ING	MARÍA ESTRADA (Ing.)	8888-8888	-	<a href="mailto:1111@1111111.com">1111@1111111.com</a>
CONT	PEDRO DÍAZ (contratista)	8888-8888	-	<a href="mailto:1111@1111111.com">1111@1111111.com</a>
MO	JEISON CASTRO (maestro de obras)	8888-8888	-	<a href="mailto:1111@1111111.com">1111@1111111.com</a>
OP	ELADIO CASTILLO (operario)	8888-8888	-	<a href="mailto:1111@1111111.com">1111@1111111.com</a>

**Figura 21.** Ejemplo de hoja de responsables.

Zone Id	Zone Short Description	Zone Long Description
TP	TRABAJOS PRELIMINARES	-
CIM	CIMENTACIONES	-
PC	PISO/CONTRAPISO	-
PV	PAREDES/VIGAS	-
COL	COLUMNAS	-
TEC	TECHOS	-
IE	INSTALACIONES ELECTRICAS	-
IM	INSTACIONES MECANICAS	-
CIE	CIELOS	-
PV	PUERTAS Y VENTANAS	-
DA	DETALLES Y ACABADOS	-
LA	LUMINARIAS Y ACCESORIOS	-
EF	ETAPA FINAL	-

**Figura 22.** Ejemplo de hoja de zonas.

5. Luego se completa la plantilla del Look Ahead:

WWP	Week_22_2023						Dates		
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Start	Finish
	1	INICIO							
	2	TRABAJOS PRELIMINARES							
	2.1	Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)		MO	TP	-	MAQ	22/05/2023	29/05/2023
	2.2	Remoción de la capa vegetal		OP	TP	-	MAQ	22/05/2023	22/05/2023
	2.3	Cerramiento provisional del área de construcción		OP	TP	-		22/05/2023	22/05/2023
	2.4	Construcción de bodega de almacenamiento de materiales		OP	TP	-		22/05/2023	24/05/2023
	2.5	Trazado de ejes		OP	TP	-		24/05/2023	29/05/2023
	3	CIMENTACIONES							
	3.1	Placa corrida		MO	CIM	-		29/05/2023	01/07/2023
	3.1.1	Excavación del espacio de la placa		OP	CIM	-		29/05/2023	06/06/2023
	3.1.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP	CIM	-	MAT	06/06/2023	07/06/2023
	3.1.3	Confección de armadura		OP	CIM	-	MAT	29/05/2023	03/06/2023
	3.1.4	Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)		OP	CIM	-		07/06/2023	12/06/2023
	3.1.5	Armado de refuerzo vertical		MO	CIM	-		12/06/2023	21/06/2023
	3.2	Placas aisladas "PA"		OP	CIM	-		06/06/2023	12/06/2023
	3.2.1	Excavación del espacio de la placa		OP	CIM	-		06/06/2023	07/06/2023
	3.2.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP	CIM	-	EQ	07/06/2023	12/06/2023
	3.2.3	Confección de armadura		OP	CIM	-	MAT	12/06/2023	12/06/2023

Week 22							Week 23							Week 24							Week 25												
22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023	30/05/2023	31/05/2023	01/06/2023	02/06/2023	03/06/2023	04/06/2023	05/06/2023	06/06/2023	07/06/2023	08/06/2023	09/06/2023	10/06/2023	11/06/2023	12/06/2023	13/06/2023	14/06/2023	15/06/2023	16/06/2023	17/06/2023	18/06/2023						
lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.	lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.						

WWP	Week_22_2023							Dates		Week 22							Week 23							Week 24							Week 25						
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Start	Finish	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023	30/05/2023	31/05/2023	01/06/2023	02/06/2023	03/06/2023	04/06/2023	05/06/2023	06/06/2023	07/06/2023	08/06/2023	09/06/2023	10/06/2023	11/06/2023	12/06/2023	13/06/2023	14/06/2023	15/06/2023	16/06/2023	17/06/2023	18/06/2023
	1	INICIO					ING																														
	2	TRABAJOS PRELIMINARES						22/05/2023	29/05/2023																												
	2.1	Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)		MO	TP	-	MAQ	22/05/2023	25/05/2023																												
	2.2	Remoción de la capa vegetal		OP	TP	-	MAQ	22/05/2023	22/05/2023																												
	2.3	Cerramiento provisional del área de construcción		OP	TP	-		22/05/2023	22/05/2023																												
	2.4	Construcción de bodega de almacenamiento de materiales		OP	TP	-		22/05/2023	24/05/2023																												
	2.5	Trazado de ejes		OP	TP	-		24/05/2023	29/05/2023																												
	3	CIMENTACIONES						29/05/2023	01/07/2023																												
	3.1	Placa corrida		MO	CIM	-		29/05/2023	01/07/2023																												
	3.1.1	Excavación del espacio de la placa		OP	CIM	-		29/05/2023	06/06/2023																												
	3.1.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP	CIM	-	MAT	06/06/2023	07/06/2023																												
	3.1.3	Confección de armadura		OP	CIM	-	MAT	29/05/2023	03/06/2023																												
	3.1.4	Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)		OP	CIM	-		07/06/2023	12/06/2023																												
	3.1.5	Armado de refuerzo vertical		MO	CIM	-		12/06/2023	21/06/2023																												
	3.2	Placas aisladas "PA"		OP	CIM	-		06/06/2023	12/06/2023																												
	3.2.1	Excavación del espacio de la placa		OP	CIM	-		06/06/2023	07/06/2023																												
	3.2.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP	CIM	-	EQ	07/06/2023	12/06/2023																												
	3.2.3	Confección de armadura		OP	CIM	-	MAT	12/06/2023	12/06/2023																												

Figura 23. Ejemplo de Look Ahead de 4 semanas.

Debido al formato de esta plantilla la información se puede copiar directamente del archivo Project.

Como se puede observar en la figura 23 y para efectos de este ejemplo, se marcaron varias actividades con restricciones, en el caso de movimiento de tierra y remoción de capa las actividades están restringidas porque aún el ingeniero no ha subcontratado la maquinaria que hará el trabajo; la compactación de lastre y confección de armadura están restringidas por la falta de materiales, el ingeniero y el equipo de proveeduría deben estar atentos a entregar esos materiales antes de la fecha de inicio de las actividades; y por último, para la compactación del relleno, se tiene que el contratista aún no dispone de la máquina compactadora, ya que la tiene en otro proyecto. Esto son ejemplos de restricciones comunes en campo y que deben ser debidamente anotadas en la hoja de gestión de restricciones de la plantilla del Look Ahead, con los campos sobre las fechas importantes a las que hay que prestar atención:

Restr. Id	Restr. Text	Open at Date	Zone	Area	Client	Needed at Date	Respons	Compromis at Date	Status	Closed at Date
MAQ	Maquinaria aún no disponible		TP			22/5/2023	ING	20/5/2023	Open	
MAT	Falta de materiales		CIM			29/5/2023	ING	22/5/2023	Open	
MAT	Falta de materiales		CIM			06/06/2023	ING	24/05/2023	Open	
EQ	Falta de equipo necesario		CIM			7/6/2023	CONT	5/5/2023	Open	

Figura 24. Ejemplo de gestión de restricciones.

En la figura 24, los elementos más importantes son “Needed at date” y “Compromis at date”, donde el primero indica la fecha en que se necesita que esa restricción esté libre y el segundo se refiere a la fecha en que la persona responsable se comprometió liberar dicha restricción. Por ejemplo, el ingeniero debe tener la maquinaria subcontratada antes del 22 de mayo que es el día que inicia la actividad, sin embargo, el ingeniero se comprometió a tener listo el subcontrato para el 20 de mayo.

Es importante recordar que una actividad para que pueda ser trasladada del Look Ahead a la planificación semanal, debe estar **libre** de restricciones. Supongamos que el ingeniero ya realizó el contrato de la maquinaria, lo realizó desde el 18 de mayo, incluso antes de lo que se propuso, esto significa que ya las actividades de la semana 22 en la figura 23 están completamente libres y que pueden trasladarse a la plantilla de planificación semanal.

El proyecto está planificado para iniciar el lunes 22 de mayo, entonces el jueves 18 o viernes 19 de mayo de la semana anterior se debe preparar la planificación semanal para la siguiente semana. En este caso hipotético se actualizaron las restricciones y se realizó dicha planificación semanal el 19 de mayo:

Restr. Id	Restr. Text	Open at Date	Zone	Area	Client	Needed at Date	Respons	Compromis at Date	Status	Closed at Date
MAQ	Maquinaria aún no disponible		TP			22/5/2023	ING	20/5/2023	Closed	18/5/2023
MAT	Falta de materiales		CIM			29/5/2023	ING	22/5/2023	Open	
MAT	Falta de materiales		CIM			06/06/2023	ING	24/05/2023	Open	
EQ	Falta de equipo necesario		CIM			7/6/2023	CONT	5/5/2023	Open	
Percentage of Closed Restrictions Over Total Restrictions									25.00%	1

Figura 25. Ejemplo de gestión de restricciones (actualizado).

WWP	Week_22_2023							Dates		Week 22							Week 23							Week 24							Week 25						
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Restr	Start	Finish	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023	29/05/2023	30/05/2023	31/05/2023	01/06/2023	02/06/2023	03/06/2023	04/06/2023	05/06/2023	06/06/2023	07/06/2023	08/06/2023	09/06/2023	10/06/2023	11/06/2023	12/06/2023	13/06/2023	14/06/2023	15/06/2023	16/06/2023	17/06/2023	18/06/2023
1	INICIO						ING																														
2	TRABAJOS PRELIMINARES							22/05/2023	29/05/2023																												
2.1	Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)		MO		TP	-		22/05/2023	25/05/2023																												
2.2	Remoción de la capa vegetal		OP		TP	-		22/05/2023	22/05/2023																												
2.3	Cerramiento provisional del área de construcción		OP		TP	-		22/05/2023	22/05/2023																												
2.4	Construcción de bodega de almacenamiento de materiales		OP		TP	-		22/05/2023	24/05/2023																												
2.5	Trazado de ejes		OP		TP	-		24/05/2023	29/05/2023																												
3	CIMENTACIONES							29/05/2023	01/07/2023																												
3.1	Placa corrida		MO		CIM	-		29/05/2023	01/07/2023																												
3.1.1	Excavación del espacio de la placa		OP		CIM	-		29/05/2023	06/06/2023																												
3.1.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP		CIM	-	MAT	06/06/2023	07/06/2023																												
3.1.3	Confección de armadura		OP		CIM	-	MAT	29/05/2023	03/06/2023																												
3.1.4	Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)		OP		CIM	-		07/06/2023	12/06/2023																												
3.1.5	Armado de refuerzo vertical		MO		CIM	-		12/06/2023	21/06/2023																												
3.2	Placas aisladas "PA"		OP		CIM	-		06/06/2023	12/06/2023																												
3.2.1	Excavación del espacio de la placa		OP		CIM	-		06/06/2023	07/06/2023																												
3.2.2	Colocación y compactación de relleno en lastre pobre		OP		CIM	-	EQ	07/06/2023	12/06/2023																												
3.2.3	Confección de armadura		OP		CIM	-	MAT	12/06/2023	12/06/2023																												

Figura 26. Ejemplo de Look Ahead de 4 semanas (actualizando restricciones).

Se puede proceder con la planificación semanal:

WWP	Week_22_2023							Dates		Production				Week 22																									
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area	Cause	Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023																			
1	INICIO																																						
2	TRABAJOS PRELIMINARES																																						
2.1	Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)		Compr		MO		TP	-	22/05/2023	25/05/2023	100%																												
2.2	Remoción de la capa vegetal		Compr		OP		TP	-	22/05/2023	22/05/2023	100%																												
2.3	Cerramiento provisional del área de construcción		Compr		OP		TP	-	22/05/2023	22/05/2023	100%																												
2.4	Construcción de bodega de almacenamiento de materiales		Compr		OP		TP	-	22/05/2023	24/05/2023	100%																												
2.5	Trazado de ejes		Compr		OP		TP	-	24/05/2023	29/05/2023	85%																												
Completed over Compromises																																							
Completed over Planed & BackLog																																							

Se completa la siguiente semana

Figura 27. Ejemplo de planificación semanal, parte 1, elaborada el 19 de mayo.

Como se indicó anteriormente en la sección 3.3 del manual, hay una parte de la planificación semanal que se completa hasta la siguiente semana, después de la reunión de control y seguimiento de LPS, para este ejemplo en específico, esas reuniones se realizan cada viernes. En la semana

22, el viernes 26 de mayo, se realiza la reunión, se completa la plantilla de planificación semanal y se actualiza el Look Ahead, para actualizar el Look Ahead, se debe eliminar la semana y agregar la semana 26 a la planificación, en caso de no haber completado alguna actividad de la semana 22, dicha actividad se debe mover a la semana siguiente o a la fecha que designe conveniente el planificador. A continuación, se muestra la plantilla de planificación semanal completada el día 26 de mayo:

WWP	Week_22_2023						Cause	Dates		Production				22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023	25/05/2023	26/05/2023	27/05/2023	28/05/2023
	Id Act	Activity	Class	Resp	Zone	Area		Start	Finish	Scheduled	Performed	Pct (%)	Target	lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.	dom.
	1	INICIO																		
	2	TRABAJOS PRELIMINARES																		
	2.1	Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)	Compr	MO	TP	-	22/05/2023	25/05/2023	100%	100%	100.00%	Yes								
	2.2	Remoción de la capa vegetal	Compr	OP	TP	-	22/05/2023	22/05/2023	100%	100%	100.00%	Yes								
	2.3	Cerramiento provisional del área de construcción	Compr	OP	TP	-	22/05/2023	22/05/2023	100%	100%	100.00%	Yes								
	2.4	Construcción de bodega de almacenamiento de materiales	Compr	OP	TP	Mat	22/05/2023	24/05/2023	100%	90%	90.00%	No								
	2.5	Trazado de ejes	Compr	OP	TP	-	24/05/2023	29/05/2023	85%	85%	100.00%	Yes								
	Completed over Compromises										98.00%	80.00%								
	Completed over Planed & BackLog										98.00%	57.14%								

Figura 28. Ejemplo de planificación semanal, parte 2, completada el 26 de mayo.

Se puede observar que la actividad 2.4 de construcción de la bodega, no se pudo completar al 100%, esto debido a que hizo falta un par de láminas de zinc y no llegaron durante la semana, sin embargo, se pretende terminar el lunes 29 apenas llegue el material correspondiente. Esto se puede evidenciar como un ejemplo donde una actividad no se completó.

El mismo día (viernes 26) se debe realizar la planificación de la semana siguiente, así como la actualización del Look Ahead mencionada anteriormente, esto se debe realizar así sucesivamente cada viernes durante la implementación de la herramienta LPS hasta el final del proyecto.

En este punto es importante recalcar que, si se desea gestionar las plantillas LPS de campo, solo se deben copiar y pegar los datos a las plantillas correspondientes de la sección 4.4 del manual.

Lo que sigue en la gestión LPS, es la interpretación de los indicadores pertinentes de la aplicación LPS, como en el ejemplo solo se lleva una semana de planificación semanal, el gráfico de Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) o PPC como se llama en Senda Matrix y el gráfico

de Causas de No Cumplimiento (CNC) no son representativos aún, por lo que a continuación se muestra un ejemplo de como se deben ver esos gráficos después de varias semanas de aplicación de la herramienta:

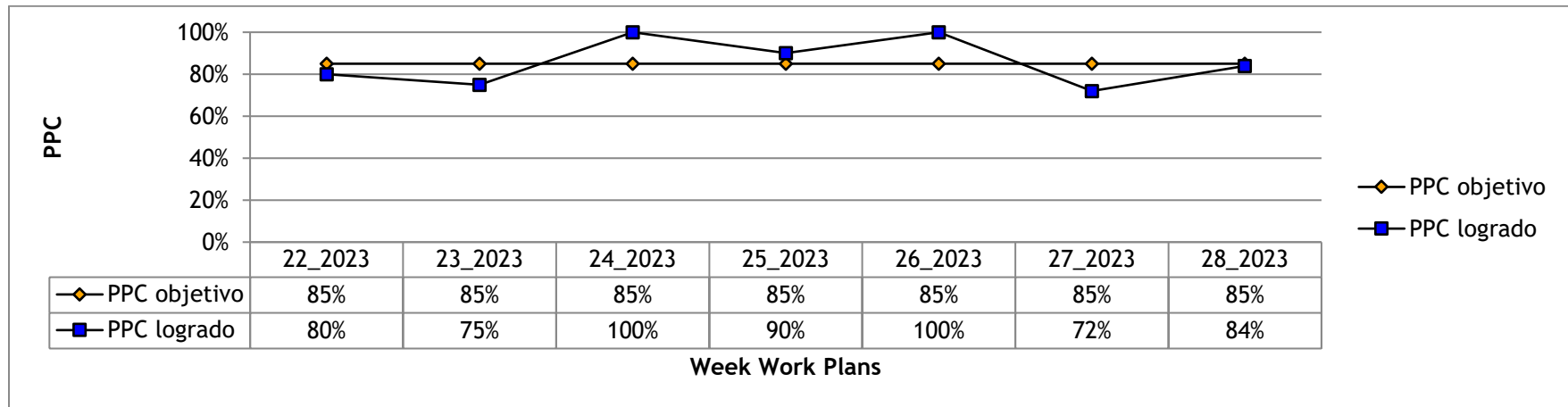


Figura 29. Ejemplo de un gráfico de PPC para un proyecto con 7 semanas de implementar LPS

		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MÁS COMUNES									
		Mala planificación 0%	Cambios en cronograma 0%	Materiales 17%	Mano de obra 33%	Bajo rendimiento 0%	Imprevistos 0%	Falta de calidad 0%	Órdenes de cambio 17%	Clima 33%	Otro 0%
Contador		0	0	1	2	0	0	0	1	2	0
N° Semana_año	22_2023			1							
	23_2023				1				1		
	24_2023										
	25_2023				1						
	26_2023										
	27_2023									1	
	28_2023									1	
	29_2023										
	30_2023										
			<b>6</b>								

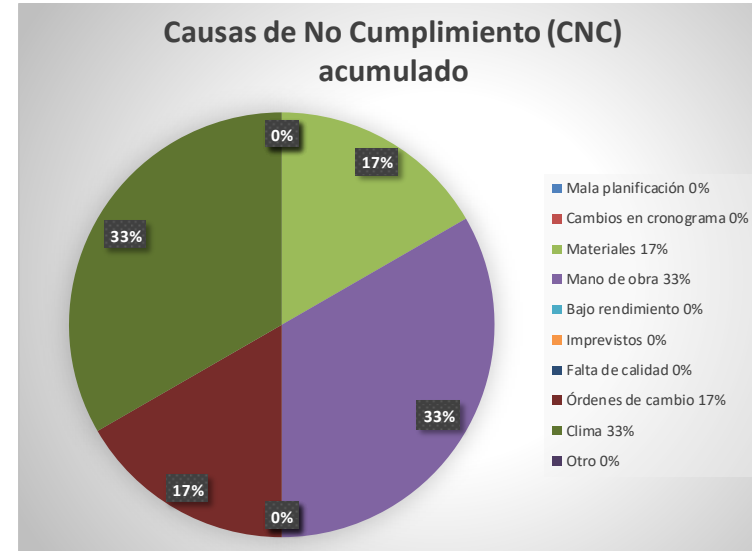


Figura 30. Ejemplo de un gráfico de CNC para un proyecto con 7 semanas de implementar LPS

Las últimas 2 figuras muestran un ejemplo de cómo deberían verse los indicadores de LPS durante varias semanas de gestión, se puede observar un PPC logrado aceptable, con picos altos y bajos en cuanto al rango recomendado, con un promedio de 85.85% de PPC durante las 7 semanas. En cuanto a las CNC se puede observar que no se repiten demasiado, lo que podría significar que se están tomando medidas correctas para evitar que esas causas sigan afectando el avance del proyecto.

Estos indicadores no solo funcionan para medir el progreso de un proyecto y la implementación de LPS, también cumplen la función de generar una base de mejora para los proyectos venideros, conociendo que actividades necesitan atención especial, qué causas de no cumplimiento afectaron más un proyecto para poder atacarlas con anticipación, qué tanto se le puede exigir a los equipos de construcción, qué técnicas de planificación han resultado más efectivas y, en última instancia, cómo perfeccionar la eficiencia y la productividad en la ejecución de futuros proyectos. Con esto concluye el ejemplo hipotético de aplicación LPS para demostrar el uso de las plantillas y los resultados que se deben mostrar.

## 7. Documentación y registro

Para implementa exitosamente Last Planner System se recomienda tener una documentación precisa y un registro meticuloso de los datos. En esta sección se brinda una breve orientación sobre cómo gestionar estos datos clave para maximizar los beneficios de Last Planner.

**Cuadro 1.** Consejos para una correcta documentación y registro de datos.

Mantenimiento de registros:	<b>Claridad y detalle:</b> registre de manera clara los aspectos que considere como una buena práctica o aquellos que considere una oportunidad de mejora, para poder aplicarlos en futuros proyectos.
	<b>Frecuencia de documentación:</b> defina una frecuencia regular de documentación, que garantice un seguimiento y control constante de la herramienta. Se podría realizar, por ejemplo, un pequeño análisis, donde se documenten los datos observados del punto anterior, esto puede realizarse el mismo día que se dé la actualización del plan semanal y del Look Ahead.
Historial y análisis retrospectivo:	<b>Importancia del historial:</b> mantenga un historial de las fases del proyecto, documentando los pasos, las decisiones y los resultados que considere importantes para generar retroalimentación y que sirvan referencia para futuros proyectos.
	<b>Facilitación del análisis retrospectivo:</b> Utilice los registros para identificar patrones de rendimiento, identificar áreas de mejora y comprender el impacto de las decisiones tomadas en cada fase del proyecto.

## 8. Mejora continua

Laoyan (2022) subraya que la mejora continua se basa en la premisa de que realizar pequeños ajustes de manera constante con el tiempo puede generar cambios notables a largo plazo. Este enfoque reconoce que las mejoras graduales, aunque simples en el momento, tienen un impacto acumulativo considerable con el paso del tiempo. La idea central es implementar una cultura organizacional que valore los cambios crecientes y la adaptación constante, haciendo énfasis de esta noción de mejora continua durante la implementación del presente manual de LPS.

Existen muchas técnicas para llevar a cabo el idealismo de mejora continua, Pons y Rubio (2019), destacan que para una implementación básica de Last Planner System las técnicas más utilizadas son el diagrama de Pareto y los 5 Porqués.

### 8.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que dispone valores en barras organizadas de mayor a menor de izquierda a derecha. Su utilidad principal es establecer prioridades en la toma de decisiones de una organización al identificar los problemas más críticos que deben abordarse en primer lugar (de Souza, 2019). En un gráfico de Pareto, las categorías se muestran según su frecuencia, comenzando con las más comunes. Esto facilita la identificación de los problemas más destacados, permitiendo a la empresa dirigir de manera más eficiente sus recursos para abordar las causas que ejercen un impacto más significativo en los problemas.

En el contexto de LPS este diagrama se pueden aprovechar especialmente de las Causas de No Cumplimiento (CNC) que más se repitieron durante la aplicación de LPS en un proyecto. Esto permite que la empresa se concentre en atacar esas CNC y obtenga mejores resultados a la hora de aplicar la herramienta en proyectos futuros. A continuación, se muestra un ejemplo de diagrama de Pareto hipotético desde el contexto de LPS y las CNC, para un proyecto ya finalizado:

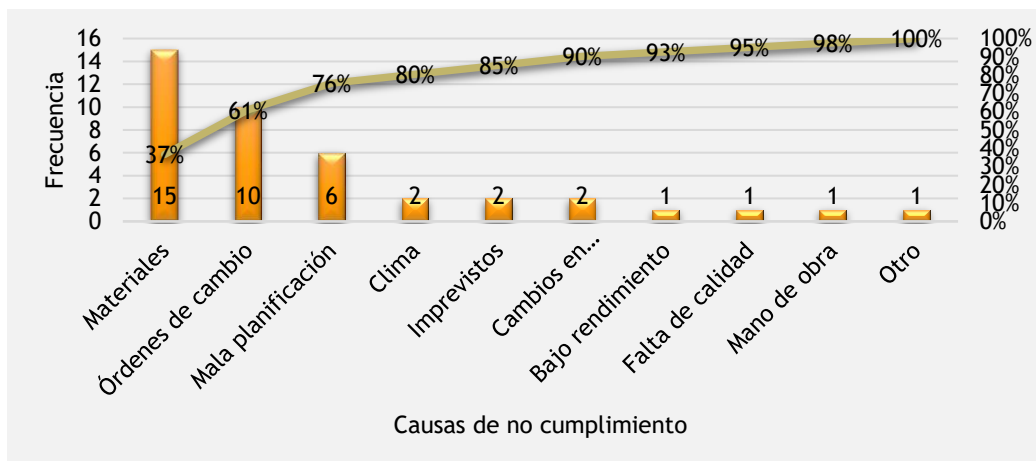


Figura 31. Ejemplo de un diagrama de Pareto para las CNC de un proyecto concluido.

Del diagrama del ejemplo anterior se destacan entre las CNC problemas relacionados con materiales, órdenes de cambio y mala planificación. Esto funciona como indicador para que la empresa en futuros proyectos se enfoque en entregar materiales a tiempo y de buena calidad, gestionar de forma más ágil y eficiente las órdenes de cambio y mejorar la planificación de los equipos constructivos tanto en oficina como en campo.

## 8.2 Los 5 porqués

La técnica de los 5 porqués es un método que se basa en la realización de preguntas que buscan explorar la causa-efecto de un suceso o problema en particular. El primer «porqué» va generando otro como consecuencia y así sucesivamente (Rodríguez, 2023).

Esta metodología de mejora de procesos es simple y fácil de aplicar. A lo largo del tiempo, ha demostrado ser efectiva en análisis. La mayor ventaja que tiene es su simplicidad, que permite adaptarla a cualquier tipo de situaciones y momentos.

A continuación, se muestra un ejemplo de la técnica, adaptada al entorno constructivo:



**Figura 32.** Ejemplo de la metodología de los 5 porqués.

**Fuente:** Lean Construction y la planificación colaborativa Metodología de Last Planner System (2019).

## Referencias:

Llanos, J. (Producer), & Llanos, J. (Director). (2022, Abr 5). *¿CUÁLES SON LOS PASOS PARA REALIZAR UN PLANEAMIENTO PULL?*. [Video/YouTube]

Laoyan, S. (2022). *Método Kaizen: la guía para la mejora continua en las empresas*. <https://asana.com/es/resources/continuous-improvement>

Pons, J., & Rubio, I. (2019). *LEAN CONSTUCTION Y LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA METODOLOGÍA DE LAST PLANNER SYSTEM* (1° ed.)

Rodriguez, J. (2023). *5 porqués: definición, aplicación y ejemplos*. <https://blog.hubspot.es/sales/5-porques>

**APÉNDICE A**

Presentación introductoria a LPS



# **LEAN CONSTRUCTION LAST PLANNER SYSTEM**

**EMANUEL GAMBOA NÚÑEZ**

# FILOSOFÍA LEAN

**01** Basado en el TPS

**02** Reducir, optimizar o eliminar actividades que no aportan valor a un producto o servicio.





# LEAN CONSTRUCTION

Pons (2014), define Lean Construction como: “la búsqueda de la excelencia a través de un enfoque de mejora continua en la empresa. Esto implica minimizar o eliminar actividades y transacciones que no agregan valor, optimizando recursos y maximizando la entrega de valor al cliente. El objetivo es diseñar y producir con menores costos, mayor calidad, mayor seguridad y plazos de entrega más cortos”

# Desperdicios en Lean Construction



**SOBRE  
PROCESAMIENTO**



**TIEMPOS DE ESPERA**



**DEFECTOS**



**TALENTO NO  
UTILIZADO**



**SOBRE PRODUCCIÓN**



**TRANSPORTE**



**MOVIMIENTOS**



**INVENTARIO**

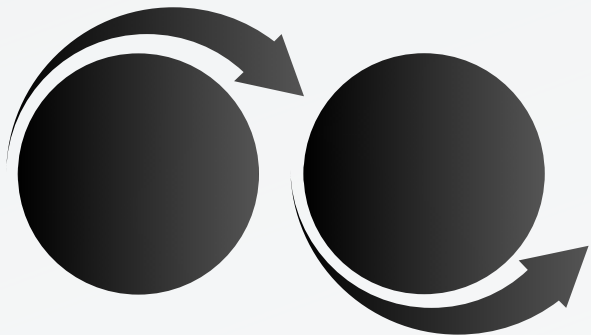
# HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACIÓN

## LAST PLANNER SYSTEM

La metodología Last Planner System busca mejorar la eficiencia y la efectividad en la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Su objetivo principal es promover la colaboración, la transparencia y la comunicación entre los diferentes actores involucrados en un proyecto de construcción, como arquitectos, ingenieros, contratistas y subcontratistas.

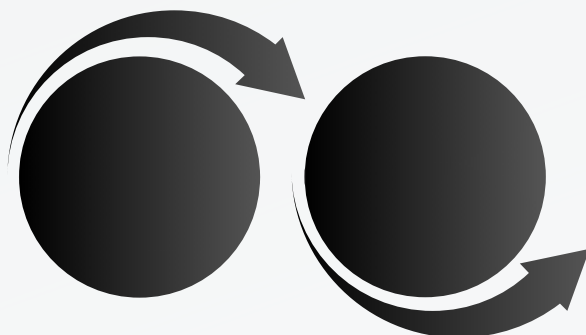
# BENEFICIOS DE USAR LAST PLANNER SYSTEM SEGÚN EL LCI

Eliminación o  
reducción de  
desperdicios



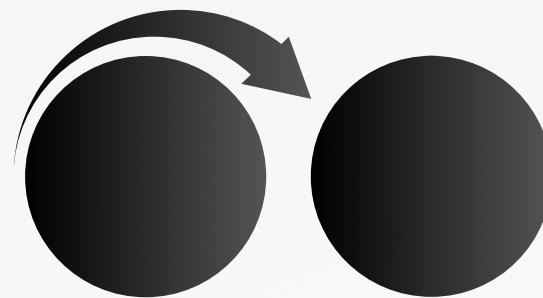
Fortalecimiento del  
respeto entre miembros  
del equipo

Incremento de valor al  
agregar más recursos y  
tiempo a las actividades de  
valor agregado



Mejoras en el  
flujo de trabajo

Optimización  
global a través de  
resultados  
mejorados

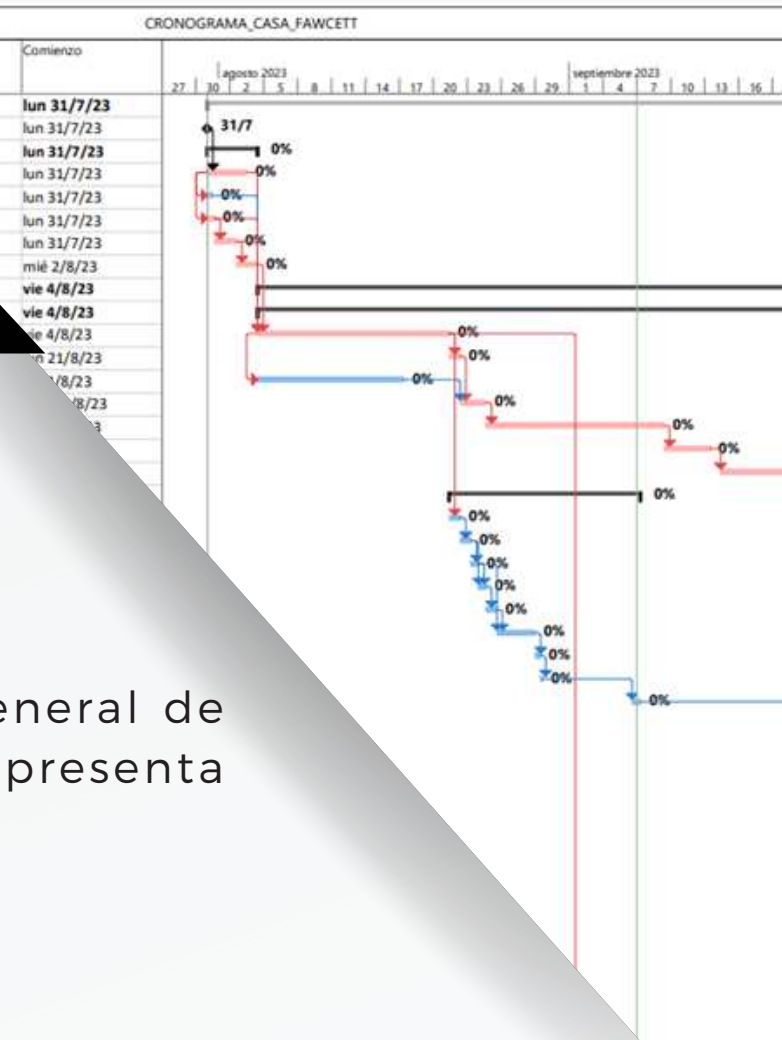


Producción  
de mejora  
continua

# PLANIFICACIÓN LAST PLANNER SYSTEM



# PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO “DEBE HACERSE”



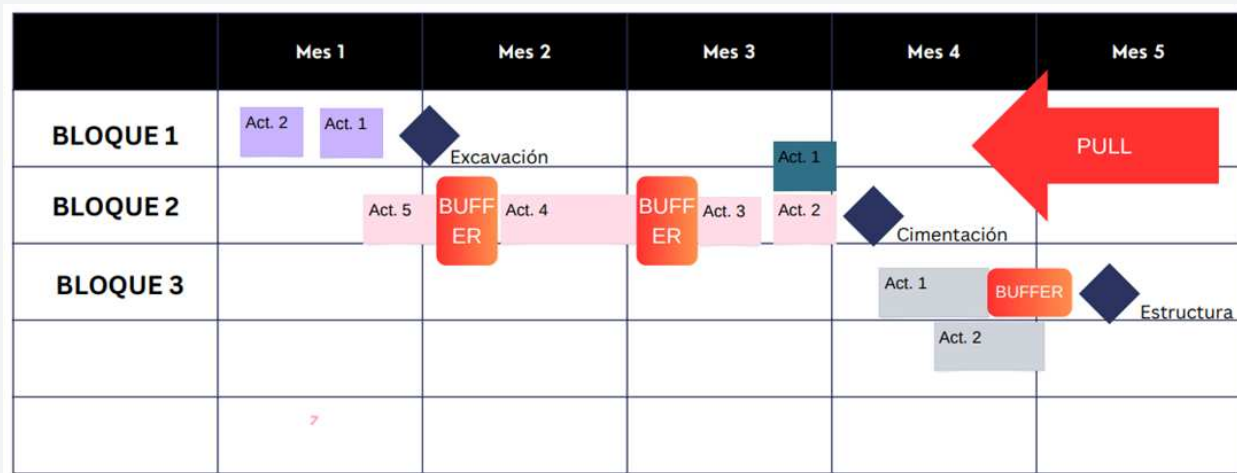
## PLAN MAESTRO

El plan maestro hace referencia a la parte más general de la planificación del proyecto constructivo, este representa a largo plazo los objetivos del proyecto

# PLANIFICACIÓN POR FASES



# PULL PLANNING



# PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO “PUEDE HACERSE”

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOK AHEAD)

ENERO

	L	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L
Semana 1															
Semana 2															
Semana 3															
14-ene															
15-ene															
16-ene															
17-ene															
18-ene															
21-ene															
22-ene															
23-ene															
24-ene															
25-ene															
26-ene															

En esta etapa se gestiona lo que puede hacerse, y se extrae una ventana del plan maestro, esta ventana de planificación a medio plazo puede variar entre 3 y 8 semanas según la complejidad del proyecto y como lo defina el grupo de trabajo,

- Look Ahead
- Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)



# PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO “SE HARÁ”

El propósito de esta etapa es desarrollar un plan de acción con actividades concretas y metas numéricas definidas.



### Programa semanal

Proyecto: \_\_\_\_\_

Semana: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Actividad:

Causa de no cumplimiento				

ID	Subactividad	Responsable	% cumplimiento		PAC
			%programado	% real	(cumplimiento)

Observaciones
---------------

1		
2		
3		
4		
5		

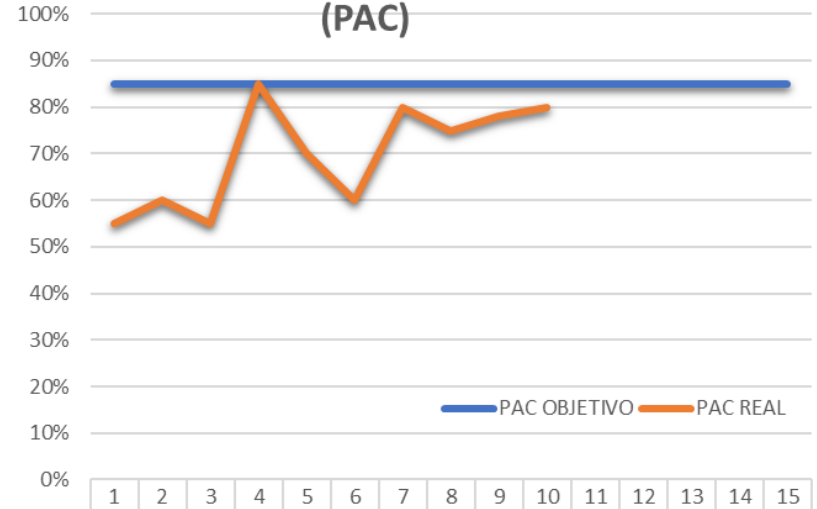



Suma

--	--	--	--	--

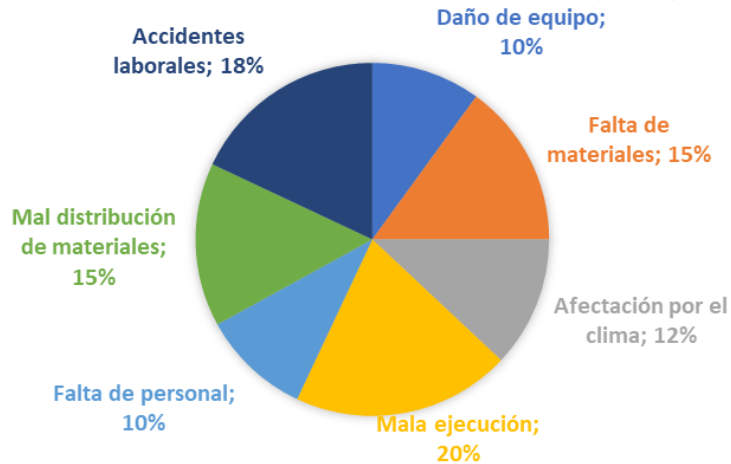


## PORCENTAJE DE ACTIVIDADE COMPLETADAS (PAC)



PAC OBJETIVO	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
PAC REAL	55%	60%	55%	85%	70%	60%	80%	75%	78%	80%					

## CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)





**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

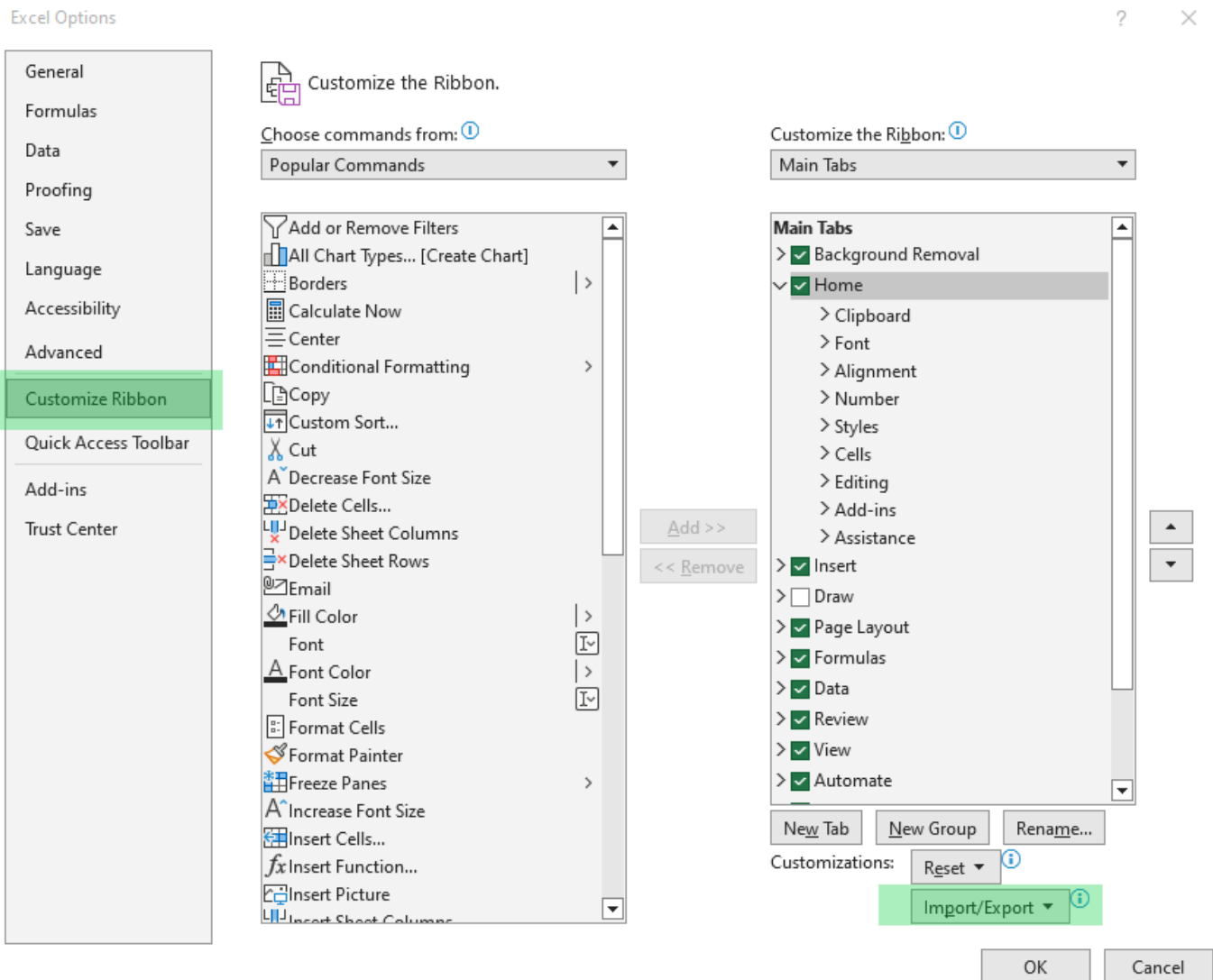
### ANEXO A

Instrucciones para la instalación de la cinta de opciones de Senda Matrix en Excel.

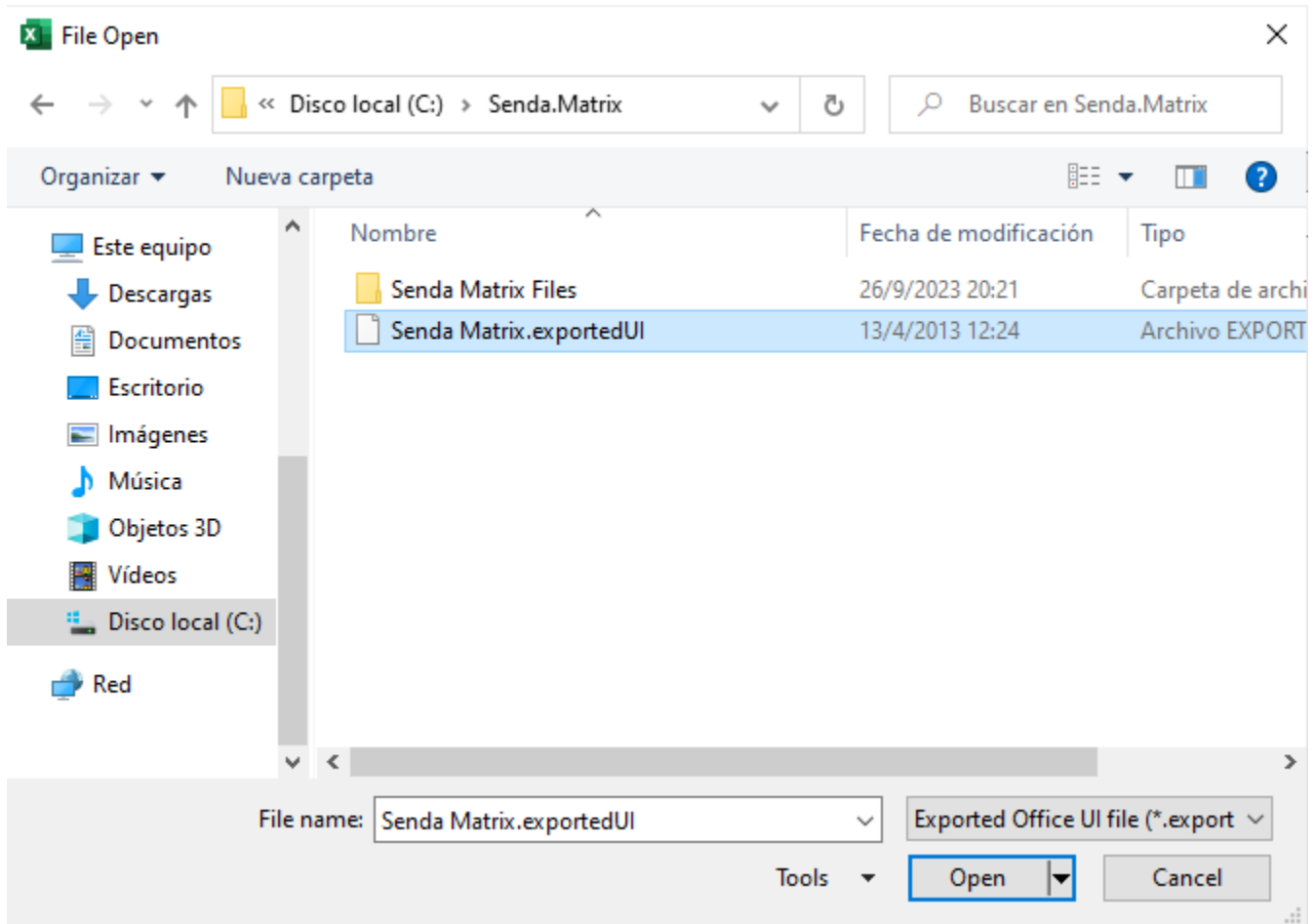
1. Acceda al siguiente link: [Install Senda matrix.exe](#) y descargue el archivo ejecutable de Senda Matrix.

2. Abra el programa de Excel (no importa la versión) y siga la siguiente ruta:

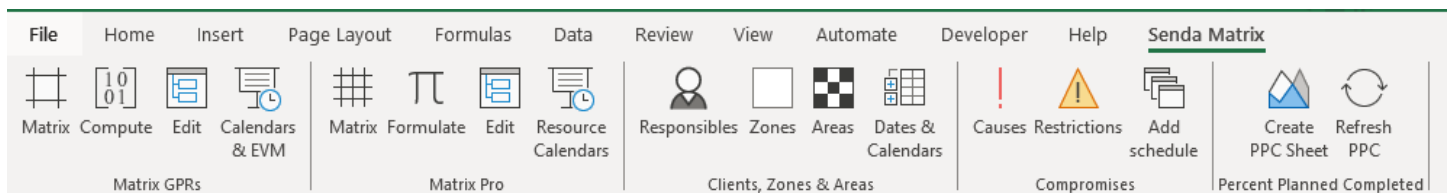
- **Inglés:** File>Options>Customize Ribbon>Import/Export>Import Customization file
- **Español:** Archivo>Opciones>Personalizar cinta>Importar/Exportar>Importar archivo de personalización.



3. Seleccione el archivo **Senda Matrix** con la extensión exportedUI localizado en C:\Senda.Matrix:



4. La nueva ventana de **Senda Matrix** debe aparecer en su cinta de opciones como se muestra a continuación:



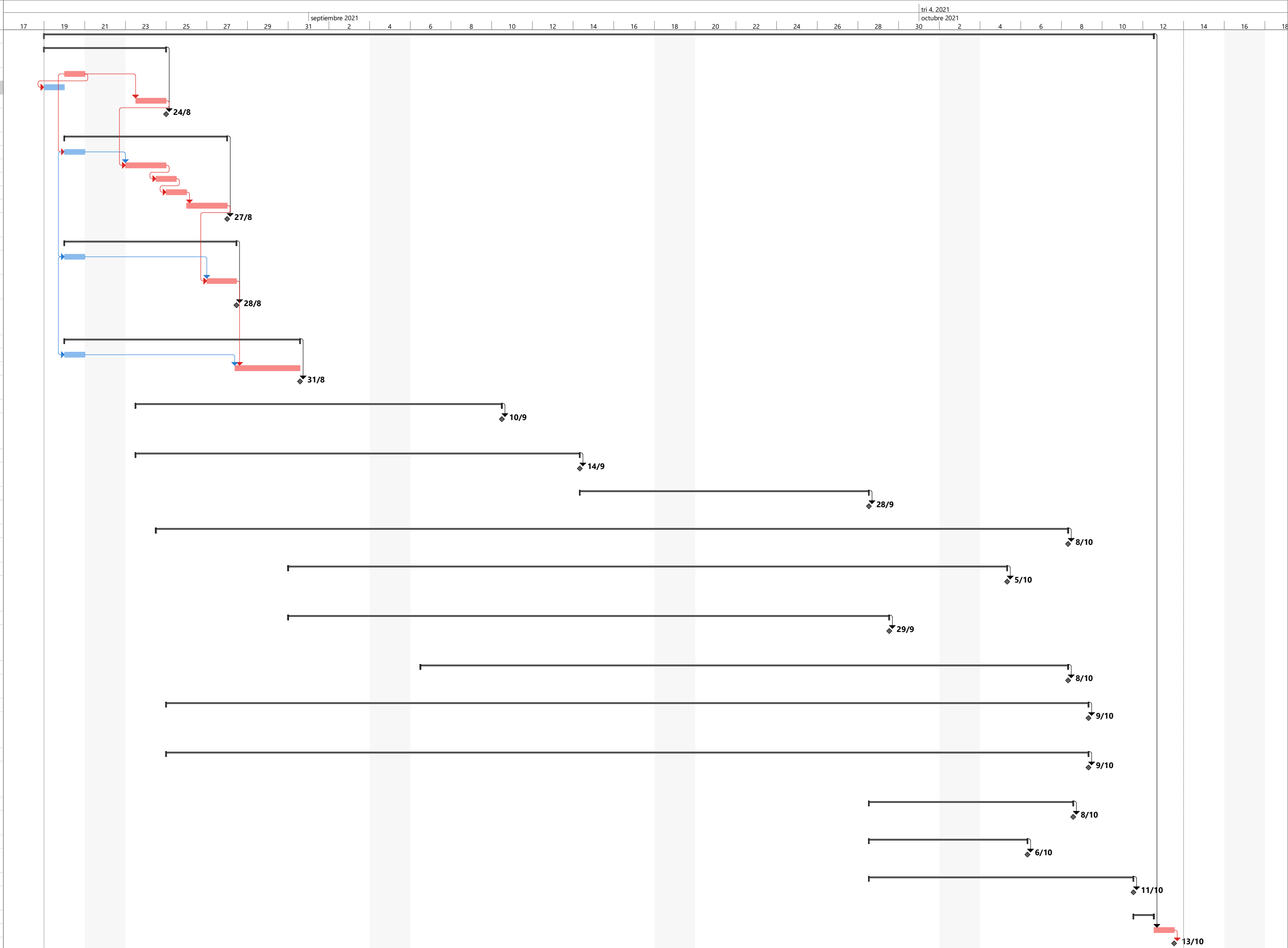
# **Anexos**

## **Anexo A** **Datos extraídos del cronograma de los proyectos** **analizados**

**Cuadro A1.** Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Ayllu Waika.

Nombre	Comienzo	Fin	Duración restante
SOLICITUD DE MATERIALES	vie 20/8/21	vie 20/8/21	1 día
CORTE Y COLOCACIÓN DE NIVELETAS	lun 23/8/21	mar 24/8/21	1,5 días
EXCAVACIÓN DE CIMENTACIONES	lun 23/8/21	mar 31/8/21	7 días
COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO	mar 31/8/21	mié 1/9/21	1 día
COLADO DE CONCRETO DE CIMIENTOS	mié 1/9/21	vie 3/9/21	2 días
COLOCACIÓN DE COLUMNAS PREFABRICADA	jue 2/9/21	vie 3/9/21	1,4 días
COLOCACIÓN DE BALDOSAS	mié 1/9/21	vie 3/9/21	2 días
COLOCACIÓN DE SOLERA	vie 3/9/21	sáb 4/9/21	1 día
CORTE DE TUBERIAS METALICAS	vie 3/9/21	sáb 4/9/21	0,8 días
EMSABLE DE SOLERA EN PAREDES	vie 3/9/21	mar 7/9/21	2 días
COLOCACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA	mar 7/9/21	jue 9/9/21	2,5 días
COLOCACIÓN DE CLAVADORES METÁLICOS	mié 8/9/21	vie 10/9/21	2 días
COLOCACIÓN DE CUBIERTA METÁLICA Y HOJALATERÍA	vie 10/9/21	mar 14/9/21	2,5 días
COLOCACIÓN DE MALLAS ELECTROSOLDADAS	lun 13/9/21	mar 14/9/21	1,5 días
COLOCACIÓN DE REFUERZO DE ACERO	lun 13/9/21	mar 14/9/21	0,9 días
COLOCACIÓN DE ENCOFRADOS	mar 14/9/21	mar 14/9/21	0,4 días
COLADA DE CONCRETO DE CONTRAPISO	mar 14/9/21	vie 17/9/21	1,8 días
COLOCACIÓN DE CUÑAS ENTRE BALDOSAS	vie 17/9/21	lun 20/9/21	1,5 días
RELLENO DE JUNTAS DE COLUMNA Y BALDOSA CON CHAPISCO	lun 20/9/21	jue 23/9/21	2,5 días
COLOCACIÓN DE CINTA DE MALLA EN JUNTAS ENTRE BALDOSAS	mar 21/9/21	jue 23/9/21	2 días
REPELLO DE BALDOSAS	mar 21/9/21	jue 23/9/21	2 días
REPELLO DE COLUMNAS	jue 16/9/21	jue 23/9/21	5 días
SOLICITUD DE FABRICACION DE PUERTAS	jue 23/9/21	mar 28/9/21	4 días
INSTALACIÓN DE PUERTAS	jue 21/10/21	vie 29/10/21	7 días
INSPECCION ARQUITECTONIA-DISEÑO SEGÚN PROPUESTA-APERTURA-	vie 29/10/21	vie 29/10/21	0 días
ENTREGA PROVISIONAL	vie 29/10/21	lun 1/11/21	1 día
ENTREGA FINAL	lun 1/11/21	lun 1/11/21	0 días

% completada	Nombre de tarea	Duración
1	0% <b>CASA DIANA ARROYO</b>	41,6 días
2	0% <b>TRAZADO Y CONFECCIÓN DE NIVELETAS</b>	4,5 días
3	0% SOLICITUD DE MATERIALES	1 día
4	0% <b>NIVELACIÓN DE TERRENO BACK HO</b>	1 día
5	0% <b>CORTE Y COLOCACIÓN DE NIVELETAS</b>	1,5 días
6	0% INSPECCION ESTRUCTURAL CONFECCION DE NIVELES Y	0 días
7	0% <b>CIMIENTOS</b>	6,5 días
8	0% SOLICITUD DE MATERIALES	1 día
9	0% EXCAVACIÓN DE CIMENTACIONES	2 días
10	0% SELLOS DE CONCRETO	1 día
11	0% COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUE	1 día
12	0% COLADO DE CONCRETO DE CIMIEN	2 días
13	0% INSPECCION ESTRUCTURAL REFUERZO ACEPTABLES Y NIVELES DE	0 días
14	0% <b>COLUMNAS</b>	6,9 días
15	0% SOLICITUD DE COMPRA DE PREFABRICADO	1 día
16	0% COLOCACIÓN DE COLUMNAS PREFABRICADA	1,4 días
17	0% INSPECCION ESTRUCTURAL Y ELÉCTRICA PLOMO DE COLUMNAS Y ALTURAS DE TOMACORRIENTES	0 días
18	0% <b>PAREDES PREFABRICADAS</b>	8,7 días
19	0% SOLICITUD DE MATERIAL	1 día
20	0% COLOCACIÓN DE BALDOSAS	2 días
21	0% INSPECCION ESTRUCTURAL PLOMO DE PAREDES-VERIFICAR CROQUIS	0 días
22	0% <b>ESTRUCTURA DE TECHO</b>	15 días
32	0% INSPECCION ESTRUCTURAL CORDON DE SOLDADURA Y PENDIENTES REQUERIDAS	0 días
33	0% <b>CONTRAPISO</b>	17,1 días
39	0% INSPECCION ESTRUCTURAL NIVEL DE PISO TERMINADO	0 días
40	0% <b>REPELLO</b>	10,5 días
48	0% INSPECCION ESTRUCTURAL BALDOSAS REFORZADAS	0 días
49	0% <b>PINTURA</b>	34,6 días
54	0% INSPECCION ARQUITECTONICA MICRAS DE PINTURA CORRECTAS	0 días
55	0% <b>ACABADO DE PISOS</b>	26,6 días
58	0% INSPECCION ARQUITECTONICA-CUCHILLAS-PENDIEN DE PISO	0 días
59	0% <b>ACABADO DE ENCHAPE DE BAÑOS</b>	22,6 días
62	0% INSPECCION ARQUITECTONICA-ESPESOR DE FRAGUA-ESCUADRE DE PIEZAS	0 días
63	0% <b>CIELORASO</b>	24,6 días
67	0% INSPECCION ARQUITECTONICA-ALTURA DE CIELO	0 días
68	0% <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	35,1 días
74	0% INSPECCION ELÉCTRICA-CABLEADO-TUBERIAS-ALTI SEGÚN CODIGO-	0 días
75	0% <b>INSTALACIÓN MÉCANICA</b>	35,1 días
85	0% INSPECCION MÉCANICA-ESPESOR DE TUBERIAS-TUBERIAS-PENDIENTES SEGÚN CODIGO-	0 días
86	0% <b>MOBILIARIO</b>	8,6 días
90	0% INSPECCION ARQUITECTONIA-DISEÑO SEGÚN	0 días
91	0% <b>PUERTAS</b>	6 días
94	0% INSPECCION ARQUITECTONIA-DISEÑO SEGÚN	0 días
95	0% <b>VENTANAS</b>	10 días
98	0% INSPECCION ARQUITECTONIA-DISEÑO SEGÚN	0 días
99	0% <b>LIMPIEZA</b>	1 día
103	0% ENTREGA PROVISIONAL	1 día
104	0% ENTREGA FINAL	0 días



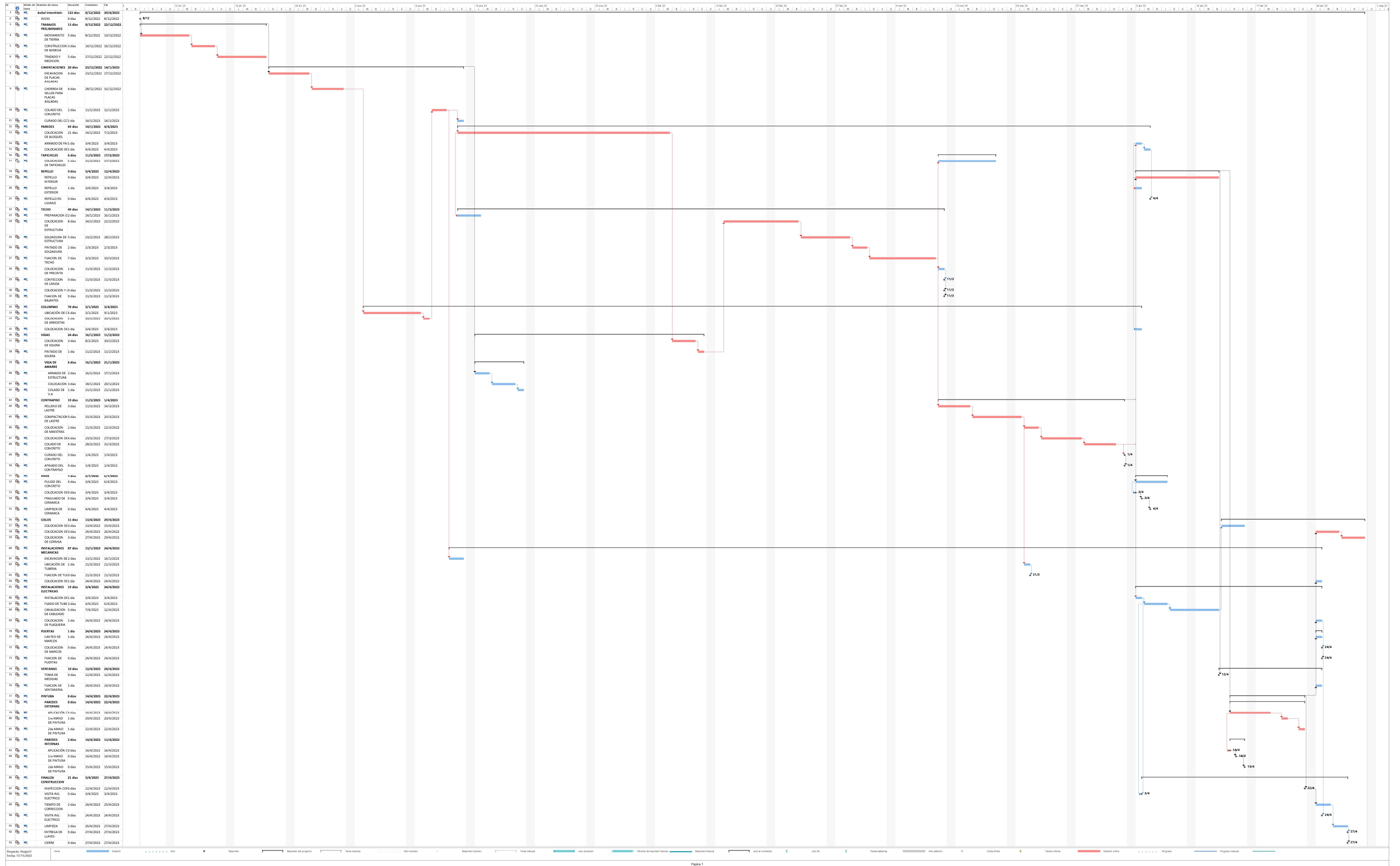
**Cuadro A2. Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Ara Macao.**

Nombre	Comienzo	Fin	Duración programada
INICIO	1/6/2023 07:00	1/6/2023 07:00	0 días
Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)	1/6/2023 07:00	5/6/2023 17:00	4 días
Cerramiento provisional del área de construcción	1/6/2023 07:00	1/6/2023 16:00	1 día
Construcción de bodega de almacenamiento de materiales	1/6/2023 16:00	5/6/2023 08:00	2 días
Trazado de ejes	5/6/2023 08:00	6/6/2023 16:00	2 días
Excavación del espacio de la placa	6/6/2023 16:00	21/6/2023 10:00	13 días
Colocación y compactación de relleno en lastre pobre	21/6/2023 10:00	22/6/2023 09:00	1 día
Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)	22/6/2023 09:00	26/6/2023 10:00	3 días
Armado de refuerzo vertical	26/6/2023 10:00	10/7/2023 15:00	13 días
Colado del concreto de la placa	10/7/2023 15:00	13/7/2023 11:00	3 días
Levantamiento de pared subterránea (bloque, acero y relleno)	14/7/2023 10:00	21/7/2023 08:00	6 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero y relleno)	21/7/2023 08:00	8/8/2023 14:00	16 días
Confección del acero de las vigas	17/8/2023 15:00	25/8/2023 11:00	7 días
Encofrado de los elementos	25/8/2023 11:00	28/8/2023 14:00	2 días
Colado de concreto de las vigas	28/8/2023 14:00	30/8/2023 11:00	2 días
Desencofrado de las vigas	8/9/2023 08:00	8/9/2023 17:00	1 día
Levantamiento de paredes desde viga corona hasta viga tapichel (bloque, acero, relleno)	9/9/2023 07:00	16/9/2023 10:00	5,5 días
Confección del acero de las vigas	11/9/2023 15:00	16/9/2023 10:00	4 días
Encofrado de los elementos	16/9/2023 10:00	19/9/2023 17:00	2,5 días
Colado de concreto de las vigas	20/9/2023 07:00	22/9/2023 14:00	3 días
Desencofrado de las vigas	28/9/2023 13:00	3/10/2023 12:00	4 días
Repello de las paredes	3/10/2023 13:00	19/10/2023 15:00	15 días
Armado de aros de mochetas y columnas	8/8/2023 14:00	10/8/2023 16:00	2,5 días
Encofrado de columnas y mochetas	10/8/2023 16:00	12/8/2023 09:00	1,5 días
Colado de concreto de columnas	12/8/2023 09:00	17/8/2023 10:00	3 días
Desencofrado de columnas	17/8/2023 10:00	17/8/2023 15:00	0,5 días
Instalación de cubierta metálica	19/10/2023 15:00	23/10/2023 16:00	3 días
Colocación de estructura emplentillado	25/10/2023 14:00	31/10/2023 08:00	4,5 días
Instalación de gypsum	31/10/2023 08:00	10/11/2023 11:00	10 días
Sellado de cielo	10/11/2023 11:00	13/11/2023 09:00	1,5 días
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	13/11/2023 09:00	29/11/2023 11:00	15 días
Instalación de fachaleta	29/11/2023 11:00	30/11/2023 15:00	1,5 días
Instalación de enchapes	30/11/2023 15:00	5/12/2023 16:00	3 días
Pintura de paredes	5/12/2023 16:00	15/12/2023 10:00	9 días
Limpieza de sitio	15/12/2023 10:00	19/12/2023 11:00	3 días
Revisión provisional	15/12/2023 10:00	18/12/2023 12:00	2 días
Periodo de correcciones	18/12/2023 13:00	11/1/2024 15:00	15 días
Ultima revisión	11/1/2024 15:00	12/1/2024 14:00	1 día
Repaso de pintura	12/1/2024 14:00	15/1/2024 16:00	2 días



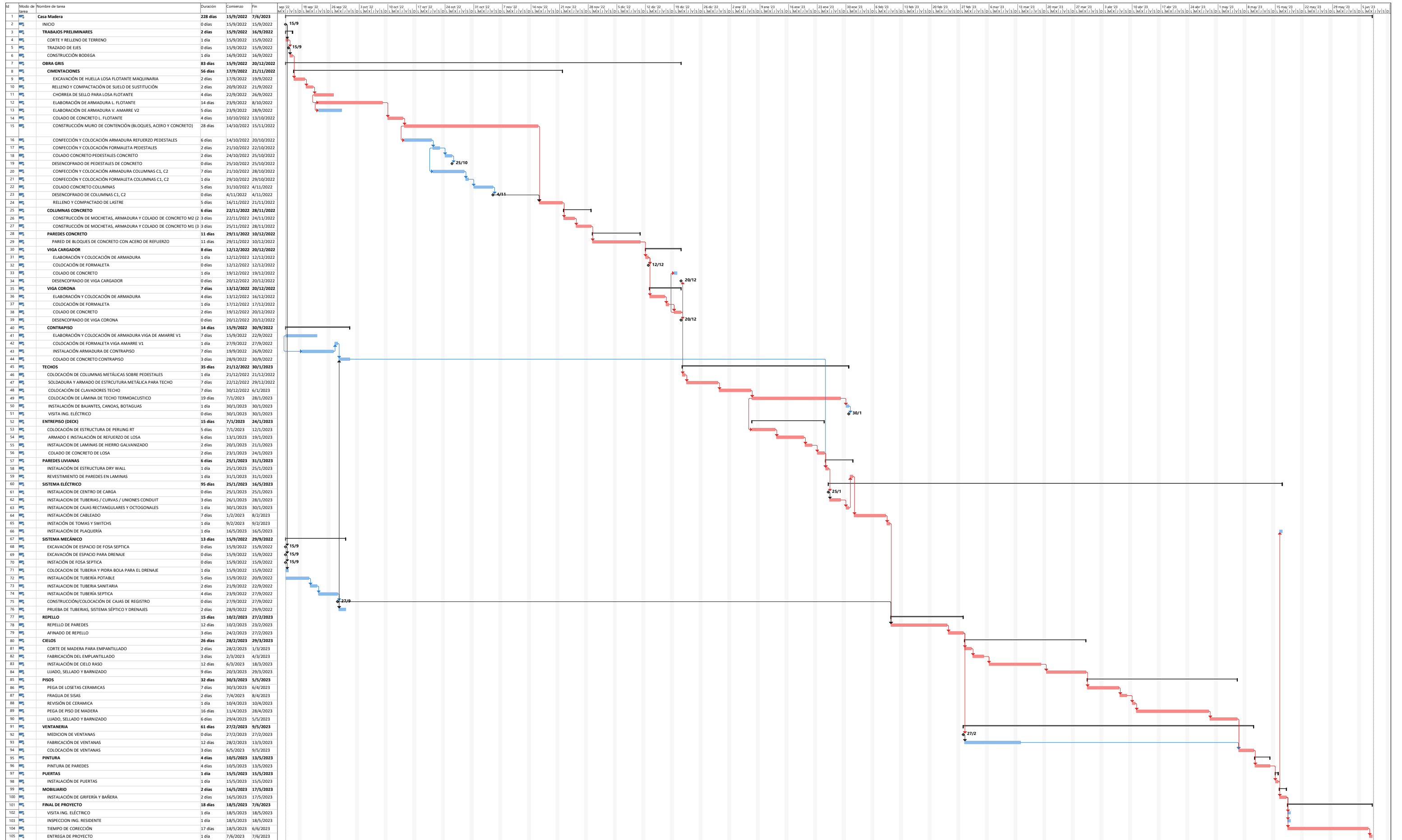
**Cuadro A3.** Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Avital.

Nombre	Comienzo	Fin	Duración programada
INICIO	jue 8/12/22	jue 8/12/22	0 días
MOVIMIENTO DE TIERRA	jue 8/12/22	mar 13/12/22	5 días
CONSTRUCCION DE BODEGA	mié 14/12/22	vie 16/12/22	3 días
TRAZADO Y MEDICION	sáb 17/12/22	jue 22/12/22	5 días
EXCAVACION DE PLACAS AISLADAS	vie 23/12/22	mar 27/12/22	4 días
CHORREA DE SELLOS PARA PLACAS AISLADAS	mié 28/12/22	sáb 31/12/22	4 días
COLADO DEL CONCRETO	mié 11/1/23	jue 12/1/23	2 días
COLOCACION DE BLOQUES	sáb 14/1/23	mar 7/2/23	21 días
REPELLO INTERIOR	lun 3/4/23	mié 12/4/23	9 días
COLOCACION DE ESTRUCTURA	mar 14/2/23	mié 22/2/23	8 días
SOLDADURA DE ESTRUCTURA	jue 23/2/23	mar 28/2/23	5 días
PINTADO DE SOLDADURA	mié 1/3/23	jue 2/3/23	2 días
FIJACION DE TECHO	vie 3/3/23	vie 10/3/23	7 días
UBICACIÓN DE COLUMNAS DE CONCRETO	mar 3/1/23	lun 9/1/23	6 días
COLOCACION DE ARRIOSTAS	mar 10/1/23	mar 10/1/23	1 día
COLOCACION DE SOLERA	mié 8/2/23	vie 10/2/23	3 días
PINTADO DE SOLERA	sáb 11/2/23	sáb 11/2/23	1 día
RELLENO DE LASTRE	sáb 11/3/23	mar 14/3/23	3 días
COMPACTACION DE LASTRE	mié 15/3/23	lun 20/3/23	5 días
COLOCACION DE MAESTRAS	mar 21/3/23	mié 22/3/23	2 días
COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA	jue 23/3/23	lun 27/3/23	4 días
COLADO DE CONCRETO	mar 28/3/23	vie 31/3/23	4 días
CURADO DEL CONCRETO	sáb 1/4/23	sáb 1/4/23	0 días
AFINADO DEL CONTRAPISO	sáb 1/4/23	sáb 1/4/23	0 días
COLOCACION DE PANELES DE PVC	lun 24/4/23	mié 26/4/23	3 días
COLOCACION DE CORNISA	jue 27/4/23	sáb 29/4/23	3 días
APLICACIÓN DE SELLADOR DE PAREDES	vie 14/4/23	mar 18/4/23	4 días
1ra MANO DE PINTURA	jue 20/4/23	jue 20/4/23	1 día
2da MANO DE PINTURA	sáb 22/4/23	sáb 22/4/23	1 día



**Cuadro A4. Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Casa Madera.**

Nombre	Comienzo	Fin	Duración programada
INICIO	jue 15/9/22	jue 15/9/22	0 días
CORTE Y RELLENO DE TERRENO	jue 15/9/22	jue 15/9/22	1 día
TRAZADO DE EJES	jue 15/9/22	jue 15/9/22	0 días
CONSTRUCCIÓN BODEGA	vie 16/9/22	vie 16/9/22	1 día
EXCAVACIÓN DE HUELLA LOSA FLOTANTE MAQUINARIA	sáb 17/9/22	lun 19/9/22	2 días
RELLENO Y COMPACTACIÓN DE SUELO DE SUSTITUCIÓN	mar 20/9/22	mié 21/9/22	2 días
CHORREA DE SELLO PARA LOSA FLOTANTE	jue 22/9/22	lun 26/9/22	4 días
ELABORACIÓN DE ARMADURA L. FLOTANTE	vie 23/9/22	sáb 8/10/22	14 días
COLADO DE CONCRETO L. FLOTANTE	lun 10/10/22	jue 13/10/22	4 días
CONSTRUCCIÓN MURO DE CONTENCIÓN (BLOQUES, ACERO Y CONCRETO)	vie 14/10/22	mar 15/11/22	28 días
RELLENO Y COMPACTADO DE LASTRE	mié 16/11/22	lun 21/11/22	5 días
CONSTRUCCIÓN DE MOCHETAS, ARMADURA Y COLADO DE CONCRETO M2 (2 #3, AROS #3)	mar 22/11/22	jue 24/11/22	3 días
CONSTRUCCIÓN DE MOCHETAS, ARMADURA Y COLADO DE CONCRETO M1 (3 #3, AROS #3)	vie 25/11/22	lun 28/11/22	3 días
PARED DE BLOQUES DE CONCRETO CON ACERO DE REFUERZO	mar 29/11/22	sáb 10/12/22	11 días
ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURA	lun 12/12/22	lun 12/12/22	1 día
ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURA	mar 13/12/22	vie 16/12/22	4 días
COLOCACIÓN DE FORMALETA	sáb 17/12/22	sáb 17/12/22	1 día
COLADO DE CONCRETO	lun 19/12/22	mar 20/12/22	2 días
COLOCACIÓN DE COLUMNAS METÁLICAS SOBRE PEDESTALES	mié 21/12/22	mié 21/12/22	1 día
SOLDADURA Y ARMADO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA TECHO	jue 22/12/22	jue 29/12/22	7 días
COLOCACIÓN DE CLAVADORES TECHO	vie 30/12/22	vie 6/1/23	7 días
COLOCACIÓN DE LÁMINA DE TECHO TERMOACUSTICO	sáb 7/1/23	sáb 28/1/23	19 días
COLOCACIÓN DE ESTRUCTURA DE PERLING RT	sáb 7/1/23	jue 12/1/23	5 días
ARMADO E INSTALACIÓN DE REFUERZO DE LOSA	vie 13/1/23	jue 19/1/23	6 días
INSTALACION DE LAMINAS DE HIERRO GALVANIZADO	vie 20/1/23	sáb 21/1/23	2 días
COLADO DE CONCRETO DE LOSA	lun 23/1/23	mar 24/1/23	2 días
INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DRY WALL	mié 25/1/23	mié 25/1/23	1 día
REVESTIMIENTO DE PAREDES EN LAMINAS	mar 31/1/23	mar 31/1/23	1 día
INSTALACION DE CENTRO DE CARGA	mié 25/1/23	mié 25/1/23	0 días
INSTALACION DE TUBERIAS / CURVAS / UNIONES CONDUIT	jue 26/1/23	sáb 28/1/23	3 días
INSTALACION DE CAJAS RECTANGULARES Y OCTOGONALES	lun 30/1/23	lun 30/1/23	1 día
INSTALACIÓN DE CABLEADO	mié 1/2/23	mié 8/2/23	7 días
INSTALACIÓN DE TOMAS Y SWITCHS	jue 9/2/23	jue 9/2/23	1 día
REPELLO DE PAREDES	vie 10/2/23	jue 23/2/23	12 días
AFINADO DE REPELLO	vie 24/2/23	lun 27/2/23	3 días
CORTE DE MADERA PARA EMPANTILLADO	mar 28/2/23	mié 1/3/23	2 días
FABRICACIÓN DEL EMPANTILLADO	jue 2/3/23	sáb 4/3/23	3 días
INSTALACIÓN DE CIELO RASO	lun 6/3/23	sáb 18/3/23	12 días
LIJADO, SELLADO Y BARNIZADO	lun 20/3/23	mié 29/3/23	9 días
PEGA DE LOSETAS CERAMICAS	jue 30/3/23	jue 6/4/23	7 días
FRAGUA DE SISAS	vie 7/4/23	sáb 8/4/23	2 días
REVISIÓN DE CERAMICA	lun 10/4/23	lun 10/4/23	1 día
PEGA DE PISO DE MADERA	mar 11/4/23	vie 28/4/23	16 días
LIJADO, SELLADO Y BARNIZADO	sáb 29/4/23	vie 5/5/23	6 días
COLOCACIÓN DE VENTANAS	sáb 6/5/23	mar 9/5/23	3 días
PINTURA DE PAREDES	mié 10/5/23	sáb 13/5/23	4 días
INSTALACIÓN DE PUERTAS	lun 15/5/23	lun 15/5/23	1 día
INSTALACIÓN DE GRIFERÍA Y BAÑERA	mar 16/5/23	mié 17/5/23	2 días
TIEMPO DE CORECCIÓN	jue 18/5/23	mar 6/6/23	17 días
ENTREGA DE PROYECTO	mié 7/6/23	mié 7/6/23	1 día



**Cuadro A5. Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Fawcett.**

Nombre	Comienzo	Fin	Duración programada
INICIO	lun 31/7/23	lun 31/7/23	0 días
Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)	lun 31/7/23	jue 3/8/23	4 días
Cerramiento provisional del área de construcción	lun 31/7/23	lun 31/7/23	1 día
Construcción de bodega de almacenamiento de materiales	lun 31/7/23	mié 2/8/23	2 días
Trazado de ejes	mié 2/8/23	vie 4/8/23	2 días
Excavación del espacio de la placa	vie 4/8/23	lun 21/8/23	13 días
Colocación y compactación de relleno en lastre pobre	lun 21/8/23	mar 22/8/23	1 día
Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)	mar 22/8/23	jue 24/8/23	3 días
Armado de refuerzo vertical	jue 24/8/23	sáb 9/9/23	13 días
Colado del concreto de la placa	sáb 9/9/23	mié 13/9/23	3 días
Levantamiento de pared subterránea (bloque, acero y relleno)	jue 14/9/23	vie 22/9/23	6 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero y relleno)	vie 22/9/23	mar 10/10/23	16 días
Confección del acero de las vigas	mié 18/10/23	jue 26/10/23	7 días
Encofrado de los elementos	jue 26/10/23	sáb 28/10/23	2 días
Colado de concreto de las vigas	sáb 28/10/23	mar 31/10/23	2 días
Desencofrado de las vigas	mié 8/11/23	mié 8/11/23	1 día
Levantamiento de paredes desde viga corona hasta viga tapichel (bloque, acero, relleno)	jue 9/11/23	mié 15/11/23	5,5 días
Confección del acero de las vigas	vie 10/11/23	mié 15/11/23	4 días
Encofrado de los elementos	mié 15/11/23	vie 17/11/23	2,5 días
Colado de concreto de las vigas	vie 17/11/23	mar 21/11/23	3 días
Desencofrado de las vigas	lun 27/11/23	sáb 2/12/23	4 días
Repello de las paredes	sáb 2/12/23	mar 19/12/23	15 días
Armado de aros de mochetas y columnas	mar 10/10/23	jue 12/10/23	2,5 días
Encofrado de columnas y mochetas	jue 12/10/23	sáb 14/10/23	1,5 días
Colado de concreto de columnas	sáb 14/10/23	mié 18/10/23	3 días
Desencofrado de columnas	mié 18/10/23	mié 18/10/23	0,5 días
Instalación de cubierta metálica	mar 19/12/23	vie 22/12/23	3 días
Colocación de estructura emplantillado	mar 2/1/24	lun 8/1/24	4,5 días
Instalación de gypsum	lun 8/1/24	jue 18/1/24	10 días
Sellado de cielo	jue 18/1/24	vie 19/1/24	1,5 días
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	vie 19/1/24	mar 6/2/24	15 días
Instalación de fachaleta	mar 6/2/24	mié 7/2/24	1,5 días
Instalación de enchapes	mié 7/2/24	sáb 10/2/24	3 días
Pintura de paredes	sáb 10/2/24	mié 21/2/24	9 días
Limpieza de sitio	mié 21/2/24	vie 23/2/24	3 días
Revisión provisional	mié 21/2/24	vie 23/2/24	2 días
Periodo de correcciones	vie 23/2/24	lun 11/3/24	15 días
Ultima revisión	lun 11/3/24	mar 12/3/24	1 día
Repaso de pintura	mar 12/3/24	jue 14/3/24	2 días





**Cuadro A6. Tareas críticas extraídas del cronograma del proyecto Vaquita.**

Nombre	Comienzo	Fin	Duración programada
INICIO	lun 22/5/23	lun 22/5/23	0 días
Movimiento de tierra (corte, relleno, etc)	lun 22/5/23	jue 25/5/23	4 días
Cerramiento provisional del área de construcción	lun 22/5/23	lun 22/5/23	1 día
Construcción de bodega de almacenamiento de materiales	lun 22/5/23	mié 24/5/23	2 días
Trazado de ejes	mié 24/5/23	lun 29/5/23	2 días
Excavación del espacio de la placa	lun 29/5/23	mar 6/6/23	9 días
Colocación y compactación de relleno en lastre pobre	mar 6/6/23	mié 7/6/23	0,5 días
Colocación de la armadura (acero longitudinal y aros)	mié 7/6/23	lun 12/6/23	2 días
Armado de refuerzo vertical	lun 12/6/23	mié 21/6/23	10 días
Colado del concreto de la placa	mié 21/6/23	lun 26/6/23	2 días
Levantamiento de pared subterránea (bloque, acero y relleno)	mar 27/6/23	sáb 1/7/23	4 días
Levantamiento de pared en block desde NPT hasta viga corona (mocheta, bloque, acero y relleno)	sáb 1/7/23	lun 17/7/23	15 días
Confección del acero de las vigas	vie 28/7/23	lun 7/8/23	8 días
Encofrado de los elementos	lun 7/8/23	mié 9/8/23	2 días
Colado de concreto de las vigas	mié 9/8/23	vie 11/8/23	2 días
Desencofrado de las vigas	jue 17/8/23	lun 21/8/23	1 día
Levantamiento de paredes desde viga corona hasta viga tapichel (bloque, acero, relleno)	lun 21/8/23	mié 23/8/23	2,5 días
Confección del acero de las estructura	mié 16/8/23	mié 23/8/23	4 días
Estructura STUD y TRACK	mié 23/8/23	sáb 26/8/23	2,5 días
Forro en paneles de gypsum y densglass	sáb 26/8/23	lun 28/8/23	3 días
Tratado de juntas de drywall	mar 5/9/23	sáb 9/9/23	4 días
Armado de aros de mochetas y columnas	lun 17/7/23	jue 20/7/23	2,5 días
Encofrado de columnas y mochetas	jue 20/7/23	lun 24/7/23	1,5 días
Colado de concreto de columnas	lun 24/7/23	jue 27/7/23	3 días
Desencofrado de columnas	jue 27/7/23	jue 27/7/23	0,5 días
Corte e instalación de largueros metálicos 2x6"	sáb 9/9/23	dom 10/9/23	2 días
Corte e instalación de clavadores RT 2x3"	lun 11/9/23	mar 12/9/23	2 días
Instalación de cubierta metálica	mar 12/9/23	lun 18/9/23	3 días
Colocación de estructura emplastillado	mié 20/9/23	dom 24/9/23	4,5 días
Instalación de reglas en madera cielo	dom 24/9/23	vie 6/10/23	9 días
Sellado de cielo	vie 6/10/23	vie 6/10/23	1 día
Instalación de porcelanato (pegado y fraguado)	sáb 7/10/23	lun 23/10/23	15 días
Instalación de fachaleta	lun 23/10/23	mié 25/10/23	1,5 días
Instalación de enchapes	mié 25/10/23	mar 31/10/23	3 días
Pintura de paredes	mar 31/10/23	mié 8/11/23	9 días
Limpieza de sitio	mié 8/11/23	mar 14/11/23	3 días
Revisión provisional	mié 8/11/23	lun 13/11/23	2 días
Periodo de correcciones	lun 13/11/23	jue 30/11/23	15 días
Ultima revisión	jue 30/11/23	vie 1/12/23	1 día
Repaso de pintura	vie 1/12/23	sáb 2/12/23	2 días



**Anexo B**  
**Presupuesto de materiales por actividad de los**  
**proyectos analizados, extraído de la base de datos de**  
**TEC HOGAR**

**Tabla B1.** Precio de materiales por actividad, del proyecto Ayllu Wayka.

PRESUPUESTO GENERAL	
Ayllu Wayka	64.75
TRABAJOS PRELIMINARES	¢222 941.68
CIMENTACION	¢379 181.42
COLUMNAS	¢537 129.45
VIGAS	¢151 332.45
PAREDES	¢1 075 132.74
TAPICHELES	¢534 973.83
CONTRAPISO	¢648 898.67
ENTREPISO	
TECHOS	¢245 838.94
CIELOS	
PISOS	
REPELLO	¢220 030.97
INSTALACIONES MECANICAS	¢1 221 771.28
INSTALACIONES ELECTRICAS	¢1 241 606.68
PUERTAS	¢482 964.60
VENTANAS	¢424 000.00
MOBILIARIO	
PINTURA	¢196 108.76

**Tabla B2.** Precio de materiales por actividad, del proyecto Ara Macao.

PRESUPUESTO GENERAL	
TRABAJOS PRELIMINARES	¢2 313 163.72
CIMENTACION	¢3 694 839.82
COLUMNAS	¢2 607 457.87
VIGAS	¢1 656 556.28
PAREDES	¢4 700 830.51
TAPICHELES	¢502 464.78
CONTRAPISO	¢2 281 315.04
ENTREPISO	
TECHOS	¢4 827 213.30
CIELOS	¢2 843 198.47
PISOS	¢4 852 082.57
REPELLO	¢1 034 028.32
INSTALACIONES MECANICAS	¢7 466 150.21
INSTALACIONES ELECTRICAS	¢7 160 882.16
PUERTAS	¢7 146 940.00
VENTANAS	¢3 877 862.83
MOBILIARIO	¢129 000.00
AITRES ACONDICIONADOS	¢2 120 000.00
PINTURA	¢1 197 801.77

**Tabla B3.** Precio de materiales por actividad, del proyecto Avital.

TRABAJOS PRELIMINARES	₡935 368.71
CIMENTACION	₡506 952.71
COLUMNAS	₡1 392 947.09
VIGAS	₡1 061 983.09
PAREDES Y TAPICHELES	₡3 170 097.29
CONTRAPISO	₡3 105 319.35
ENTREPISO	
TECHOS	₡3 687 680.50
CIELOS	₡1 796 739.51
PISOS	
REPELLO	₡1 471 993.27
INSTALACIONES MECANICAS	₡4 193 804.87
INSTALACIONES ELECTRICAS	₡4 347 409.21
PUERTAS	₡784 998.18
VENTANAS	₡2 482 800.22
MOBILIARIO	₡814 198.27
PINTURA	Incluido en repellos

**Tabla B4.** Presupuesto global del proyecto Casa Madera

COSTOS	MONTO PRESUPUESTADO	GASTOS A LA FECHA	BALANCE
GLOBAL PROYECTO	₡14 174 003,85	₡12 924 654,51	₡1 249 349,34
MATERIALES	₡9 679 175,44	₡9 627 654,51	₡51 520,93
MANO DE OBRA	₡2 275 000,00	₡3 237 000,00	-₡962 000,00
CARGAS SOCIALES	₡0,00	₡0,00	
SERVICIOS PROFESIONALES	₡227 350,36	₡0,00	₡227 350,36
OBRAS ADICIONALES	₡60 000,00	₡60 000,00	
IMPREVISTOS	₡795 726,260		₡795 726,26
<b>UTILIDAD DE PROYECTO</b>	<b>₡1 136 751,79</b>	<b>₡1 249 349,34</b>	<b>₡112 597,55</b>

**Tabla B5.** Precio de materiales por actividad, del proyecto Fawcett.

PRESUPUESTO GENERAL	
<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>	¢1 212 511.95
<u>CIMENTACION</u>	¢1 557 379.87
<u>COLUMNAS</u>	¢1 934 024.31
<u>VIGAS</u>	¢3 151 220.44
<u>PAREDES</u>	¢2 955 077.28
<u>TAPICHELES</u>	¢1 864 350.21
<u>CONTRAPISO</u>	¢1 339 760.62
<u>ENTREPISO</u>	
<u>TECHOS</u>	¢6 975 430.28
<u>CIELOS</u>	¢1 749 454.36
<u>PISOS</u>	¢478 311.34
<u>REPELLO</u>	¢1 086 035.40
<u>INSTALACIONES MECANICAS</u>	¢6 324 313.65
<u>INSTALACIONES ELECTRICAS</u>	¢8 730 836.91
<u>PUERTAS</u>	¢5 289 557.52
<u>VENTANAS</u>	¢4 474 797.15
<u>MOBILIARIO</u>	
<u>PINTURA</u>	¢610 182.81

**Tabla B6.** Precio de materiales por actividad, del proyecto Vaquita.

<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>	¢551 711.06
<u>CIMENTACION</u>	¢1 285 141.59
<u>COLUMNAS</u>	¢873 062.36
<u>VIGAS</u>	¢2 085 245.31
<u>PAREDES</u>	¢3 897 141.57
<u>TAPICHELES</u>	¢648 880.21
<u>CONTRAPISO</u>	¢1 753 135.40
<u>ENTREPISO</u>	
<u>TECHOS</u>	¢3 701 024.79
<u>CIELOS</u>	
<u>PISOS</u>	¢2 586 981.44
<u>REPELLO</u>	¢961 451.33
<u>INSTALACIONES MECANICAS</u>	¢3 262 008.26
<u>INSTALACIONES ELECTRICAS</u>	¢3 065 033.61
<u>PUERTAS</u>	
<u>VENTANAS</u>	
<u>MOBILIARIO</u>	
<u>PINTURA</u>	¢724 446.02