

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST  
PLANNER EN UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN CON .NET y POWER BI**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Paola Rosa Hernandez Yañez

**ASESOR:**

Miguel Angel Lozano Vargas

Lima, febrero, 2025

## Informe de Similitud

Yo, MIGUEL ANGEL LOZANO VARGAS, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulado:


PROPUESTA DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN CON .NET y POWER BI

De la autora: PAOLA ROSA HERNANDEZ YAÑEZ

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **19/02/2025**.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 19 de febrero 2025

Apellidos y nombres del asesor: Lozano Vargas, Miguel Angel	
DNI: 41640078	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-6238-9400">https://orcid.org/0000-0001-6238-9400</a>	

## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo principal crear un plan de implementación del sistema *Last Planner* aplicado a una obra de edificación. Asimismo, con el fin de facilitar el manejo de información, se integrará con un software elaborado con el *framework .NET* y un *dashboard* en *Power BI*.

La metodología utilizada para esta tesis fue, en primer lugar, la revisión de literatura a fin de describir conceptos Lean y del LPS. Además, identificar las variables más relevantes para la implementación del sistema. En segundo lugar, se validaron las variables con cinco expertos en el tema. Luego, se analizaron dos casos de estudio de edificios multifamiliares donde se aplicó el LPS. Para, finalmente, elaborar el plan de implementación y desarrollar el software.

Para desarrollar el plan de implementación se tomaron en cuenta las variables validadas. Además, se consideró la información recopilada de las entrevistas a los expertos, donde describieron su experiencia y dieron recomendaciones sobre cómo mejorar este proceso. Asimismo, explicaron la brecha que existe entre la teoría del LPS y como es que se aplica en obra.

Los casos de estudio fueron analizados con entrevistas al personal, donde comentaron cuál fue su rol en el proyecto y su perspectiva sobre los beneficios que este sistema brindó. Además, se compartieron los formatos utilizados en la obra.

Finalmente, con la información recopilada se elaboró el plan de implementación donde uno de los principales factores que se destaca es el apoyo de la gerencia y la integración y comunicación entre los involucrados. Se establecieron 5 etapas para la implementación que incluyen desde la vinculación con los objetivos estratégicos de la empresa hasta la evaluación y mejora continua de cada proyecto. Asimismo, se elaboró un software para el manejo y visualización de información.

## DEDICATORIA

*A mis padres y hermanas por su constante apoyo y motivación, gracias por siempre ser mi soporte y por preocuparse por mí.*

*A Dios por haberme dado fortaleza durante el desarrollo de este trabajo.*

*A mis abuelos maternos y paternos, que desde el cielo me brindaron su compañía y apoyo.*

*A mi enamorado Javier Marroquin, que estuvo conmigo durante el desarrollo de toda la tesis y siempre creyó en mí.*



## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1: Generalidades .....	1
1.1.    Introducción .....	1
1.2.    Situación actual .....	2
1.3.    Preguntas de investigación.....	3
1.4.    Justificación.....	3
1.5.    Alcance .....	4
1.6.    Objetivos .....	4
1.6.1.    Objetivo general.....	4
1.6.2.    Objetivos específicos .....	4
2.    Capítulo 2: Marco teórico.....	5
2.1.    Antecedentes .....	5
2.1.1.    Antecedentes internacionales .....	5
2.1.1.1. <i>Antecedente 1</i> .....	5
2.1.1.2. <i>Antecedente 2</i> .....	6
2.1.1.3. <i>Antecedente 3</i> .....	6
2.1.1.4. <i>Antecedente 4</i> .....	7
2.1.2.    Antecedentes nacionales .....	7
2.1.2.1. <i>Antecedente 1</i> .....	8
2.1.2.2. <i>Antecedente 2</i> .....	8
2.1.2.3. <i>Antecedente 3</i> .....	9
2.1.2.4. <i>Antecedente 4</i> .....	10
2.2.    Bases teóricas .....	10
2.2.1. <i>Lean Construction</i> .....	10
2.2.1.1. <i>Herramientas LEAN</i> .....	11
2.2.2.    Last Planner .....	12
2.2.2.1. <i>Partes del LPS</i> .....	14

2.2.2.1.1.	<i>Programa maestro</i> .....	15
2.2.2.1.2.	<i>Planificación de fase</i> .....	15
2.2.2.1.3.	<i>Lookahead</i> .....	17
2.2.2.1.4.	<i>Análisis de restricciones</i> .....	18
2.2.2.1.5.	<i>Plan de trabajo semanal</i> .....	19
2.2.2.1.6.	<i>Plan de trabajo diario</i> .....	19
2.2.2.1.7.	<i>Aprendizaje</i> .....	20
2.2.3.	Herramientas tecnológicas .....	21
2.2.3.1.	<i>.NET Framework</i> .....	21
2.2.3.2.	<i>Power BI</i> .....	22
2.3.	Gestión del cambio .....	22
2.4.	Definición de variables teóricas .....	25
3.	Capítulo 3: Metodología .....	28
3.1.	Diseño de investigación .....	28
3.1.1.	Alcance .....	28
3.1.2.	Enfoque .....	28
3.1.3.	Diseño .....	28
3.2.	Instrumento .....	29
3.3.	Validación de expertos .....	29
3.3.1.	Perfil de expertos .....	30
3.3.2.	Procedimiento de validación .....	30
3.4.	Recopilación de información .....	31
4.	Capítulo 4: Análisis de validación de expertos .....	33
4.1.	Perfil de expertos .....	33
4.2.	Análisis de entrevistas a expertos .....	34
4.3.	Variables teóricas validadas .....	41
5.	Capítulo 5: Análisis de implementación del LPS en caso de estudio .....	44

5.1.	Descripción del caso de estudio .....	44
5.1.1.	Caso de estudio 1 .....	44
5.1.2.	Caso de estudio 2 .....	46
5.2.	Entrevistas a staff.....	47
5.2.1.	Caso de estudio 1 .....	47
5.2.2.	Caso de estudio 2 .....	48
5.3.	Análisis profundo de las variables planteadas.....	50
5.4.	Partes del LPS utilizadas en los casos de estudio.....	57
5.4.1.	Caso 1 .....	57
5.4.2.	Caso 2.....	63
6.	Capítulo 6: Propuesta de plan de implementación del LPS en edificación .....	68
6.1.	Validación de propuesta de plan de implementación del <i>Last Planner System</i> .....	68
6.1.1.	Perfil de los expertos.....	68
6.1.2.	Análisis de resultados .....	69
6.2.	Propuesta de plan de implementación del LPS en edificación.....	70
6.2.1.	Etapas para la implementación del <i>Last Planner System</i> .....	70
6.2.2.	Implementación del software .....	84
6.2.2.1.	Desarrollo e implementación del software.....	85
6.2.2.2.	Resultados y beneficios.....	88
	Conclusiones y recomendaciones .....	91
	BIBLIOGRAFÍA .....	94
	ANEXOS.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Estructuración del sistema de producción LPS: SHOULD- CAN- WILL-DID.	14
Figura N°2: Gestión del cambio para la implementación del LPS .....	25
Figura N°3: Flujo de la metodología de información .....	32
Figura N°4: Sectorización del piso 2 y de los piso 8 al 20.....	45
Figura N°5: Sectorización del piso 3 al 7.....	46
Figura N° 6: Plan maestro del caso 1 .....	57
Figura N° 7: Fases del caso 1 .....	58
Figura N° 8: Lookahead planning caso 1 .....	59
Figura N° 9: Análisis de restricciones caso 1 .....	60
Figura N° 10: Asignación de puntaje a las actividades cumplidas caso 1 .....	61
Figura N° 11: Cálculo del PPC caso 1 .....	61
Figura N° 12: PPC acumulado caso 1 .....	62
Figura N° 13: Causas de no cumplimiento caso 1 .....	63
Figura N° 14: Plan maestro caso 2.....	63
Figura N° 15: Lookahead caso 2.....	64
Figura N° 16: Análisis de restricciones caso 2 .....	65
Figura N° 17: Plan semanal caso 2 .....	65
Figura N° 18: Cálculo del PPC caso 2 .....	66
Figura N° 19: PPC acumulado caso 2 .....	66
Figura N° 20: Causas de no cumplimiento caso 2 .....	67
Figura N° 21a: Etapas para la implementación del LPS .....	68
Figura N° 22: Validación de las etapas del plan de implementación por los expertos .....	70
Figura N° 21b: Etapas para la implementación del LPS .....	71
Figura N°23: Ejemplo de Balanced Scorecard .....	73
Figura N°24: Ejemplo de plan de capacitación .....	74
Figura N°25: Plan maestro .....	77

Figura N°26: Lookahead planning.....	78
Figura N° 27: Plan maestro propuesto .....	80
Figura N° 28: Plan de fases propuesto .....	80
Figura N° 29:Lookahead planning propuesto.....	81
Figura N° 30: Análisis de restricciones propuesta.....	82
Figura N° 31: Plan semanal propuesto.....	82
Figura N° 32:Leyenda de causas de no cumplimiento.....	82
Figura N° 33:Plan diario propuesto .....	83
Figura N°34: Plantilla plan maestro.....	85
Figura N°35: Plantilla Lookahead .....	85
Figura N°36: Plantilla análisis de restricciones .....	86
Figura N°37: Plantilla plan semanal .....	86
Figura N°38: Ventana inicial.....	86
Figura N°39: Creación de nuevo proyecto .....	87
Figura N°40: Cargar lookaheads al software.....	87
Figura N°41: Actividades del Lookahead .....	88
Figura N°42: Ventana de análisis de restricciones .....	88
Figura N°43: Ventana de plan semanal.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1:</b> Factores de la implementación .....	26
<b>Tabla N°2:</b> Variables del Last Planner System .....	27
<b>Tabla N°3:</b> Alternativas según la escala de Likert.....	30
<b>Tabla N°4:</b> Descripción de los entrevistados.....	33
<b>Tabla N°5:</b> Variables relacionadas a la gestión del cambio .....	42
<b>Tabla N°6:</b> Variables relacionadas a las partes del LPS .....	43
<b>Tabla N°7:</b> Variables existentes en casos de estudio.....	67
<b>Tabla N°8:</b> Perfil de expertos .....	69



## Capítulo 1: Generalidades

### 1.1.Introducción

El sector construcción ha descendido en los últimos meses. El Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI señaló que el sector construcción se contrajo 11.0% en mayo del presente año. Asimismo, el consumo de cemento y el avance de la obra pública, que representan casi el 98% del PBI de la construcción, tuvieron un resultado fuertemente negativo.

De acuerdo con el IEC (2019), uno de los principales motivos de la baja ejecución de obras es la ineficiencia de los sistemas de evaluación y control de proyectos, así como la falta de una correcta planificación. La suma de estos factores, junto con la inestabilidad política del país y la falta de continuidad de medidas sectoriales, generan retrasos y contratiempos en la ejecución de las obras públicas.

Al 30 de junio del 2023, se registraron un total de 1826 obras públicas paralizadas a nivel nacional, valorizadas en veinticuatro mil noventa millones de soles, de las cuales falta ejecutar un saldo de más de once mil setecientos sesenta y seis millones de soles. Asimismo, entre las causas de la paralización, se señala que el 19% corresponden a deficiencias técnicas o incumplimientos contractuales, lo cual es recurrente en dichos niveles de gobierno (Contraloría general de la República, 2023).

Ante la evidencia de la baja productividad en las obras y el incumplimiento de los plazos, algunas empresas han optado por utilizar herramientas de planificación como el del *Last Planner System*. Taichi Ohno llegó a la conclusión de que en una jornada de trabajo solo una pequeña parte de las operaciones añaden valor neto y el resto de operaciones es despilfarro en esperas, movimientos innecesarios retrabajo, transporte, entre otros. El *Last Planner System* evitará la incertidumbre y el incumplimiento de los plazos con el fin de mejorar el sector construcción en el Perú.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una propuesta de implementación del *Last Planner System* en un proyecto de edificación. Para ello, se definirán conceptos relacionados al *Last Planner System* y al *Lean Construction*, asimismo se analizarán al menos dos casos de estudio que servirán como ejemplo para desarrollar la propuesta. Además, se diseñará un programa con los softwares .NET y Power BI que servirá como una plataforma de control del LPS para una empresa que posee varios proyectos en simultáneo.

## 1.2.Situación actual

En los últimos años (2016-2020), el gasto promedio anual en inversión pública representó el 4.64% del PBI del Perú (Banco Central de Reserva del Perú, 2021). Sin embargo, según el PNIC (Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad), el Perú está retrasado en el desarrollo de infraestructura comparado con países de la región y países de la OCDE. A pesar de la necesidad de crear nueva infraestructura, la productividad del sector construcción va en decadencia en relación al año 2014. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

El sector construcción en el Perú presenta una enorme cantidad de obras paralizadas. Según la Contraloría General de la República al mes de junio del 2023, 1826 proyectos están inmovilizados lo que abarca alrededor de 24 mil noventa millones de soles. Es importante reconocer las causas de las paralizaciones; entre ellas están la falta de recursos financieros y de liquidez de obras, incumplimiento de contratos, deficiencias en los expedientes técnicos, entre otros.

La falta de recursos financieros se debe a una mala organización tanto del cronograma de obra como del Gobierno, al incumplimiento de contrato lo cual impide que la obra se termine a tiempo, asimismo los expedientes técnicos presentados son expresamente reducidos, ello con el fin de hacerlos más atractivos, de igual modo, las interferencias, conflictos sociales o ambientales no son solucionados previos al iniciar la obra lo que complica la situación. (IEC,2023)

### 1.3.Preguntas de investigación

En el desarrollo de la presente tesis se responderán a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede desarrollar un plan para la implementación del Sistema Last Planner en un proyecto de edificación considerando la integración de herramientas tecnológicas?
- ¿Cuáles son los factores más importantes para la implementación del LPS?
- ¿Cómo se realiza la implementación del LPS en proyectos de edificación?
- ¿Cómo facilitar el seguimiento y manejo del LPS entre los involucrados?

### 1.4.Justificación

Debido a la gran cantidad de obras paralizadas y a la informalidad en la construcción en el Perú, es necesario tener una mejor organización que permita cumplir con el cronograma de obra y el contrato. Desde el año 1990 se utiliza el término “LEAN” cuando se comprobó la eficacia en el sistema de producción TOYOTA liderado por el ingeniero Taiichi Ohno. *Lean Construction* es una nueva línea de producción cuyo objetivo es minimizar las pérdidas de los recursos que se utilizarán para la construcción (Orihuela,2011). Esta filosofía es la base para la nueva organización y diseño de los proyectos, la herramienta *Last Planner System* ayudará a alcanzar los objetivos de *Lean Construction*, mejorará la productividad al reducir despilfarros y al tener un control detallado del cronograma en ejecución. Sin embargo, su implementación en el Perú enfrenta altos niveles de variabilidad y problemas culturales relacionados a los compromisos de los involucrados (Brioso et al., 2016).

La Cuarta Revolución Industrial ha impulsado la adopción de tecnologías avanzadas que transforman la manera de diseñar, construir y operar los proyectos de construcción. La Construcción 4.0 demanda habilidades técnicas y blandas especializadas y una mayor integración de herramientas digitales para gestionar grandes volúmenes de datos (Sawhney et al. 2020)

En este contexto, la presente tesis propone un plan de implementación del LPS en proyectos de edificación apoyado en *.NET Y Power BI*, herramientas que facilitan la visualización y análisis de datos en tiempo real, lo que permite la optimización de toma de decisiones y una gestión más ágil y eficiente, esto no solo se alinea con los objetivos del *Lean Construction* sino también prepara al sector construcción para los desafíos de la cuarta revolución industrial.

### **1.5.Alcance**

Este trabajo comprende el análisis de la implementación del *Last Planner System* en al menos dos casos de estudio en proyectos de edificación. Se realizarán entrevistas a profesionales que se encuentran en la ciudad de Lima sobre cuáles son los desafíos y validar las variables sobre la aplicación de esta herramienta en el Perú. Dicha entrevista semiestructurada se aplicará a profesionales destacados en el rubro.

Después de la revisión de literatura y de la validación de los profesionales, se elaborará un plan de implementación del *Last Planner System* para un proyecto de edificación. Finalmente se analizará el plan obtenido y se obtendrán conclusiones y recomendaciones.

### **1.6.Objetivos**

#### **1.6.1.Objetivo general**

Proponer un plan de implementación de *Last Planner System* para la construcción de un proyecto de edificación utilizando *.NET* y *Power BI*.

#### **1.6.2.Objetivos específicos**

- Identificar los factores relevantes para la implementación *Last Planner System*
- Describir la aplicación de *Last Planner System* en los casos de estudio
- Crear un software que facilite el seguimiento del LPS para los involucrados.

## 2.Capítulo 2: Marco teórico

### 2.1.Antecedentes

#### 2.1.1.Antecedentes internacionales

Lean construction se ha expandido a lo largo de los años alrededor del mundo con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir los desperdicios en proyectos de construcción. Para ello se creó el *Lean Construction Institute* en 1997 con el propósito de transformar el diseño y construcción mediante la reforma de la gestión de producción (LCI, s/f).

A lo largo del tiempo, se ha adoptado *Lean Construction* en el sector de construcción. Su implementación continúa hasta la actualidad y se evidencia en estudios e investigaciones que brinda el grupo IGLC. Estos estudios permiten identificar los beneficios, las deficiencias y su impacto en la construcción. Esta filosofía ha sido aplicada a diversos tipos de obras y en diversos países. Además, estas herramientas han sido aplicadas junto con herramientas tecnológicas que brindan agilidad y eficacia en el proceso.

##### 2.1.1.1.Antecedente 1

El estudio realizado por Ponz e.t. (2015), el cual se titula “Integrando la fragmentación de tareas y el método del valor ganado en el *Last Planner System* utilizando hojas de cálculo”, se centra en mejorar la planificación y el control de producción en la construcción. Asimismo, presenta una propuesta de un complemento (add-in) que se desarrolló con Visual Basic, llamado Senda Matrix. Este complemento permite trabajar en Excel de forma más eficiente y adaptada a las necesidades de la industria. Esta herramienta se utiliza en cursos de pregrado y postgrado en distintas universidades de Colombia y España.

Este estudio es importante para la presente tesis ya que aborda la integración del LPS con herramientas tecnológicas, que en este caso es Visual Basic. Además, presenta una alternativa innovadora para la industria de la construcción que puede mejorar la eficiencia y efectividad de la gestión de proyectos.

### **2.1.1.2. Antecedente 2**

El estudio realizado por Daou et. (2015) el cual se titula “Instantask: Diseño de una aplicación visual para habilitar la respuesta de planificación ágil”, describe la aplicación Instantask como una solución innovadora para el desafío de la aparición de nuevas tareas no planificadas en proyectos de construcción. Esta aplicación tiene el potencial de mejorar la coordinación y respuesta ágil, además de proporcionar datos clave para el aprendizaje organizacional y mejora continua.

El análisis de redes sociales hipotético muestra que la implementación de esta aplicación podría aumentar la conectividad entre todas las partes, lo que mejoraría la respuesta ante tareas no planificadas. Este estudio es importante ya que muestra una visión general del uso de softwares para la aplicación en construcción, además expone que esta herramienta podría mejorar y agilizar la implementación del LPS en proyectos.

### **2.1.1.3. Antecedente 3**

Los beneficios del LPS se ven reflejados en un estudio realizado en Arabia Saudita, cuyos autores fueron AlSehaimi, Tzortzopoulos y Koskela (2009) y se titula “*Last Planner System: Experiences from pilot implementation in the Middle East*”. Se evalúa la eficacia de la implementación de esta herramienta para mejorar la práctica de planificación en la construcción. Para ello se analizan los resultados de la implementación del LPS en dos proyectos, los cuales fueron recopilados mediante entrevistas, asistencia a reuniones semanales como facilitador del LPS y encuestas. A partir de ello se llevó a cabo una estrategia de investigación y acción con el fin de comprender y ser el cambio.

El autor expresa que a pesar que hubo algunas barreras que obstaculizaron el logro de todo el potencial del LPS se logró terminar dos semanas antes de lo previsto el trabajo estructural, lo que indica una clara evidencia de su efectividad. Las principales barreras para la implementación del LPS fueron: la participación de varios subcontratistas resistentes al

cambio, largo procedimiento de aprobación por parte del cliente, falta de compromiso y actitud y cuestiones culturales. A pesar de ello el LPS demostró que podía mejorar la práctica de gestión de la construcción en varios aspectos y aportar numerosas ventajas. Esta investigación es de suma importancia, ya que es una evidencia clara del potencial del LPS a pesar de las distintas barreras que se mencionan.

#### **2.1.1.4. Antecedente 4**

El LPS es un sistema que optimiza el flujo de trabajo y ello se evidencia en el anterior caso de estudio, sin embargo, a la hora de aplicarlo han surgido obstáculos. La investigación realizada por Diaz (2022), la cual se titula “Challenges and importance of human being within the *Last Planner System* in Colombia: A case study”, busca identificar los principales desafíos y dar una propuesta para resolverlos desde perspectiva de implementación y uso en el contexto colombiano. Para ello se analizan dos casos de estudio desarrollados por Robert Yin en dos empresas constructoras colombianas en las que se ha aplicado el LPS. En esta investigación se encontraron diferentes desafíos, 13 obstáculos principales en cuanto a la perspectiva de la implementación y 8 necesidades que se pueden resolver con la actualización del LPS. Esta investigación aporta significativamente a esta tesis, ya que, desde el punto de vista de la implementación del LPS, identifica los posibles obstáculos que se pueden presentar y proporciona soluciones que contemplan la transformación organizacional.

#### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

*Lean Construction* se ha aplicado en el Perú desde hace más de 20 años en diferentes proyectos tales como vías, edificaciones, obras sanitarias, minería, infraestructura deportiva, plantas industriales entre otros. Sin embargo, existen algunas barreras que dificultan su aplicación en su totalidad.

Un estudio realizado por Huaman y Erazo (2021) sobre las principales barreras de la aplicación del LC en el Perú destaca la falta de políticas gubernamentales, la falta de alianzas

entre instituciones académicas y empresas en el sector construcción, alto costo de implementación y la falta de conocimiento de profesionales egresados. Como consecuencia, la mala implementación del LC resulta en una mala gestión del proyecto, una mala coordinación con los equipos y una planificación poco confiable (Huamán, Erazo,2021).

### ***2.1.2.1.Antecedente 1***

Verán y Brioso (2021), en su investigación “Implementation of *Lean Construction* as a solution for the COVID-19 impacts in Residential Construction projects in Lima, Peru”, el cual presenta una propuesta de planificación que integre las herramientas LEAN y el protocolo COVID-19 para edificaciones de concreto armado. Es una investigación descriptiva y experimental. De este estudio se concluyó que la pandemia, en el sector construcción, tuvo un gran impacto, por un lado muchas empresas que no cumplían con los estándares de seguridad adecuados y protocolos seguros fueron eliminadas. Por otro lado, el LC fue un acelerador de la productividad y de las nuevas tecnologías al tener la necesidad de buscar nuevos procesos.

Asimismo, la implementación del LC resultó ser una opción exitosa para mantener la productividad del proyecto, cumpliendo con el plazo, costo, seguridad y calidad requerida. En el proceso se aplicó el LPS, donde para el control del PPC y del CNC se utilizó el software POWER BI de Microsoft, el cual permite conectar datos, transformarlos y visualizarlos. Esta investigación es relevante, ya que muestra la importancia de recurrir a alternativas como las herramientas LEAN en un entorno tan crítico como la pandemia, con el propósito de mantener el funcionamiento del sector construcción. Además, demuestra el uso de nuevas tecnologías ante emergencias y como estas son efectivas para el control y planificación de obra. (Verán & Brioso, 2021).

### ***2.1.2.2.Antecedente 2***

La tesis realizada por Riccer y Solórzano (2014), el cual se titula “Modelo de gestión integrando nuevas tecnologías de información para gestionar eficientemente el proyecto:

"Condominio Residencial Sol de Villa" - Trujillo – Perú”, aborda el uso de distintos softwares para crear un modelo de gestión que permita elaborar el modelamiento, la planificación, seguimiento y control de las actividades del proyecto. La tesis describe el uso de 4 softwares, los cuales son: Allplan 2014, Opus Planet 2014, Impera 2.2 y Ms Excel.

El software Impera 2.2 incorporó la metodología del LPS y permitió una planificación integral además de un control de costos. Este estudio es relevante para la presente tesis ya que muestra el uso de distintos softwares en la etapa de planificación, demuestra su efectividad en la optimización de recursos, coordinación de tareas y seguimiento de presupuestos. Además, proporciona una forma innovadora y subraya el uso de la tecnología en la gestión de proyectos.

### **2.1.2.3. Antecedente 3**

Murguia (2019) realizó una investigación, “*Factors Influencing the use of LAST PLANNER SYSTEM Methods: An empirical study in Peru*” cuyo objetivo era identificar los factores que influyen en el uso del *Last Planner System*, ya que, si bien es cierto, el uso de esta herramienta se introdujo en el Perú ya hace un par de décadas, actualmente no se ha logrado todo el potencial de su implementación. Se realizó una encuesta a noventa y cinco ingenieros sobresalientes en el rubro de la construcción con el fin de recolectar información cuantitativa.

Del estudio realizado se concluyó que existen desafíos y barreras que se han encontrado en la implementación del *Last Planner System*, un ejemplo de esto es la falta de compromiso y capacitación adecuada del personal. Asimismo, muchas empresas tienen la creencia errónea de que el LPS es solo un sistema de informes de alta gerencia, además de la falta de anticipación a problemas o la capacidad insuficiente de respuesta para eliminar limitaciones. Otros estudios han identificado barreras como: problemas culturales, falta de comunicación y transparencia, falta de participación de los trabajadores y la falta de tiempo para implementar mejoras. Es sumamente importante reconocer las barreras en una implementación real del LPS, con el fin de aprender y corregir errores futuros.

#### **2.1.2.4. Antecedente 4**

Un estudio realizado por Erazo (2020), “Application of the *Last Planner System* in a Sports Infrastructure Project in Peru”, cuyo objetivo era diseñar y aplicar un plan de implementación del LPS. Erazo indicó que la mayoría de los problemas de variabilidad y coordinación surgen en las fases MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería) y acabado. La implementación LPS tomó 27 semanas y se dividió en dos fases. Los resultados mostraron que hubo una reducción de la variabilidad y un aumento del SPI (Índice de Desempeño del Cronograma), permitiendo entregar el proyecto a tiempo (Erazo,2020).

Estos resultados se lograron gracias a la implantación de una persona como facilitador del LPS, la cual ayudó a los ingenieros de campo. Asimismo, hubo una comunicación abierta que permitió a los trabajadores participar y desenvolverse en las reuniones. Es importante mantener al equipo motivado para que haya una mejora continua y se pueda alcanzar a tiempo los objetivos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Lean Construction**

*Lean Production* es una metodología que se enfoca en la reducción de desperdicios y en la optimización de procesos, fue desarrollada por la empresa TOYOTA en 1990 y estuvo a cargo del ingeniero Ohno. A partir de esta metodología, aplicada a industrias manufactureras, nació *Lean Construction*. En 1992, el profesor Lauri Koskela del Centro de Investigación Técnica de Finlandia, propuso este nuevo enfoque. Este consistía en la adaptación de *Lean Production*, pero aplicado al rubro de la construcción. En primera instancia, hubo dificultades en este proceso, ya que en una construcción los proyectos son únicos, complejos y con entornos inciertos. Además, estos proyectos involucran tiempos y cronogramas ajustados (Howell, 1990).

Según Ballard y Howell, las obras de construcción que no usan los principios Lean, usualmente sólo cumplen alrededor de la mitad de los planes de trabajo semanales. Por eso, a fin de optimizar estos procesos, *Lean Construction* propone analizar la producción bajo tres conceptos: Transformación, flujo y generación de valor. Además, esta metodología se concentra en la aplicación del “Sistema de Entrega de proyectos sin pérdida”, el cual descompone el proyecto en 6 fases y 13 módulos (Orihuela, 2011).

### ***2.2.1.1.Herramientas LEAN***

*Lean Construction* proporciona distintas herramientas que tienen como objetivo mejorar los sistemas y procesos de entrega al minimizar los desperdicios y aumentar la productividad. A continuación, se presentarán algunas herramientas, las cuales se pueden usar transversalmente junto al LPS.

#### **Lineas Balance**

El método líneas de balance fue creado por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch en 1940. Es una técnica de planificación que permite mostrar las actividades a realizar como una sola línea en lugar de un diagrama de barras, como se muestra en CPM (Método de la ruta crítica), PDM (Método de diagramas de precedencias) o en PERT (Técnica de programación, evaluación y revisión). Este método es recomendable para proyectos cuyas actividades son repetitivas y extensas.

El método líneas de balance permite una comprensión más clara del trabajo, optimizar recursos y adaptabilidad en el proceso de construcción, ya que es fácil de modificar o actualizar. Implica nivelar la carga de trabajo en todos los procesos en un flujo de valor para eliminar el exceso de capacidad y los cuellos de botella.

#### ***Work Structuring***

Se utiliza para el desarrollo del diseño de procesos y operación en alineación con la estructura de la cadena de suministro. Aparece en respuesta a la estructuración convencional

utilizada en la construcción denominada Work Breakdown Structure (WBS). A comparación de esta Work Structuring se enfoca en cómo se organiza el trabajo en unidades que se pueden asignar a grupos de trabajadores. Además, busca responder preguntas tales como: ¿Cuándo se realizarán las diferentes unidades de trabajo? ¿Cómo se secuencia el trabajo? ¿Cómo se liberará el trabajo de un grupo de trabajadores al grupo siguiente? (Tommelein et.,2004).

### ***Just in time***

Es una estrategia de gestión de materiales que alinea el cronograma de construcción con el cronograma de transporte del material para garantizar que los trabajadores reciban el material solo cuando sean requeridos, de esta manera se reduce el desperdicio. Su enfoque, según Ryan Grabosky, es “tener el material adecuado, en el momento adecuado, en el lugar correcto y en la cantidad exacta”.

### ***Last Planner System***

Es un sistema de planificación y control de la producción, orientado a la creación de un flujo de trabajo que logra una ejecución confiable. Este concepto será detallado líneas abajo. Cabe resaltar que las herramientas mencionadas anteriormente (Lineas balance, *work structuring* y *Just in time*) pueden ser utilizadas de forma transversal dentro de la estructuración del *Last Planner System*.

## **2.2.2.Last Planner**

En la construcción tradicional el nivel de cumplimiento de los compromisos asumidos es bajo. En promedio, el 54% del trabajo planificado para una semana se completa de acuerdo al cronograma. Como resultado muchos proyectos se entregan a destiempo y por encima del presupuesto, esto conlleva a la insatisfacción por parte del cliente y un trabajo final mediocre (*Lean Construction Institute, s/f*).

Como consecuencia, el *Last Planner System* (LPS) surgió como una herramienta basada en la filosofía de *Lean Construction*. Se define como un sistema de planificación y control de la producción en construcción. Fue desarrollado por Glen Ballard y Greg Howell en los años 90. Su objetivo principal es incrementar la productividad, mejorar el desempeño, reducir la incertidumbre y los despilfarros (Pons & Rubio, 2019).

En 1999 Lauri Koskela, propuso cinco criterios de un sistema de control de producción que se alinean con el *Last Planner System*:

- “Las asignaciones deben ser sólidas en relación a sus condiciones previas”. El trabajo no debe comenzar hasta que las condiciones previas estén disponibles. Ello obliga a minimizar el trabajo en condiciones deficientes.

- “El cumplimiento de las tareas debe ser medido y monitoreado”. El porcentaje del Plan Completado (PPC) es el número de actividades completas dividido entre el número total de las actividades planificadas. Esto disminuye la variabilidad en los flujos.

- “Se investigan las causas de no cumplimiento y esas causas son eliminadas”. Este enfoque favorece la mejora continua, a través de los ciclos de Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act)

- “Sugiere mantener un margen de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo”. Es decir si el equipo no puede cumplir la tarea asignada puede cambiar a otra tarea, lo que conlleva a evitar pérdidas de productividad.

- “En la planificación lookahead (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), se preparan activamente las condiciones previas para los próximos encargos”. Este es un sistema Pull que contribuye a asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la siguiente actividad. Esto asegura a que se tengan las reservas de material disponible para cuando sean necesarias.

### 2.2.2.1. Partes del LPS

El LPS es una metodología de producción diseñada para reducir la variabilidad. Según Ballard, en un sistema tradicional, se planifica un proyecto como si no hubiera interferencia entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”, ello está basado en el sistema PUSH, en el cual los supervisores no consideran los posibles obstáculos que se puedan presentar. Este sistema impide la solución rápida de conflictos ya que el equipo no tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones existentes.

La planificación no se define como el desglose de actividades que se preceden, sino que, con ella debemos ser capaces de definir qué se debe hacer, qué es lo que se puede hacer, que es lo que se hará y qué fue lo que hizo.

El último planificador se define como la persona o grupo de personas encargadas de ejecutar el LPS, se encargan de transmitir y asignar tareas a los trabajadores de campo. Además, el último planificador deberá lograr que lo que se debe hacer coincida con lo que se puede hacer y finalmente se convierta en lo que se va a hacer (Pons & Rubio, 2019). La figura 1 muestra la estructuración del sistema de producción LPS: SHOULD- CAN- WILL-DID.

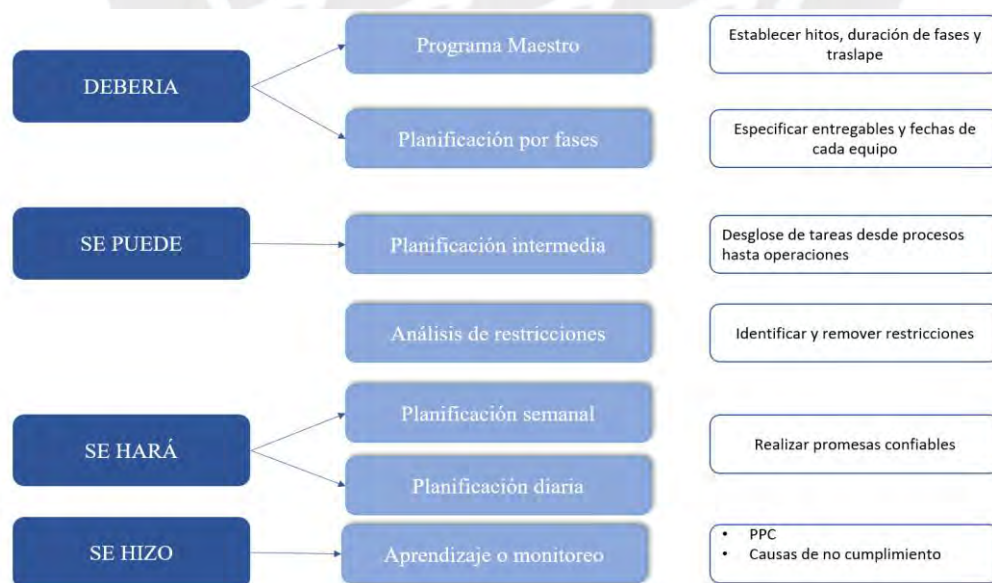


Figura N°1: Estructuración del sistema de producción LPS: SHOULD- CAN- WILL-DID.

Fuente: Elaboración propia adaptado de Pons y Rubio (2019)

### 2.2.2.1.1. Programa maestro

En esta etapa el objetivo es establecer hitos (Inicio, entrega de cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones, diseño, licencias, entre otros), clarificar el alcance y las expectativas del proyecto. El equipo de trabajo que se considerará depende del alcance del LPS y de la fase del proyecto en el que se utilice. Esta programación es la base de todo el LPS, debido a que de esta dependen las programaciones de mediano y corto plazo.

El programa maestro, alineado a *LEAN*, tiene que proporcionar al equipo una visión común de los objetivos del proyecto, con el fin realizar un correcto seguimiento. Sin embargo, tradicionalmente, se posee un concepto erróneo del plan maestro, ya que solo lo asocian con un diagrama Gantt cuando en realidad, según Pons y Rubio, se deben considerar los siguientes componentes:

- Definición de alcance
- Análisis de los *stakeholders*
- *Work structuring*
- Análisis de riesgos del proyecto
- Identificación de recursos críticos
- Identificación de hitos
- Programa general de la obra
- Presupuesto
- Líneas de balance
- Diagrama de Gantt

### 2.2.2.1.2. Planificación de fase

El objetivo de esta etapa es definir el trabajo a realizar para cumplir con los requerimientos de la obra. Es de suma importancia que los responsables de cada actividad o áreas participen. Para cumplir con esta etapa es necesario usar la metodología Pull Planning.

Como resultado de esto, se tendrá un plan de trabajo comprometido por todas las partes, además de identificarse las restricciones de cada fase.

En la construcción, tradicionalmente se usa la metodología PUSH donde se planifica tareas hacia adelante sin la certeza de que podrán ejecutarse, o si se tendrán los inputs necesarios para su realización lo que ocasiona desperdicios y esperas. El LPS en respuesta a esto propone la metodología PULL, para utilizarla se inicia la planificación desde la fecha de entrega y se programa hacia atrás, de esta forma solo se realizará el trabajo necesario para aperturar los siguientes, además se identificarán las oportunidades de mejora que permitan comprimir aún más la planificación.

El LCI menciona que para realizar la planificación de fase se debe trabajar con post-it los cuales se colocan a lo largo de una pizarra donde se detallan las fases u el tiempo del proyecto. En cada post-it se describirá la actividad o restricción necesaria para liberar la siguiente, además se debe colocar la fecha de entrega, responsables y cualquier otra información necesaria. Cabe recalcar que la duración de la actividad colocada en el post it debe ser la real o ideal, sin incluir holguras.

El LCI detalla el proceso de planificación de fase (LCI,2007):

- 1) Definir los trabajos a incluir en la fase
- 2) Determinar la fecha de finalización de fase, más cualquier liberación provisional importante
- 3) Utilizar post-it en la pizarra junto al equipo y desarrollar la red de actividades requeridas trabajando desde la finalización.
- 4) Colocar las duraciones de cada actividad, sin holguras.
- 5) Reexaminar la lógica para intentar acortar la duración.
- 6) Determinar la fecha de inicio práctica más temprana para la fase.
- 7) Si queda tiempo después de comparar la fecha de inicio con la fecha final se deberá decidir con qué actividades rellenar el tiempo adicional

- 8) Se deberá preguntar al equipo sobre si está cómodo con los buffers existentes y si estos aseguran la finalización de los hitos, si la respuesta es negativa, se deberá reprogramar.
- 9) Si hay exceso de tiempo disponible más allá del necesario para la reserva, se debe decidir si acelerar el cronograma o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de llegar a tiempo
- 10) Reservar tiempo no asignado en un colchón de contingencia general para la fase.

#### 2.2.2.1.3. Lookahead

El *lookahead* o planificación a medio plazo, según LCI, es el resultado de la integración del plan maestro y de la planificación de fases, donde se identifica cada tarea a completar y sus respectivas asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y es el nivel más bajo de planificación. El *lookahead* permite trabajar bajo control de un plan realizable, identificar restricciones y condiciones necesarias en un plazo más pequeño. Asimismo su finalidad es dirigir los esfuerzos de la construcción, no a controlar una programación inicial sin errores, sino a prevenirlos o adaptarse a ellos, de tal manera que se tomen buenas decisiones en el presente para tener buenos resultados en el futuro.

En este nivel de planificación se trabaja con actividades que suelen durar de 4 a 6 semanas, pero ello depende de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación y los plazos para adquirir información, materiales, manos de obra y equipos (Ballard, 2000). Por ejemplo, si se trabaja con la ventana de tiempo de 4 semanas, en la semana 1 se planificará para las 4 semanas siguientes, en la semana 2 se planificará para las 4 semanas siguientes y así sucesivamente. (Orihuela & Ulloa, 2011).

Los pasos que se deben seguir según Orihuela & Ulloa son los siguientes:

- 1) Seleccionar las actividades que se sabe que se podrán realizar cuando se programen, cabe resaltar que sus restricciones deben estar liberadas o al menos asignadas con fecha de compromiso para que dicha restricción quede liberada. Estas actividades se obtienen de la programación maestra, es importante que, si en caso una actividad programada no pueda ser

ejecutada, se tendrá otra actividad liberada en la lista para ser asignada, de esta manera no hay pérdida de tiempo.

2) Dividir las actividades en asignaciones. Una estrategia para la buena práctica del *Lookahead* es disponer de paneles semanales en los cuales se colocarán tarjetas de colores o *post-it* día a día hasta completar el plazo. En estas tarjetas se describe la tarea a ejecutar, el responsable y lugar, cabe resaltar que estas contienen información procedente de las tarjetas de la planificación de fase o plan maestro.

#### 2.2.2.1.4. Análisis de restricciones

Esta etapa es un filtro entre la etapa de planificación semanal y el *Lookahead* es por esta razón que, como se puede observar en la figura 1, no se coloca dentro del “Se puede” o “Se hará” ya que se necesita analizar si las actividades programadas mensualmente en el *Lookahead* se podrán realizar dentro del plan semanal o plan diario. Se divide en dos partes (Orihuela & Ulloa, 2011):

A. Identificar las restricciones. Es importante tener un sistema para identificar las restricciones, para ello se puede elaborar una lista de las más comunes como las siguientes: resolución de contratos, entrega de un material, acceso a equipos, instalaciones necesarias, entre otros. Se debe llevar un seguimiento semanal y a la vez anotarlas en las tarjetas mencionadas líneas arriba, con el fin de que sean liberadas.

B. Analizar las restricciones. Un análisis de las restricciones exige a los proveedores o subcontratistas tener un mayor control de la producción y entrega de bienes o servicios o al menos avisar con tiempo el posible retraso. Todas estas restricciones deben ser incorporadas en una lista donde se describa la actividad, acción o compromiso, responsable y fecha de liberación. Ello permite que los participantes sean conscientes que su trabajo impacta en el de los demás y sean autoexigentes con el cumplimiento de sus promesas.

#### 2.2.2.1.5. *Plan de trabajo semanal*

El plan de trabajo semanal es la ventana de tiempo que representa el corto plazo, es cuando los últimos planificadores se comprometen a metas específicas, las cuales necesariamente deben haberse liberado y no tener restricciones. Parten del *Lookahead* y se detallan, de manera precisa, las tareas a ejecutar en la siguiente semana. Si se incluye tareas que no han sido liberadas, se estará asumiendo el riesgo de que se interrumpa el trabajo y haya desperdicios o despilfarros. Se puede trabajar con un registro digital donde se menciona la prioridad de tareas, secuencia de trabajo, recursos necesarios y, si es posible, se puede incluir una “zona gris” con actividades que hoy tienen una restricción, pero existe una gran probabilidad que se libere antes que se termine el periodo de tiempo. Si es que no es posible cumplir con alguna actividad planificada en la semana, lo mejor será sincerarse con el equipo y planificar los recursos para otra actividad que la reemplace, de esta forma no habrá pérdida de tiempo ni de recursos. Cuando el registro digital esté listo, se puede compartir con los encargados en la obra para que también realicen un seguimiento de las actividades.

#### 2.2.2.1.6. *Plan de trabajo diario*

La planificación diaria está diseñada para balancear la capacidad de producción real de las cuadrillas respecto de la cantidad de trabajo que se les asigna. Es recomendable, como refuerzo del sistema, agendar una reunión diaria de corto tiempo antes de comenzar la jornada, con la finalidad de repasar las actividades programadas y verificar que las actividades no tengan restricciones (Ghio, 2001).

La planificación diaria debe incluir:

- Todas las actividades que se realizarán durante el día y el responsable de cada cuadrilla.

Estas actividades pueden estar organizadas por un plazo de horas.

- El número de obreros correspondiente a cada cuadrilla.

- El metrado de cada actividad
- La velocidad real de producción de cada cuadrilla

#### *2.2.2.1.7. Aprendizaje*

Para medir la efectividad de la programación es necesario tener indicadores sobre la confiabilidad de la planificación. Además, se deben conocer las razones del no cumplimiento de ciertas actividades, para reconocer las tareas críticas y tener un mejor control de ellas.

#### **PPC (Porcentaje del Plan Completado)**

El PPC (Porcentaje del Plan Completado) es un indicador que mide la confiabilidad del equipo planificador. Este se calcula dividiendo el número de tareas comprometidas completas entre el número total de tareas comprometidas. Cabe resaltar que se utiliza un sistema de SI y NO, es decir, si la tarea ha sido completada al 90% sería un NO.

El PPC no es un indicador de avance de obra sino mide qué tan confiables son los compromisos que asume el equipo, es decir se puede tener un gran avance de obra, sin embargo, el PPC puede ser bajo, ya que el equipo puede estar planificando muchas tareas en un corto tiempo.

#### **Causas de no cumplimiento**

En esta etapa se debe identificar los compromisos no completados y analizar las causas del no cumplimiento. Esto no se realiza con el objetivo de buscar culpables, sino, enfocarse en la toma de acciones correctivas en base a la causa raíz identificada. Es importante tener un listado de las causas de no cumplimiento más frecuentes con el fin de aprender de los errores.

Es normal que al principio haya varias actividades inconclusas, ya que el equipo se está acostumbrando al sistema. Lo crucial es identificar los puntos débiles para no volverlos a repetir.

### 2.2.3.Herramientas tecnológicas

Una de las herramientas del *Lean Construction* es *Visual Management* (VM) que se enfoca en hacer visible las operaciones y el flujo de trabajo para facilitar la comprensión y gestión del proyecto ( Alarcón,2020). Asimismo, se trata de una técnica de comunicación de la información, donde se emplean piezas, actividades de producción, planes y calendarios que son expuestos a vista de todos, con el fin de garantizar que todos los involucrados puedan comprenderlo de un vistazo. (*Lean Construction Institute*, s/f)

Integrar el LPS con *Visual management* ayuda a mejorar la eficiencia y transparencia de la gestión de proyectos, al tener una visión más clara de la planificación colaborativa. Una forma de integrar ambas herramientas es con ayuda de softwares, que brindan propuestas innovadoras y facilitan la utilización del sistema. Para la presente tesis se propone utilizar dos softwares los cuales son *.NET* y *Power BI*.

#### 2.2.3.1..*NET Framework*

*.NET Framework* es un entorno de ejecución desarrollado por Microsoft. Admite la ejecución de sitios web, servicios, aplicaciones de escritorio, entre otros. En este entorno se pueden utilizar distintos lenguajes, tales como C# o Visual Basic. Consta de dos componentes principales: *Common Language Runtime*, el cual controla las aplicaciones en ejecución, y la biblioteca de clases *.NET* que contiene diversos códigos probados que pueden utilizar los desarrolladores. Si es que no desarrollas aplicaciones en *.NET Framework* pero si las usas, no es necesario que cuentes con conocimientos del funcionamiento de *.NET*, este es un entorno transparente para los usuarios.

*.NET* se integra de forma eficiente con varios sistemas de gestión de datos lo que permite el almacenamiento y recuperación de estos. Utilizar esta herramienta permitirá crear soluciones innovadoras, como una aplicación que automatice procesos o facilite el uso de formatos del LPS, además de mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos. (Microsoft, 2024)

### **2.2.3.2. Power BI**

*Power BI* es una colección de servicios de softwares, aplicaciones y conectores que permite analizar datos y compartirlos a los usuarios de manera interactiva. Es una herramienta desarrollada por Microsoft. Está orientado a la gestión de proyectos ya que transforma grandes cantidades de datos en informes y paneles interactivos que permiten tener una mejor visión para después facilitar la toma de decisiones para las empresas.

*Power BI* proporciona visualizaciones personalizadas para realizar el seguimiento del progreso de un proyecto, además de medir el rendimiento del equipo y recursos, esto incluye gráficos Gantt interactivos o tableros de control. Asimismo, permite integrar datos desde diferentes fuentes lo que facilita la creación de informes y *dashboards*. (Microsoft, 2024)

### **2.3. Gestión del cambio**

Los investigadores especializados en *Lean* identifican barreras en la implementación del LPS, que incluyen: falta de liderazgo, resistencia al cambio y planificación deficiente de la implementación. (Ballard & Kim, 2007). Sin embargo, según Hamzeh, parece que se presta poca atención al desarrollo de un plan adecuado, ya que sólo se enfocan en la capacitación del personal y no en crear una cultura organizacional que fomente la experimentación continua, reconocimiento de fracaso, aprendizaje colaboración, innovación y formar lideren que estén dispuestos a afrontar desafíos. La implementación del LPS es un proceso largo que requiere el compromiso de todos los involucrados, para ello se desarrollarán estrategias que se basan en investigaciones de la gestión del cambio (Kotter, 1997; Hamzeh 2011). El marco de implementación se muestra en la figura 2 y se desglosa en los siguientes pasos:

### **Sentido de urgencia**

Se le mostrará al equipo los impactos perjudiciales de una mala planificación o la situación actual de la empresa. Otra estrategia sería mostrar los beneficios que conlleva implementar el LPS.

### **Creación de una coalición guía**

Involucrar a las personas con autoridad y poder de organización a ser parte del cambio y sean líderes de ello. El cambio se dificultará sin el apoyo de los más altos mandos. Para ello se podría explicar las prácticas del LPS aplicadas actualmente en otros países.

### **Crear una visión**

Crear una visión clara, comunicable y factible. Cabe recalcar que, si es una empresa que recién inicia con la implementación del LPS, muchos trabajadores no tendrán conocimientos de palabras técnicas, así que, el mensaje debe ser entendible para todos.

### **Comunicar la visión**

Se puede comunicar la visión a través de reuniones uno a uno con cada especialista. Asimismo, se podrá comunicar a través de reuniones informales con los trabajadores. Es importante la repetición de la visión, con el fin de que el mensaje sea retenido, además se pueden implementar encuestas con el fin de medir en qué medida las personas están comprometidas con la visión.

### **Evaluar y mapear el proceso de planificación actual**

Utilice el mapeo de procesos para resaltar las deficiencias y oportunidades de mejora en el proceso de planificación actual. Es importante tener el control acerca del nivel de implementación del LPS en la empresa se encuentra con el fin de medir el proceso en cada etapa.

### **Facultar a los empleados en poder de emprender acciones de amplio alcance**

Se debe capacitar, reconocer los obstáculos de implementación y emprender soluciones. El equipo debe involucrar a los gerentes de primera línea, disciplina y oficio. Asimismo, se debe poner a cargo a líderes de opinión y empoderar a los trabajadores. Ello con el fin de que se sientan parte del cambio y se comprometan con el proceso.

### **Generar logros a corto plazo**

Implementar una prueba piloto del LPS y crear una experiencia positiva durante la implementación inicial. Las personas necesitan pruebas convincentes de éxito para que crean en el proceso. A partir de esta experiencia se identificarán las dificultades y oportunidades de mejora.

### **Consolidar las ganancias y generar cambio**

A partir de la experiencia previa el nuevo proceso debería convertirse en parte de los procesos estandarizados de la organización, con opción a ser mejorado. Se le comunicará al personal el aprendizaje obtenido, con el fin que conozcan la situación actual y se sientan comprometidos a buscar mejoras.

### **Arraigar los nuevos enfoques de cultura**

Implementar el LPS a una escala más amplia, incorporar lecciones aprendidas y evaluar los logros periódicamente. Finalmente, inculcar una cultura de experimentación y aprendizaje continuo que reconozca fracasos y recompense la innovación.

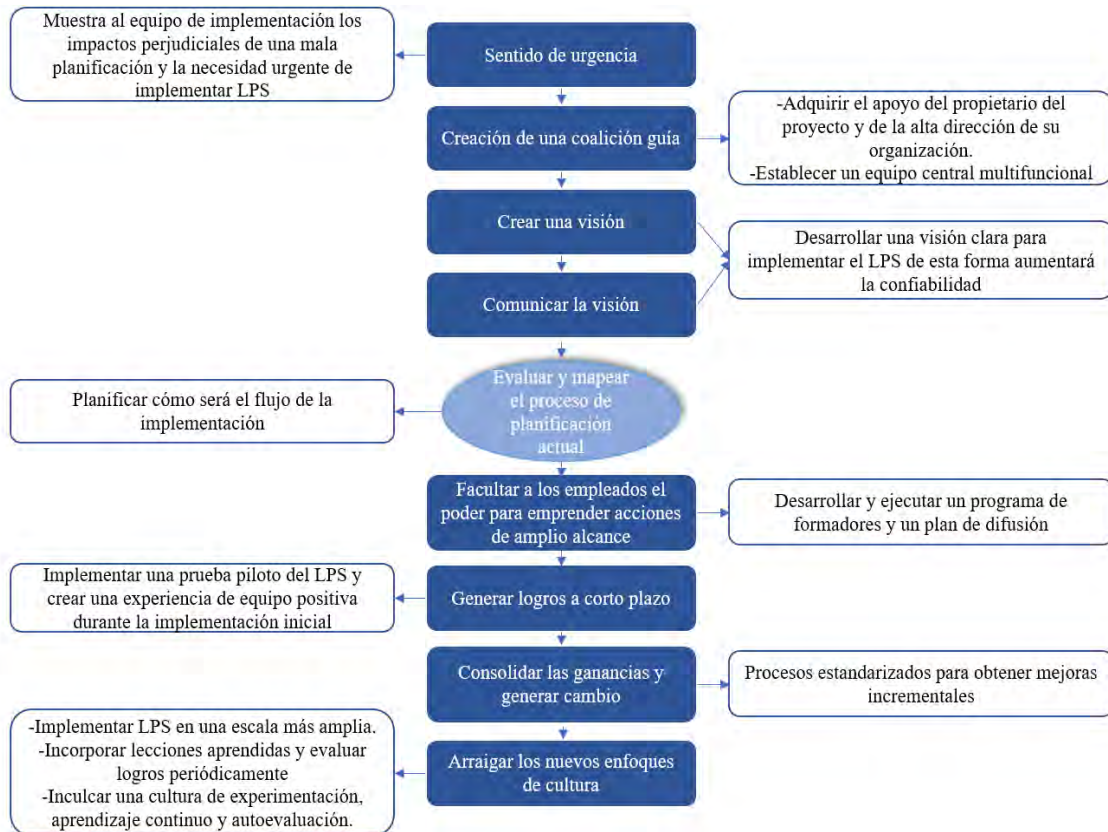


Figura N°2: Gestión del cambio para la implementación del LPS

Fuente: Elaboración propia adaptado de Hamzeh (2011) y Kotter (1997)

## 2.4. Definición de variables teóricas

Autores como Hamzeh (2011) y Murguía (2019) mencionan que la implementación del *Last Planner System* presenta grandes desafíos. Una de las principales barreras es el factor humano, la falta de compromiso y capacitación insuficiente obstaculiza la implementación. Una segunda barrera es la creencia de que LPS es un sistema de presentación de informes, en lugar de una herramienta facilitadora. Por último, la falta de anticipación y adaptación a los problemas que surgen en obra provoca retrasos y pérdidas. En la tabla N°1 se muestra la recopilación de variables teóricas que influyen en la implementación del LPS (Hamzeh, 2011; Murguía, 2019).

**Tabla N°1:** Factores de la implementación

Factor	Fuente	Descripción
Vincular la implementación de LPS con los objetivos estratégicos de la empresa	Hamzeh (2011)	Alinear los objetivos estratégicos de la empresa con los objetivos de la implementación
Liderazgo, apoyo y compromiso de la alta dirección	AlSehaimi et al. (2009) Murguia (2019)	Compromiso de todos los empleados y la oficina central. Además del liderazgo de los altos mandos.
Contar con un equipo especializado	Hamzeh (2011)	Equipo dedicado a guiar la implementación, correctamente capacitado en el uso de la herramienta.
Integración de las partes interesadas y retroalimentación entre Last planners e involucrados	Alarcón et al. (2005) Murguia (2019)	Toma de decisiones entre todas las partes interesadas Comunicación transparente entre todo el equipo.
Capacitación y empoderación de los empleados	Alarcón et al. (2005), Hamzeh (2011)	Capacitación en el uso de la herramienta, para cambiar el concepto erróneo de que el LPS solo es presentación de documentación.
Establecer objetivos de procesos a largo y corto plazo	Hamzeh (2011)	Establecer objetivos a corto plazo que sean necesarios para cumplir con los objetivos a largo plazo.
Implementar una prueba piloto de LPS	Hamzeh (2011)	Introducir el uso de la herramienta en una escala manejable ayudará a reconocer errores y a obtener aprendizaje de ello.
Implementar LPS a mayor escala e incorporar lecciones aprendidas	Hamzeh (2011)	Luego de obtener lecciones aprendidas se procederá a implementar el LPS a una mayor escala.
Bonificación por desempeño exitoso	Hamzeh (2011)	Luego de iniciada la implementación es necesario incentivar y mantener motivados a los empleados.
Resistencia al cambio	Kotter (1997)	La resistencia al cambio de ciertos mandos obstaculiza la implementación.
Aprender de los fracasos del plan	Hamzeh (2011)	Autocrítica y aprendizaje a medida que se implementa el LPS. Medición del desempeño de todas las partes.

Nota: Elaboración propia

Asimismo, es necesario definir las variables del *Last Planner System*, es por ello que luego de revisar la literatura líneas arriba, se procedió a recopilar la información en la Tabla N°2.

**Tabla N°2:** *Variables del Last Planner System*

Factor	Fuente	Descripción
Programa Maestro	Pons & Rubio (2019), Ballard (2000)	Es establecer hitos (Inicio, entrega de cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones, diseño, licencias, entre otros), clarificar el alcance y las expectativas del proyecto.
Planificación de fase	Erazo (2020), Ballard (2000)	El objetivo de esta etapa es definir el trabajo a realizar para cumplir con los requerimientos de la obra, se utilizará la metodología Pull planning.
Lookahead	Murguia & Brioso (2016), Ballard (2000)	Las tareas programadas anteriormente se dividen en operaciones.
Análisis de restricciones	Orihuela (2011), Ballard (2000)	Etapa filtro entre la etapa de planificación semanal y el Lookahead, sólo las tareas cuyas restricciones se han desbloqueado pasarán al plan de trabajo semanal
Plan de trabajo semanal	Murguia & Brioso (2016), Erazo (2020), Ballard (2000)	Se detallan las tareas a realizar por cada una de las partes. Reunión previa al inicio de semana donde se asignan tareas.
Plan de Trabajo diario	Ghio (2001), Erazo (2020), Ballard (2000)	Agendar una reunión diaria de corto tiempo antes de comenzar la jornada. Utilización de TI para la comunicación de las partes
Aprendizaje	Murguia & Brioso (2016), Pons & Rubio (2019), Ballard (2000)	Utilización del PPC y análisis de las causas de No cumplimiento

*Nota: Elaboración propia*

### 3.Capítulo 3: Metodología

#### 3.1.Diseño de investigación

##### 3.1.1.Alcance

El alcance es el grado de profundidad con el que aborda un tema y para ello existen cuatro tipos de alcance de investigación: investigación, exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo (Arias,2021). El alcance descriptivo tiene la función de especificar las propiedades, perfiles y características de cualquier fenómeno, además, no existe la manipulación de las variables y tampoco la búsqueda de su causa (Sousa, Driessnack, y Costa, 2007). La presente tesis tiene un alcance descriptivo ya que busca describir, junto a la revisión de literatura, lo que ocurrió en los casos de estudio sobre la implementación del *Last Planner System* y tomar esto como ejemplo para la elaboración propia de un plan de implementación del LPS en un proyecto de edificación.

##### 3.1.2.Enfoque

El enfoque define la manera en la que recolectarán los datos, cómo serán analizados e interpretados. Este enfoque, puede ser de carácter cuantitativo, cualitativo o mixto (Cauas,s.f). En el caso de esta investigación es de carácter cualitativo, ya que busca comprender experiencias y percepciones de los sujetos de estudio. Además, se describirá lo que dicen los actores sobre las variables del LPS en la realidad peruana, asimismo, se recopilará información a través de entrevistas a profesionales y no por un análisis estadístico.

##### 3.1.3.Diseño

El diseño se refiere a los pasos a seguir para abordar la investigación; es decir, todos los procedimientos y estrategias que el investigador adopta para adquirir un control de las variables de estudio (Niño,2011). Existen dos tipos: experimental y no experimental. En el diseño no experimental no se someten las variables a estímulos, solo se evalúan los sujetos de estudio en

su contexto natural. El diseño de esta tesis es no experimental del tipo transversal. Se recogen los datos en un momento en el tiempo y no se manipula la data.

### **3.2.Instrumento**

Como instrumento de recolección de datos se utilizarán las entrevistas y casos de estudio.

#### **Entrevistas**

Se utilizarán entrevistas semiestructuradas, las cuales se definen como una herramienta de recopilación de datos, donde el entrevistador posee un número fijo de preguntas además de flexibilidad para formular preguntas abiertas. En estas se medirá el grado de acuerdo o desacuerdo del entrevistado, esto proporciona uniformidad en la recopilación de datos, además de obtener recomendaciones por parte de los entrevistados

#### **Casos de estudio**

Un caso de estudio se define como una pregunta empírica que investiga un fenómeno en la vida real y se suele utilizar cuando los límites entre el fenómeno y contexto no son evidentes (Yin, 2014). Para la presente tesis se desarrollarán al menos dos casos de estudio de obras similares al proyecto en el que se centrará la investigación. Se recolectará información acerca de las partes del *Last Planner System* (Programa maestro, planificación de fase, *lookahead*, análisis de restricciones, plan de trabajo semanal, plan de trabajo diario y aprendizaje). Asimismo, se investigará acerca de las tecnologías utilizadas en la aplicación de esta herramienta.

### **3.3.Validación de expertos**

La validación de expertos es crucial para el desarrollo de la presente investigación, ya que busca verificar la efectividad del LPS. En este contexto, se procederá a realizar entrevistas a expertos destacados en el campo, donde se realizarán preguntas con el fin de evaluar el LPS desde el punto de vista de su implementación y de las variables que lo componen. En este inciso se detalla el enfoque metodológico del procedimiento a utilizar.

### 3.3.1. Perfil de expertos

Los entrevistados serán cinco profesionales de la carrera de ingeniería civil que cuenten con más de 8 años de experiencia en el rubro de la construcción y hayan aplicado el LPS en más de un proyecto de edificación en el Perú. Ellos analizarán las variables teóricas definidas en el inciso 2.4.

### 3.3.2. Procedimiento de validación

Para el procedimiento de validación se emplearán entrevistas semiestructuradas. Este enfoque proporcionará la flexibilidad necesaria para adaptarse a las respuestas de los participantes, al mismo tiempo proporciona preguntas fijas que darán uniformidad a la recopilación de datos.

Para estructurar las entrevistas se utilizará la escala de Likert. Esta fue introducida en 1932 por Rensis Likert y ha sido utilizada para medir atributos observables. Se utiliza para indicar el nivel de acuerdo o desacuerdo de los entrevistados. Permite responder en un grado de acuerdo en lugar de obligarlos a adoptar una postura en algún extremo (Heo et.,2022). En la Tabla N°3 se mostrarán las alternativas a las preguntas que se formularán.

**Tabla N°3:** Alternativas según la escala de Likert

Alternativas	Puntaje
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

*Nota: Elaboración propia*

Con los resultados obtenidos de las entrevistas, se procederá a evaluar la validez de cada variable con el Coeficiente de Validez de Contenido (Hernández-Nieto,2002). El autor

recomienda que los entrevistados sean entre tres y cinco expertos. Se calcula la media y en base a esta se calcula el CVC.

$$CVC_i = \frac{M_x}{V_{\text{máx}}} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Donde  $M_x$  es la media de la puntuación dada la variable y  $V_{\text{máx}}$  la puntuación máxima por ítem. Además, deberá calcularse el error por cada ítem ( $Pe_i$ ).

$$Pe_i = \left(\frac{1}{j}\right)^j \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Donde “j” representa el número de participantes. Finalmente, se calcula el CVC el cual es igual a la resta de ambos valores. El autor recomienda mantener los ítems con un CVC mayor a 0.8. Después de realizada la encuesta, se procederá a realizar preguntas abiertas con el fin de pedir la retroalimentación de los entrevistados y recomendaciones respecto al tema.

### 3.4. Recopilación de información

En primer lugar, se realizará una revisión de literatura donde se definirán los conceptos necesarios para la investigación entorno a los siguientes temas: *Lean Construction* y *Last Planner System*. Se investigan antecedentes nacionales e internacionales de estos dos conceptos. Asimismo, se detalla la estructuración del *Last Planner System*: Plan maestro, planificación de fase, Lookahead, análisis de restricciones, plan de trabajo semanal, plan de trabajo diario y aprendizaje. Como cierre de esta etapa se buscará información acerca de la gestión del cambio y su aplicación en proyectos similares, además de los softwares a utilizar como es *.NET* y *Power BI*. Para, finalmente, definir las variables teóricas entorno a la implementación y a la estructuración del LPS y validarlas con la entrevista a cinco expertos en el rubro.

En segundo lugar, se analizarán dos casos de estudio. Se recolectará la información requerida entorno al LPS en dos proyectos de edificación. A partir de la información obtenida se analizará la implementación del LPS y se comparará los distintos casos de estudio y las herramientas tecnológicas empleadas. Para ello, se utilizarán los testimonios de los ingenieros participes en los dos proyectos, con el fin de que reconozcan si las variables validadas tuvieron gran impacto en la planificación del proyecto.

Finalmente se presentará la propuesta de implementación del LPS junto con el programa obtenido. Se detalla el proceso en la figura N°3.

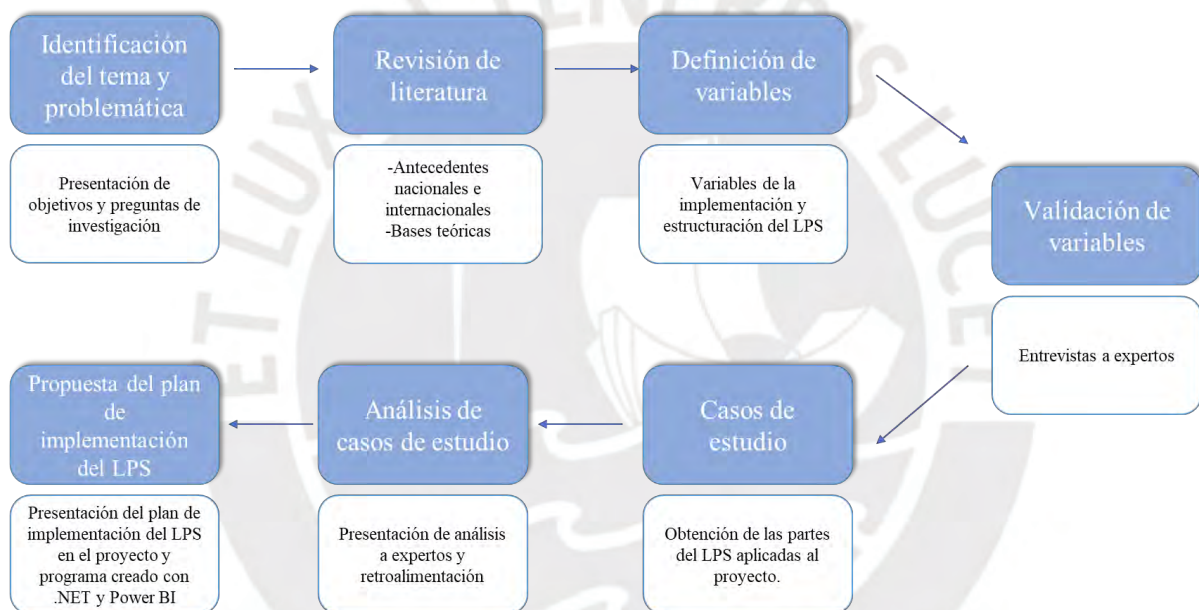


Figura N°3: Flujo de la metodología de información

Fuente: Elaboración propia

## 4. Capítulo 4: Análisis de validación de expertos

### 4.1. Perfil de expertos

Se realizó una entrevista a cinco expertos con el fin de validar las variables teóricas planteadas en el inciso 2.4. Cada experto cuenta como mínimo con 8 años de experiencia en el rubro de la construcción y han trabajado en proyectos donde se ha aplicado el LPS en el Perú. Estos profesionales cuentan con vasta experiencia para ser considerados expertos en el tema. Cada entrevistado fue codificado como se muestra en la Tabla N°4. A continuación se presenta una breve descripción de la experiencia de cada ingeniero.

*Tabla N°4: Descripción de los entrevistados*

Código	Descripción
EXP-01	Ingeniero civil que trabaja en el rubro de la construcción hace 17 años. Egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Ha implementado el LPS desde hace 15 años en distintos proyectos, como de tipo edificación, civiles o industria.
EXP-02	Ingeniero de producción hace 8 años en obras de edificación. Egresado de la universidad San Martín de Porres. Ha implementado el LPS desde hace 4 años. Ha trabajado mayormente en la construcción de multifamiliares.
EXP-03	Ingeniero civil con 12 años de experiencia en gestión de proyectos especializado en edificaciones, tales como multifamiliares, oficinas y hoteles. Egresado de la Universidad Católica de Santa María. Ha participado en la aplicación del LPS durante 4 años.
EXP-04	Ingeniero civil con 18 años de experiencia en el rubro de la construcción. Ha sido capacitado y ha trabajado implementando el LPS desde hace 12 años.
EXP-05	Ingeniería civil con 12 años de experiencia. Egresada de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Dedicada a la consultoría especializada en gestión y dirección de proyectos con enfoque en la filosofía <i>Lean Construction</i> .

*Nota: Elaboración propia*

Cada experto fue entrevistado y encuestado, la encuesta consistió en 19 preguntas sobre las variables a validar en relación al proyecto donde se hará la implementación. Los profesionales asignaron un puntaje en la escala del 1 (totalmente en desacuerdo) al 5

(totalmente de acuerdo) . Asimismo, se realizaron preguntas abiertas que profundizaban cada variable. Las entrevistas realizadas y su transcripción se encuentran en el siguiente link:

[https://drive.google.com/drive/folders/16ZNASUCnJuqVZFU69\\_DLoQW406EHbEDW?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/16ZNASUCnJuqVZFU69_DLoQW406EHbEDW?usp=sharing)

#### 4.2. Análisis de entrevistas a expertos

##### **EXPERTO 01:**

El EXP-01 considera que, para desarrollar un proyecto de manera eficiente, la empresa debe tener todos los mecanismos adaptados, sistematizados y una cultura empresarial enfocada en *Lean* en pleno desarrollo. Asimismo, considera que los líderes de esta implementación deben ser el gerente general o un gerente de operaciones que tenga poder de decisión. No obstante, considera que ser líder no es solo poseer habilidades técnicas, sino habilidades blandas que son naturales en una persona o se adquieren a lo largo del tiempo.

Para el EXP-01 no es necesario contar con un equipo especializado para iniciar con la implementación del LPS, pues este es un conocimiento esencial, libre, básico, que no depende mucho de la especialización, sino de la voluntad. El experto conoce organizaciones que han desarrollado el sistema que en un inicio no apostaban por *Lean Construction*, ya que no conocían del tema y cuando les presentó esta nueva filosofía, empezaron a estudiar y a aplicar mucho mejor que otras empresas que habían aplicado LPS durante toda su vida. Sin embargo, considera que si se necesita una capacitación previa para el grupo que se va a formar dentro de la empresa. Para él lo más importante es la aceptación de las personas de propuestas basadas en enfoques simples.

El experto ha pasado por distintas experiencias a lo largo de su carrera profesional, a partir de ello concluye que a veces un proyecto tan complejo o acelerado no te permite innovar o presentar propuestas. A pesar que las empresas donde ha trabajado eran grandes y tenían el enfoque *Lean* presente, muchas veces impedían que se realizaran nuevas propuestas.

Asimismo, los proyectos que se realizan en un entorno gubernamental tienen una forma de trabajar muy burocrática y su resistencia al cambio es abismal. El tema de resistencia es algo natural en muchos proyectos que un profesional debe aprender a convivir con ello.

**Comentario:**

A partir de las respuestas del EXP-01, se interpreta que no es necesario ser un especialista para aplicar LPS, es más un sentido de criterio sobre el proceso constructivo y saber administrar bien los tiempos y las tareas. El LPS puede ser aplicado en cualquier tipo de proyectos, pero si es que no se necesita tanta capacitación para utilizarlo ¿ Por qué muchas empresas privadas o el Estado no lo aplican en sus proyectos? Por el miedo a innovar. Como dice el EXP-01 hay ciertos espacios y personas que te impiden implementar herramientas que son útiles. Además, el LPS es una herramienta que muy pocos conocen, en especial las personas mayores, el tema de resistencia es tan natural en ellos que puede resultar difícil o imposible implementar alguna herramienta *LEAN*.

Otro punto a destacar es el tema del liderazgo de los altos mandos, si bien es cierto, pertenecer a un cargo importante no te convierte en líder, pero es necesario que la alta dirección posea esta habilidad blanda. La idea de innovación puede haber salido de cualquier trabajador, pero es necesario el apoyo de los jefes para que esto se realice en la empresa, deben proporcionar los espacios y herramientas, además de motivar y hacer seguimiento sobre el proceso de la implementación.

**EXPERTO 02:**

El EXP-02 considera que la sostenibilidad en el mercado requiere de la permanencia del negocio en el tiempo. El LPS es fundamental para alcanzar este objetivo, ya que permite llegar a la meta según el cronograma y con los recursos necesarios. Asimismo, considera que para la implementación es necesario un cambio de chip en especial de las autoridades máximas , pues de ellos depende un presupuesto y son los que toman la decisión al final. Para ello, las gerencias

tienen que estar siempre en constante movimiento y capacitación para atraer nuevos conocimientos y procedimientos.

Con respecto a tener un equipo especializado para iniciar la implementación se encuentra en una posición neutral, pues considera que no se necesita ser un especialista para aplicar este sistema, sin embargo, si se debe capacitar al personal pero esto se puede realizar en el camino, ya que, un equipo especializado requiere mayor costo que uno que se puede empezar a formar en la misma empresa.

El EXP-02 considera que todos deben recibir una capacitación en especial los capataces, por lo menos deben tener nociones sólidas sobre el LPS. Sin embargo, muchas empresas no están dispuestas a invertir en capacitación es por ello que piden el requisito de conocimientos sólidos en *Lean Construction* cuando convocan nuevo personal.

Por último considera que la negatividad por parte de las cabezas de obra representa un obstáculo significativo, pues cuando el EXP-02 salió de la universidad contaba con conocimientos del LPS, sin embargo sus jefes eran escépticos de estas nuevas filosofías ello le resultaba bastante incómodo ya que al chocarse con este tipo de jefes hizo que se sintiera atado de manos, porque no aprendía y tampoco podía aplicar lo poco que sabía.

**Comentario:**

El EXP-02 expresa y enfatiza el cambio de mentalidad que debe tener la empresa para que esto funcione. La negatividad es parte de la resistencia al cambio y esto es determinante para la aplicación del LPS. Previo a su implementación, es necesario que la alta gerencia entienda para qué se utiliza, la importancia y la eficacia del LPS, para ello, presentar evidencias es vital para este cambio de chip. Acorde a la experiencia del EXP-02, el se siente más cómodo trabajando en empresas donde se utiliza esta metodología, ya que esta herramienta la aprendió desde que estaba en la universidad y se sentía emocionado por aplicarla. El LPS es un tema tratado actualmente en las distintas universidades, muchos de los futuros ingenieros tendrán

interiorizada este sistema, considero que al pasar de los años el LPS será implementado en más proyectos y la resistencia al cambio disminuirá.

Asimismo, el EXP-02 considera que recibir cursos de capacitación son importantes para la aplicación del LPS, sin embargo, la empresa debe evaluar qué tipo de capacitación y a quien debe brindarla. Debido a que, si recién está iniciando con la implementación, ello puede conllevar a un gasto considerable.

### **EXPERTO 03**

El EXP-03 considera que el éxito de muchos proyectos de edificaciones está relacionado a la entrega en el tiempo estimado por el cliente, allí es donde se enlaza el LPS con los objetivos estratégicos de la empresa ya que brinda un horizonte de tiempo para cumplir con el cronograma y satisfacer al cliente.

En la entrevista con EXP-03 comenta que la empresa donde trabajó quiso implementar el LPS, el gerente involucró a todo el staff incluso a los maestros de obra. Sin embargo fracasó luego de una semana, pues nunca se asignó a un responsable, es decir nunca se llegó a alinear la cultura LPS con la empresa. De esta experiencia EXP-03 describe la importancia del apoyo y liderazgo de los altos mandos, así como el seguimiento a lo largo de toda la implementación.

En cuestión de gestión de proyectos formales EXP-03 indica que la encargada del control y seguimiento del LPS debe ser una PMO. Por otro lado, contar con una PMO puede ser un gasto considerable dependiendo del tamaño de la empresa, una posible alternativa puede ser subcontratar a un personal que enseñe y pueda llevar a cabo la implementación hasta que la empresa adquiera los conocimientos y pueda continuar por su cuenta.

Además de contar con un equipo subcontratado, el EXP-03 comenta que se debe capacitar al personal, no es necesario que esta capacitación sea muy avanzada, pues la herramienta no es muy compleja de entender. Recomienda que por temas económicos esta

capacitación puede iniciar solo con el staff de obra que incluye ingenieros, arquitectos capaces y maestros y luego a medida que se avanza en la obra se puede expandir al resto del personal.

EXP-03 destaca la resistencia al cambio por parte de los capataces y maestros. En su experiencia ha podido presenciar que algunos maestros de obra sabotean las reuniones o amenazan a los capaces para que no asistan.

**Comentario:**

El EXP-03 está de acuerdo con contar con un equipo especializado al implementar el LPS, pues el personal de la empresa probablemente no tendrá experiencia previa ni tiene claro los conceptos que implican la herramienta. Si bien es cierto es un gasto mayor, considera que es necesario al menos al momento de iniciar con el proyecto y a medida que el personal aprenda se retirará al equipo especializado subcontratado. Ello puede ser beneficioso en cierta medida, ya que es cierto que al iniciar las capacitaciones teóricas no serán suficientes para aprender sobre la herramienta y se aprende más en la marcha, además, habrá un mejor control sobre la planificación y no habrá tanta variabilidad sobre la eficacia de la herramienta. Sin embargo, esto implica un costo mayor para la empresa, peor aún si esta es pequeña o mediana, se debe evaluar si es capaz de costear a un equipo y si no se puede formar en la marcha.

Otro punto a destacar, es la resistencia a cambio de los capataces y maestros de obra, ya que, a pesar que son personas con un cargo menor, son los que construyen y los que saben lo que se ha hecho y que cantidad de material se ha utilizado, pues ellos están en campo. Su participación es indispensable para que la herramienta funcione.

**EXPERTO 04:**

El EXP-04 describe que la empresa donde trabajó quiso empezar a utilizar el LPS, en un principio capacitó a todos sus empleados desde el área de construcción hasta el área comercial y legal. Sin embargo, luego de un tiempo desistió con la implementación, ya que no se llegó a formar una cultura en la empresa. Muchos de los empleados dejaron el sistema y no le prestaron

interés, por otro lado el EXP-04 junto a sus otros compañeros decidieron dar continuidad y capacitarse por ellos mismos.

EXP-04 enfatiza la importancia del apoyo y liderazgo de los altos mandos pues ellos disponen de los recursos económicos y son los que aceptan las nuevas propuestas. Al mismo tiempo piensa que tener un equipo especializado es imprescindible para empezar la implementación, EXP-04 trabaja actualmente en una empresa donde se aplica la filosofía *LEAN*, recibió capacitación y recursos para continuar con su aprendizaje. Además conoció expertos como Fernando Alarcón y Juan Felipe Pons, ellos le brindaron una mayor visión y conocimiento acerca del LPS . Asimismo realizó visitas a países como Chile y España con el fin de obtener testimonios sobre la eficacia del LPS. Por último, considera que a pesar que la empresa brinda capacitación, uno como profesional debe buscar investigar y aprender por su parte.

**Comentario:**

El EXP-04 recalca la importancia del liderazgo, apoyo y seguimiento de la implementación por parte de la gerencia, ya que, integrar a todo el equipo con un mismo objetivo inicia desde los altos mandos, ellos deben incentivar al personal a que se capacite y emocione por la implementación. Es esencial involucrar al personal en la implementación, pues no solo se quedarán con la capacitación que se les da en la empresa, sino buscarán fuentes de información, talleres y capacitaciones por ellos mismos y para su autoaprendizaje.

Asimismo, considera que se debe contar con un equipo especializado para la implementación, en el caso del EXP-04, él trabaja en una empresa grande que contaba con los recursos para enviar a su personal al extranjero a buscar testimonios de la eficacia del LPS, además de traer ingenieros destacados en el tema para dar charlas y capacitar a su equipo. Ello no se da en todas las empresas pues no todas cuentan con los recursos necesarios, se podría

comenzar con una persona especializada para que dirija el proyecto o subcontratar a un equipo al inicio de la implementación.

#### **EXPERTO 05:**

EXP-05 comenta que cada empresa es diferente y cada una posee su propia cultura organizacional, ve la implementación del LPS como un proyecto que está vinculado con la gestión de la construcción, pero no como un objetivo específico de la empresa. Además, explica la importancia del liderazgo de los altos mandos en conjunto con otras habilidades blandas como la comunicación efectiva, la negociación, toma de decisiones entre otras. El apoyo de la gerencia es imprescindible para que la implementación no se desmorone. Asimismo, al ver la implementación como un proyecto ve la necesidad de integrarlo con la gestión del cambio y con los principios del Project Management.

EXP-05 describe que más que contar con un equipo especializado en LPS es importante contar con un equipo de consultoría, ya que considera que un equipo especializado es un personal que cuenta con acreditaciones o titulaciones que certifique que son especialistas.

También considera que la capacitación debe ser teórica-práctica, la parte teórica tomando el enfoque de integrar los conceptos de gestión de la construcción y el LPS y por el lado práctico se podrían ver ejercicios y casos de estudio. Esta capacitación se podría empezar con las personas clave y luego ir expandiendo y difundiendo al resto del personal. Por último, el EXP-05 habla sobre la importancia de los reconocimientos a los empleados, la bonificación no debería ser obligatoria ni acostumbrar al personal a recibirla.

#### **Comentario:**

EXP-05 destaca varios aspectos importantes para la implementación del LPS. Estos son fundamentales para el éxito de la adopción de este sistema.

En primer lugar, el reconocimiento de la cultura organizacional de cada empresa es crucial para entender y comprender que se necesita un sondeo antes de la aplicación del LPS,

pues no toda metodología funcionará de la misma forma para todas las empresas. Además, al vincular la implementación con la gestión de la construcción se reconoce la necesidad de integrar el LPS con los procesos ya existentes en la empresa.

Por último, la propuesta de capacitación teórico-práctica es acertada, al menos para los profesionales que están interesados y tienen conocimientos acerca de la planificación. La capacitación teórica para otro tipo de personal como el caso de obreros o maestros de obra puede ser abrumadora, ya que probablemente no le presten la atención necesaria, sin embargo, familiarizarlos con la herramienta es esencial para el éxito del proyecto, para ellos puede ser más útil la capacitación práctica.

#### **4.3. Variables teóricas validadas**

Luego de las entrevistas realizadas se siguió el procedimiento descrito en el inciso 3.3.2. Como resultado se obtuvieron 9 variables validadas de las 11 propuestas para la implementación del LPS.

Una variable invalidada fue “Contar con un equipo especializado en LPS para la implementación”. Hubo discrepancia en las entrevistas por esta variable, ya que EXP-03 y EXP-04 destacaban la importancia de contar con un equipo al menos al iniciar con la implementación por lo que la empresa no estaría preparada ni tampoco sabría cómo iniciar. En cambio EXP-01 mencionaba que la herramienta es fácil de entender por lo tanto se podía iniciar sin la necesidad de tener un equipo experto en el tema.

La segunda variable invalidada fue “Otorgar alguna bonificación a los empleados” . Donde la mayoría de los expertos destacó la importancia de recibir un reconocimiento más no una bonificación económica. El EXP-03 fue el único que estuvo totalmente de acuerdo con otorgar la bonificación ya que considera que es la manera más efectiva de mantener motivado al personal.

El resto de las variables fueron validadas por los expertos. En la Tabla N°5 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla N°5: Variables relacionadas a la gestión del cambio**

VALIDACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS A LA GESTIÓN DEL CAMBIO											
VARIABLE	CÓDIGO	EXP-01	EXP-02	EXP-03	EXP-04	EXP-05	M	Vx	CVC	Pei	CVC
Vincular la implementación de LPS con los objetivos estratégicos de la empresa	V1	5	4	4	5	4	4.4	5	0.88	0.0003	0.88
El liderazgo, apoyo y compromiso de la alta dirección	V2	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
Contar con un equipo especializado en LPS para la implementación	V3	2	4	5	5	3	3.8	5	0.76	0.0003	0.76
La integración y comunicación de todas las partes interesadas del proyecto y retroalimentación entre Last planners e involucrados	V4	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
La capacitación y empoderación de los empleados en el uso del LPS	V5	4	5	4	5	3	4.2	5	0.84	0.0003	0.84
La empresa establezca objetivos de procesos a largo y corto plazo	V6	3	5	5	5	4	4.4	5	0.88	0.0003	0.88
Implementar una prueba piloto de LPS	V7	4	4	5	5	2	4	5	0.8	0.0003	0.80
Implementar LPS a mayor escala e incorporar lecciones aprendidas	V8	4	5	5	5	3	4.4	5	0.88	0.0003	0.88
Otorgar alguna bonificación a los empleados	V9	3	4	5	3	1	3.2	5	0.64	0.0003	0.64
La resistencia al cambio	V10	5	5	5	5	3	4.6	5	0.92	0.0003	0.92
Aprender de los fracasos del plan	V11	4	5	5	5	4	4.6	5	0.92	0.0003	0.92

*Nota: Elaboración propia*

Se aplicó el mismo procedimiento con las variables relacionadas a las partes del LPS. Donde todas las variables fueron validadas. Hubo comentarios acerca del plan de trabajo diario pues el EXP-01 no lo consideraba parte del LPS sino como una adaptación interna propia de algunos países. Cabe destacar que la variable de aprendizaje: PPC y causas de no cumplimiento fue objeto de discusión, ya que el EXP-01, EXP-03 y EXP-04 consideraban que eran suficientes para iniciar con la implementación y que en la mayoría de los proyectos son las únicas que se

aplican. En cambio, el EXP-05 considera que hay más indicadores que pertenecen al LPS y se deben aplicar. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N°6.

**Tabla N°6:** Variables relacionadas a las partes del LPS

VALIDACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS AL LAST PLANNER SYSTEM											
VARIABLE	CÓDIGO	EXP-01	EXP-02	EXP-03	EXP-04	EXP-05	M	Vx	CVC	Pei	CVC
El plan maestro	V12	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
La planificación de fase	V13	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
Lookahead	V14	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
El análisis de restricciones	V15	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
El plan de trabajo semanal	V16	5	5	5	5	4	4.8	5	0.96	0.0003	0.96
El plan de trabajo diario	V17	4	5	4	5	4	4.4	5	0.88	0.0003	0.88
El PPC y Causas de no cumplimiento	V18	5	4	5	5	3	4.4	5	0.88	0.0003	0.88

*Nota: Elaboración propia*

Como parte de la entrevista se pidió retroalimentación a los expertos sobre alguna otra variable que consideran importante y no estaban entre las mencionadas. A lo cual todos llegaron a la conclusión que otra variable importante es : **El aprendizaje correcto del LPS.**

El EXP-01 comentó que durante estas dos últimas décadas se ha estado difundiendo el LPS de manera errónea. Algunos ven al sistema como una herramienta y no como un conjunto de prácticas y acciones colaborativas. Además menciona que en las empresas en las que ha trabajado no ha visto que ninguna haya aplicado una correcta implementación del LPS al 100%. El EXP-02 y EXP-03 añaden que muchos trabajadores como capataces o maestros de obra no son conscientes del LPS y lo toman como si solo fuera un formato en Excel. El EXP-04 menciona la importancia de entender el PPC como un indicador de confiabilidad, ya que muchas veces relacionan tener un PPC del 100% con una correcta planificación, lo cual no es así, ya que se podría estar planificando menos de lo que en realidad se podría estar haciendo. Por último, el EXP-05 destaca el uso correcto del LPS y de todas sus partes, ya que muchos ingenieros utilizan sólo algunas métricas como el PPC y CNC, pero en realidad existen más. Además, todas las partes del LPS deben ser utilizadas y no utilizar alguna por falta de tiempo es un error terrible que muchas empresas en el Perú cometen.

## 5. Capítulo 5: Análisis de implementación del LPS en caso de estudio

### 5.1. Descripción del caso de estudio

#### 5.1.1. Caso de estudio 1

El primer caso de estudio se trata de una edificación de departamentos ubicada en el distrito de Miraflores, Lima. Consta de 20 pisos más azotea y 6 sótanos. Ocupa un área de terreno de aproximadamente 800 metros cuadrados, cuenta con sala de coworking, gimnasio, piscina de borde infinito, zona bbq, terraza y sala gourmet. Este edificio está dirigido para un público de solteros, es por ello que cada departamento cuenta con uno o dos dormitorios. Además, de priorizar la funcionalidad y seguridad se enfoca en el aspecto estético de cada departamento, al contar con un diseño minimalista y moderno, pensado para las necesidades de adultos jóvenes.

El plazo de la obra es de 19.5 meses y el presupuesto es de aproximadamente 36 millones. La empresa es una inmobiliaria y constructora, la cual ha utilizado LPS desde hace 5 o 6 años, sin embargo, no utiliza otras herramientas *Lean*. La decisión de utilizar LPS se basó en las buenas experiencias de otras empresas reconocidas en el rubro de la construcción. La iniciativa fue impulsada principalmente por la gerencia, quienes en el año 2018 realizaron una capacitación masiva en colaboración con el *Lean Construction Institute* dirigido a residentes y staff de obra. Tras recibir la capacitación, comenzaron a utilizar el LPS en todos sus proyectos, sin embargo, no existió algún tipo de esquema o plan de trabajo para la implementación.

El control se regula en base a entregables, que incluyen el *Lookahead*, restricciones y PPC. El área de costos y control de obras de la dirección general adoptó el rol de pedir esos entregables. Sin embargo, no contaron con un equipo especializado para la implementación y ni con una PMO. El manejo y control se hizo con personal de la empresa.

Este caso de estudio posee un equipo bastante integrado desde la residencia hasta el staff de obra, es una de las obras donde tienen un alto nivel de comunicación y ello se le atribuye al

residente de obra, pues era el líder y responsable de promover la integración del equipo. Incluso se brindó el espacio, el cual fue la sala de producción para realizar la planificación de obra. Cabe recalcar que no todos los proyectos de esta empresa poseen este nivel de comunicación e incluso algunas no poseen una sala de producción.

Para realizar la sectorización la residente le pide al ingeniero de producción y al maestro de obra que se reúnan y coordinen cual será el plan de trabajo. Juntos, presentan la sectorización al residente mostrada en la Figura N°4 y N°5. Es importante destacar que esta sectorización solo fue para la superestructura, mientras que los sótanos y fachada tuvieron una sectorización diferente.



*Figura N°4: Sectorización del piso 2 y de los piso 8 al 20*

*Fuente: Elaboración propia*



Figura N°5: Sectorización del piso 3 al 7

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Caso de estudio 2

El segundo caso de estudio es una edificación multifamiliar ubicada en el distrito de Surquillo, Lima. El presupuesto aproximado fue de 23 millones de soles. Ocupa un terreno de 630 metros cuadrados y alrededor de 10 mil metros cuadrados de área techada. Está compuesto por 3 sótanos, 22 pisos y un techo con área técnica en la parte superior, además cuenta con 103 departamentos que poseen de 1 a 3 dormitorios. Cuenta con una sala para niños, terraza común y sala de usos múltiples. Asimismo, es un edificio Mivivienda Sostenible con Certificación Bono Verde, cuenta con luminarias led, terma a gas natural y grifería e inodoros ahorradores.

La empresa es una constructora e inmobiliaria, la cual lleva usando la filosofía *Lean* desde hace aproximadamente 6 años, el superintendente fue quien tuvo la iniciativa de utilizar el *Last Planner System*. En un inicio los residentes y jefes de producción recibieron capacitaciones, sin embargo, a medida que se integraba personal nuevo no se les capacitaba sobre el tema, en lugar de ello pedían como requisito laboral conocimiento en el LPS.

Las reuniones eran semanales, en estas participaban el residente, ingeniero de producción, ingeniero de calidad, arquitecta, maestros de obra y capataces. En primer lugar, se realizaba un *feedback* de la semana anterior, calculando el PPC e identificando las causas de no cumplimiento. En segundo lugar, se analizaban las restricciones para la semana siguiente y por último se indicaban las actividades a realizar.

La implementación se llevó a cabo utilizando los conocimientos del personal interno de la empresa sin contratar personal especializado en el tema ni tampoco una PMO. La sectorización se realizó en dos partes: la primera se aplicó para los sótanos, los cuales se subdividieron en 4 sectores mientras que los pisos típicos se sectorizaron en dos partes.

## **5.2. Entrevistas a staff**

### **5.2.1. Caso de estudio 1**

En este caso se entrevistó al jefe de proyecto (CE01.1) y a la residente de obra (CE01.2), con el fin de identificar el cumplimiento de las variables planteadas inicialmente, además de profundizar en el manejo del LPS que lleva la empresa.

El CE01 comentó que en un principio se realizó una capacitación masiva a todos los residentes y staff de obra junto con el *Lean Construction Institute*, a partir de ello la empresa comenzó a aplicar el LPS en todos sus proyectos, sin embargo, esta aplicación se realizó en base al criterio de cada obra, ya que no hubo algún plan de trabajo ni estandarización. Además, considera que la empresa no ha logrado implementar al 100% el LPS, ya que el control que realiza el área de costos y control exige a las obras la entrega de *Lookahead*, restricciones y PPC y no va más allá que una implementación parcial. CE01.2 comentó que ella misma realizó la capacitación al staff de obra en la etapa de muros anclados, con el conocimiento que ella tenía sobre el sistema. La capacitación consistió en una charla teórica, además de un taller al equipo de producción, donde les mostró las herramientas que se utilizarían. A los capataces se les instruyó sobre su participación en las reuniones y en la planificación.

El uso del LPS en el caso de estudio 1 fue uno de los que tuvo una mayor integración y comunicación a comparación de otros proyectos que posee la empresa. La razón principal es el residente de obra, CE01.1 explica que la ingeniera residente era líder y estaba presente en la mayoría de reuniones semanales que se programaban, además no escatimaba en el uso de material para la sala de producción como pizarras, post-it, entre otros, ello mantenía al equipo motivado y empoderado en el uso del sistema.

Las herramientas del *Last Planner System* utilizadas fueron el Plan maestro, plan de fases, *Lookahead*, PPC y Causas de no cumplimiento. CE01.1 comenta que cada semana se realizaba una reunión donde se analizaban las causas de no cumplimiento de las semanas anteriores y se discutía sobre las semanas siguientes presentadas en el *Lookahead*. No contaban con un plan de trabajo semanal definido, sino que visualizaban la semana siguiente a partir del *Lookahead* y avanzaban en función a ello.

Al finalizar la obra, CE01.2 explica que se realizaban reuniones de *feedback* donde se compartía con el resto de la constructora los conocimientos adquiridos en el proyecto y las lecciones aprendidas. Esto es imprescindible para no cometer los mismos errores en los próximos proyectos.

### **5.2.2.Caso de estudio 2**

En este caso se entrevistó al ingeniero de producción (CE02.1) y a la arquitecta (CE02.2), quienes llevan dos años en la empresa. El ingeniero CE02.1 comenta que no recibió capacitación específica por parte de la empresa sobre LPS, sin embargo, ya contaba con conocimientos por experiencia previa, lo que le permitió adaptarse a la metodología de trabajo, además a medida que avanzaba el proyecto sus colegas le proporcionaban información sobre cómo aplicar el sistema en la obra. CE02.2 explicó que pese a que no recibió capacitación por parte de la empresa, se pudo adaptar rápidamente ya que asistía constantemente a la reuniones y había leyendas que le permitían ubicarse en la programación.

CE02.1 explica que si bien es cierto él no recibió capacitación, los altos mandos y residentes son capacitados constantemente, incluso mencionó que el superintendente de obra y el residente hace poco viajaron a España por la misión tecnológica de *Lean Construction* donde vivieron experiencias enriquecedoras y recolectaron testimonios acerca de la efectividad del LPS, cabe recalcar que estos viajes fueron costeados completamente por la constructora. Del mismo modo, menciona que la empresa tenía muy arraigado el sistema *Last Planner*, pues la comunicación e integración era una parte imprescindible de la implementación. Se realizaban reuniones semanales para analizar y planificar las actividades de las semanas posteriores y adicionalmente se realizaban reuniones especiales con las partes que participaban de la ruta crítica. CE02.2 menciona que se realizaban reuniones a parte con sólo el staff cada dos semanas para discutir la manera en la que se está trabajando y ver oportunidades de mejora.

CE02.2 comenta que los subcontratistas también formaban parte de las reuniones, sin embargo, no había mucho compromiso por parte de ellos. Como consecuencia, algunas actividades no se cumplieron a tiempo, la arquitecta considera que eso fue uno de los más grandes retos.

CE02.1 considera muy importante que cada participante de las reuniones escriba sus compromisos en *post-it* a mano, ya que esto les otorga un sentido de pertenencia, además, sienten una mayor responsabilidad y compromiso para cumplir sus actividades. La empresa fomenta activamente una cultura Lean, ya que han recibido la visita de representantes del LPS importantes en el rubro como Fernando Alarcón y Juan Felipe Pons, quienes ofrecieron charlas sobre cómo implementar el sistema. Asimismo, CE02.1 comenta que la empresa promueve esta cultura con recordatorios que dicen “Todos somos Lean” que se reparten en folletos o se colocan en pequeñas pancartas en la obra.

La empresa trabaja con formatos preestablecidos en Excel para el desarrollo del LPS, estos son los mismos para cada proyecto. Se registran las lecciones aprendidas conforme se

avanza la obra, con el objetivo de aplicar este conocimiento en proyectos futuros. Además, una forma de transmitir el conocimiento adquirido que utiliza la empresa es mediante la difusión de los formatos y organizando visitas a otras obras ejecutadas por la misma empresa.

### **5.3. Análisis profundo de las variables planteadas**

#### **Vincular la implementación de LPS con los objetivos estratégicos de la empresa**

Es imprescindible diferenciar los objetivos de proyecto con los objetivos estratégicos de la empresa. En ambos casos de estudio las empresas eran constructoras e inmobiliarias y tenían como objetivo principal culminar la edificación en el tiempo planificado para luego generar ingresos con la venta de departamentos. Para ello la filosofía Lean, en especial el *Last Planner* es un sistema que contribuye a llegar a ese objetivo. En el caso 1, CE01.1 menciona que no se logró vincular la implementación LPS con la empresa, ya que de 10 obras que poseía la empresa solo 6 recibían el apoyo de la gerencia, por lo que no se lograba implementar correctamente el LPS, debido a que no se contaba con algún tipo de estandarización. En cambio, si considera que se logró vincular la implementación LPS con el proyecto, ya que hubo una buena integración y comunicación entre todas las partes, se contaba con una sala de reuniones, además del apoyo de la gerencia en el control y seguimiento del proyecto.

Por otro lado, CE02.1 menciona que en su empresa si existe una estandarización y el LPS se aplica en todos los proyectos como un requisito para la planificación. Ellos desde un principio buscaron que la filosofía Lean forme parte de su cultura organizacional.

En ambos casos, los ingenieros mencionan que se mide el éxito del LPS en el proyecto con el cumplimiento de los hitos, es decir, si se llega en tiempo y recursos utilizados al hito planteado en el plan maestro, se considera que hay una correcta planificación. Además, en cada hito se mide si existe un compromiso por parte de los involucrados.

### **El liderazgo, apoyo y compromiso de la alta dirección**

A lo largo de una implementación es de suma importancia recibir el apoyo y soporte de la empresa, pues puede que en un inicio se ofrezca capacitación y se exija el uso del LPS, sin embargo si no se realiza un seguimiento al proceso, este terminará fracasando. Por lo analizado en las entrevistas con los expertos, algunos de ellos cuenta su experiencia sobre fracaso en la implementación de LPS, uno de ellos relata que en su anterior trabajo hubo una capacitación masiva, pero al no recibir motivación de la empresa, ni apoyo ni seguimiento, muchos de las obras dejaron del lado este sistema.

CE01.1 explica que en la empresa donde se desempeña el apoyo y liderazgo de la empresa no es al 100%. Pues de las obras que posee la constructora solo algunas han logrado implementar correctamente el LPS. Incluso el hecho de tener una sala de producción hasta no escatimar de los recursos como plumones, pizarras o post-it tiene que ser respaldado por la empresa.

### **La integración y comunicación de todas las partes interesadas del proyecto y retroalimentación entre Last planners y todas las partes**

La integración y comunicación del equipo no solo depende del residente de obra también depende de la predisposición de todas las partes. Si bien es cierto, CE01.1 y CE02.1 nos comenten que las reuniones eran semanales, habían ocasiones que a pesar que citaban a los involucrados no todos asistían.

En el caso de estudio 1 , CE01.1 comenta que en las reuniones asisten mayormente los subcontratistas y el propio staff de obra, el área de costos y control de obras no participa directamente de las reuniones, sin embargo se hace presente al pedir que se reporten los *Lookahead* y el PPC.

En el caso de estudio 2, CE02.1 comenta que por un tiempo enviaba los resultados que se iba teniendo semana a semana a los involucrados, pero se dio cuenta que ello no funcionaba,

así que optó por dejar de enviar los resultados y decirlos en la reunión presencial, con el fin de impulsar a los trabajadores a que asistan. También comenta que se realizaban reuniones a parte de las semanales con los involucrados en la ruta crítica, esta estrategia me parece bastante eficaz, pues busca hacerlos sentir más comprometidos y a que sientan de que su trabajo es sumamente importante para el desarrollo del proyecto.

### **La capacitación y empoderación de los empleados en el uso del LPS**

Contar con el personal adecuado es imprescindible para iniciar la implementación. Una capacitación puede incluir diferentes aspectos tales como teórico y práctico. Según lo analizado por los expertos, la mayoría recomienda realizar talleres que son más dinámicos y permiten entender mejor el uso de la herramienta.

En el caso de estudio 1, se comentó que se realizó una capacitación masiva cuando recién se pensaba implementar el sistema, esta fue un taller dinámico donde los involucrados formaban un edificio con bloques con el fin de entender cómo se utiliza la herramienta. CE01.1 considera que el sistema no es difícil de entender, por esta razón solo se realizó una única capacitación y cuando se incorporaba nuevo personal a la empresa, eran los mismos ingenieros quienes les ofrecían una introducción al LPS. Además, el ingeniero comentó que después de esa capacitación se ordenó aplicar el sistema en todas las obras, los ingenieros utilizaron la herramienta a su propia interpretación, es decir no hubo alguna estandarización o plan de trabajo que permitiera uniformizar la aplicación de este sistema a todos los proyectos.

Finalmente, CE02.1 comentó que en su empresa hubo una primera capacitación, sin embargo él no fue parte de esta, ya que se unió a la empresa hace apenas dos años. Además, él explica que al nuevo personal que se unía se le pedía como requisito tener conocimientos sobre LPS. Por el contrario, la línea de mando si se capacita constantemente, entre ellos están la gerencia, el superintendente de obra y algunos residentes. Ellos han asistido y han viajado a distintos lugares para obtener testimonios sobre la eficacia de la herramienta. CE02.1 explica

que los capataces y maestros de obra no recibieron capacitación, a medida que el proyecto avanzaba los ingenieros le explicaban cuál era su rol dentro del proyecto y como lo tenían que relacionar con LPS.

### **La empresa establezca objetivos de procesos a largo y corto plazo**

Para realizar una correcta implementación es necesario establecer objetivos tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, los objetivos podrían incluir alcanzar la meta en costo y tiempo en un proyecto. A largo plazo, se podría buscar que el LPS y la metodología Lean formen parte de la empresa con una madurez ya avanzada.

Según lo descrito en las entrevistas, CE01.1 comenta que solo se establecieron objetivos a corto plazo porque hubo una indicación, por parte de la gerencia, que en todas las obras se use el LPS y se envíe el *Lookahead* y PPC al área de control y costos. Sin embargo, no se establecieron objetivos a largo plazo, porque no se estableció una madurez Lean a la cual se quisiera llegar ni tampoco un tiempo meta. Por otro lado, CE02.1 explica que en su empresa si se establecieron estos objetivos, pues continuamente promueven los principios Lean y los hacen parte de su cultura organizacional.

Cabe destacar que la estandarización es imprescindible para establecer objetivos a largo y corto plazo, ello se destaca en ambos casos de estudio, pues en el caso 1, nunca se tuvo un mismo plan de trabajo para todas las obras, ello conlleva a que no todos los proyectos reciban el mismo apoyo de la gerencia ni tengan las mismas oportunidades con respecto al LPS. Por el contrario, en el caso 2 si hay una estandarización, presentan los mismos formatos para cada uno de los proyectos además se comparten las lecciones aprendidas entre residentes y cada obra recibe el mismo apoyo por parte de la gerencia.

### **Implementar una prueba piloto de LPS**

Implementar una prueba piloto permite a la empresa evaluar la efectividad del LPS en un entorno controlado, ello proporciona información acerca del funcionamiento de la empresa. A

la vez permite identificar a los posibles líderes y promotores del LPS. Durante la prueba piloto probablemente surjan desafíos, estos proporcionan oportunidades para identificar las áreas de mejora y realizar ajustes.

En el caso 1 y 2 no era la primera vez que se implementa el LPS, este sistema se había estado aplicando desde hace aproximadamente 6 años. CE01.1 comenta que nunca se implementó una prueba piloto. Luego de recibir la capacitación masiva se indicó que se debía aplicar a todos los proyectos, por lo que el staff y los residentes buscaron la manera de realizarlo correctamente, sin embargo ocurrieron desafíos que se pudieron haber analizado detenidamente y solucionado si se realizaba una prueba piloto. Por otro lado, en la empresa del caso 2 si hubo una prueba piloto inicial cuando recién se comenzaba a implementar el sistema, tuvo buenos resultados y a partir de ello la empresa pudo expandir la aplicación del LPS a mayor escala.

### **Implementar LPS a mayor escala e incorporar lecciones aprendidas**

Luego de realizar la prueba piloto se deberá aplicar lo aprendido mediante la aplicación del LPS a una mayor escala. Se analizan los errores y aciertos cometidos durante la prueba piloto para crear un plan de trabajo que se amolde con la cultura organizacional de la empresa. Esto puede incluir la creación de plantillas y procedimientos claros para cada fase del proceso LPS.

Se debe establecer un sistema para monitorear el progreso del proyecto y medir el rendimiento del equipo, ello permitirá identificar y abordar cualquier problema que surja y no haya sido identificado en la prueba piloto.

CE02.1 comentó que en la empresa donde se desempeña existe un historial de lecciones aprendidas que se van llenando conforme avanza la obra, esto es compartido entre todos los residentes. Asimismo, se visitan constantemente entre obras para intercambiar información y aprender al mismo tiempo sobre cada uno.

### **La resistencia al cambio**

En el Perú sólo algunas empresas privadas aplican el LPS, según los expertos, innovar en alguna obra pública no es una opción, pues no existe espacio para nuevas ideas ya que la mayoría de personas se resisten al cambio. La resistencia al cambio es natural en el ser humano, pero trabajar en ello es imprescindible para avanzar.

En ambos proyectos no hubo resistencia al cambio, pues el personal estaba familiarizado con la aplicación del sistema por el motivo que lo llevaban aplicando hace varios años. Sin embargo, CE01.1 y CE02.1 nos comentan sus experiencias en sus anteriores trabajos. CE01.1 menciona que hay veces donde los maestros de obra sabotean las reuniones, incluso amenazan a los capataces diciéndoles que no los volverán a contratar para próximos trabajos, esto genera un retraso en la gestión del cambio.

CE02.1 describe que en uno de sus primeros trabajos luego de salir de la universidad, estuvo al mando de un jefe que era escéptico de estas nuevas filosofías, ello lo hacía sentir atado de manos, pues él ya tenía estos conocimientos arraigados y sentía que no aprendía ni podía aplicar lo poco que sabía. La barrera de resistencia al cambio es una de las principales razones por las que muchas empresas se quedan atrapadas en prácticas antiguas, en especial, las obras del Estado están muy poco familiarizadas con los nuevos métodos y tecnologías que el sector construcción ofrece.

### **Aprender de los fracasos del plan**

Las causas de no cumplimiento nos ayudan a identificar los motivos por los cuales no se avanza de acuerdo a la programación, esto puede ir desde la falta de recursos hasta incumplimientos de los involucrados. Lo ideal sería que después de identificar la causa de no cumplimiento, analizarla hasta llegar a la causa raíz, pues observar la misma causa de no cumplimiento durante varias semanas indica que no se está atacando el problema raíz. CE02.1 menciona que una de las causas era por incumplimiento de los proveedores, por ejemplo, en el

caso del concreto el proveedor no entregaba el insumo a tiempo, a pesar de ello era difícil de cambiarlo puesto que la empresa era reconocida en el país y la línea de mando tenía preferencia con este proveedor. Ello generó retrasos en muchas ocasiones.

Por otro lado el PPC también es una forma de autocrítica a la programación hecha, pues arroja en número el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas, sin embargo no es del todo confiable, ya que tener un PPC del 100% no necesariamente indica que se está realizando una buena programación, tal vez puede indicar que se está programado menos de lo que en realidad se puede hacer. CE02.1 considera que un PPC acertado es entre 80% y 85%, a diferencia de él otros ingenieros consideran que un PPC acertado es de 100% pues al aceptar un porcentaje menor no se está cumpliendo con la filosofía LEAN, de hecho, este es un tema bastante discutido entre los expertos.

### **El aprendizaje correcto del LPS**

Contar con el conocimiento correcto acerca de lo que es en realidad el LPS ayuda a valorar al sistema en sí y a entenderlo no sólo como una plantilla o un Excel sino como un trabajo colaborativo e integrado entre todas las partes. Por lo visto anteriormente muchos capataces y maestros de obra eran de los que se resistieron al cambio ello puede deberse a que en ninguno de los casos recibieron capacitación sobre la herramienta, este desconocimiento genera desconfianza.

Además, con poco interés y sin la predisposición adecuada, será muy difícil implementar este sistema, el éxito también depende de las ganas de querer aprender y contribuir en las reuniones de obra y en la aplicación del LPS como tal. Asimismo, será beneficioso identificar a los líderes LEAN entre el staff, ellos serán una herramienta clave para integrar a todo el staff en la implementación.

## 5.4. Partes del LPS utilizadas en los casos de estudio

### 5.4.1. Caso 1

#### Plan Maestro

En el caso 1, para el desarrollo del plan maestro adoptan el cronograma controlado contractual el cual contiene toda la información desglosada de la planificación del proyecto. Este cronograma se desarrolló en MS Project mediante un diagrama de Gantt. Este fue realizado antes de comenzar con el proyecto, la obra en sí no tuvo algún retraso debido a una mala planificación sino por problemas políticos que estaban fuera de su alcance. En la figura N°6 se presenta el plan maestro con los hitos correspondientes.

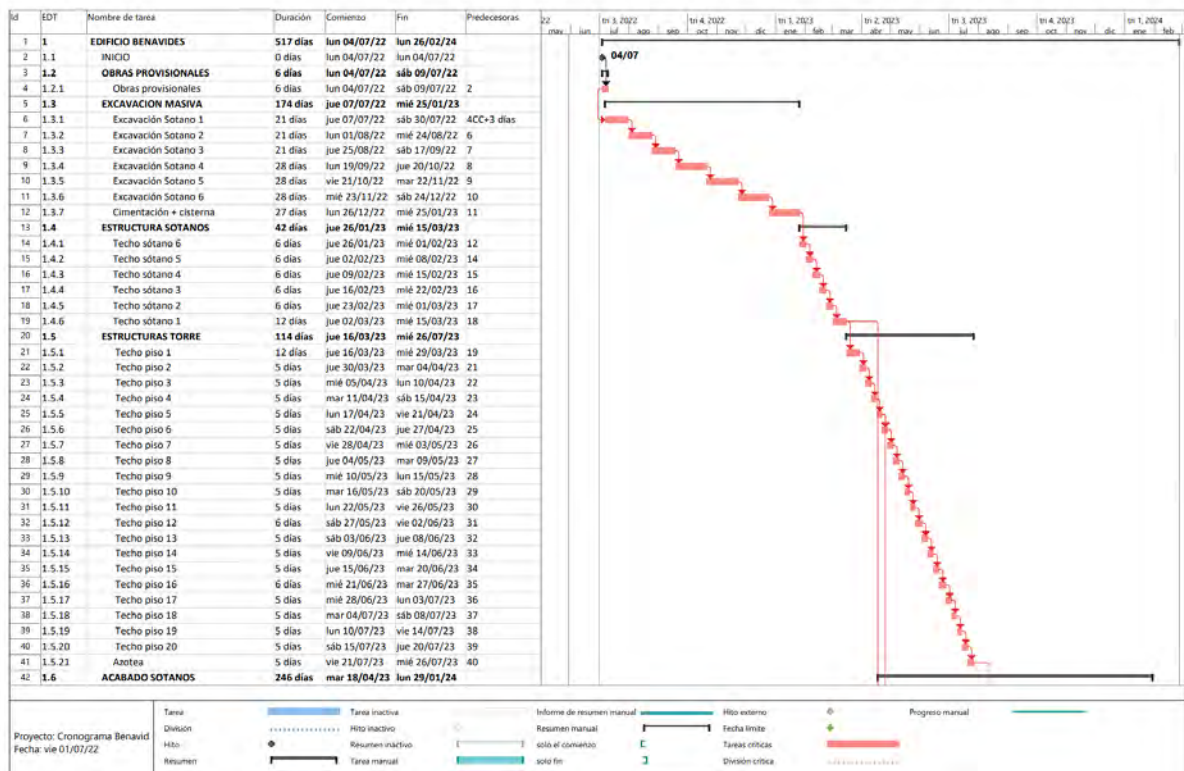


Figura N° 6: Plan maestro del caso 1

Fuente: Elaboración propia

## Planificación de fase

La obra posee varios trenes de trabajo armados por fases, la elección de estas fases fue debido al estándar en el mercado de la construcción, donde la mayoría de obras de edificios multifamiliares presentan las mismas fases. Por otro lado, la duración de cada una de estas fases fue en base a la experiencia de la empresa y a su ritmo de trabajo. En la figura N°7 se muestran las fases y la duración de cada una de estas.

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	1	EDIFICIO BENAVIDES	517 días	lun 04/07/22	lun 26/02/24	
2	1.1	INICIO	0 días	lun 04/07/22	lun 04/07/22	
3	1.2	OBRAS PROVISIONALES	6 días	lun 04/07/22	sáb 09/07/22	
5	1.3	EXCAVACION MASIVA	174 días	jue 07/07/22	mié 25/01/23	
13	1.4	ESTRUCTURA SOTANOS	42 días	jue 26/01/23	mié 15/03/23	
20	1.5	ESTRUCTURAS TORRE	114 días	jue 16/03/23	mié 26/07/23	
42	1.6	ACABADO SOTANOS	246 días	mar 18/04/23	lun 29/01/24	
99	1.7	ACABADO TORRE	240 días	sáb 22/04/23	vie 26/01/24	
571	1.8	ACABADOS EXTERIORES	138 días	sáb 12/08/23	vie 19/01/24	
576	1.9	ACABADOS AREAS COMUNES	180 días	sáb 01/07/23	vie 26/01/24	
586	1.10	INSTALACIONES	168 días	sáb 15/07/23	vie 26/01/24	
593	1.11	LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES	26 días	sáb 27/01/24	lun 26/02/24	
595	1.12	FIN	0 días	lun 26/02/24	lun 26/02/24	594

Figura N° 7: Fases del caso 1

Fuente: Elaboración propia

## Lookahead planning

El *Lookahead* fue una de las partes del LPS donde la empresa puso mayor atención, ya que el área de costos y control de obras lo pedía como entregable para sustentar la aplicación del LPS. El *Lookahead* duraba aproximadamente 1 mes, todo el staff se reunía semanalmente para coordinar lo expuesto en esta programación para que todos estén informados. Finalmente se recopila todo en un excel y se envía por correo a cada una de las partes involucradas. El formato en excel indica la semana y día, además del sector o piso en el cual se realizará la tarea asignada.

# SEM	# EDA	SEMANA 43							SEMANA 44						
		MES							MES						
		Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct	Nov	Nov	Nov	Nov
FECHA	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	SE SP	
<b>ACABADOS SECOS BOTANOS</b>															
<b>HALL DE BOTANOS (H halls)</b>															
<b>Instalación de puertas ascensores</b>															
Mochetas de drywall (ascensor)	MM														
Enchape pisos	MURRINACH														
Contrazoclo (aluminio)	LAMBINARK														
<b>BOTANOS (34 bicicletas, 94 estacionamiento, 28 deposito)</b>															
Dinteles de drywall para cornisa (e=7 y 10cm)	CASA	307.1	307.2	307.3	307.4	307.5									
Revisar y cuadrar vanos de ciostes	DUPLA							307.1							
Rematado	DUPLA	307.2													
Puertas de deposito balantes y corredizas	ALTU	307.3	307.3	307.2	307.2	307.2		307.1	307.1		307.1	307.1	307.1	307.1	
Cil cemento	CASA							307.2	307.2		307.2	307.2	307.2	307.2	
MK REFINIZACIÓN VAL		307.1	307.5	307.5	307.1	307.1		307.1	307.1		307.1	307.1	307.1	307.1	
Contrazoclo de aluminio		307.6	307.6	307.6	307.6	307.6		307.5	307.5		307.5	307.5	307.5	307.5	
Puertas cortafuego	HOLZ BALU	307.6	307.6	307.6	307.6	307.6		307.5	307.5		307.5	307.5	307.5	307.5	
Estructura metálica	MURS	307.1	307.6	307.4	307.4	307.1		307.2	307.2		307.2	307.2	307.2	307.2	
Trazado para pintura de trafico	CASA	307.1	307.1	307.1	307.1	307.1		307.2	307.2		307.2	307.2	307.2	307.2	
Pintura de trafico	MK REFINIZACIÓN VAL	307.5	307.5	307.4	307.4	307.4		307.1	307.1		307.1	307.1	307.1	307.1	
Corte de bruñas	PAVIMENTOS LV							307.6	307.6		307.6	307.6	307.6	307.6	
Señalética, numeración y señalización	HOLZ BALU							307.6	307.6		307.6	307.6	307.6	307.6	
Topellanta, esquineros y espejos	MURS							307.6	307.6		307.6	307.6	307.6	307.6	
Luminarias	CASA	307.5	307.5	307.5	307.5	307.5		307.4	307.4		307.4	307.4	307.4	307.4	
Limpieza gruesa	CASA														
ENTREGA R1	CASA														
Levantamiento de Observaciones	CASA														
Limpieza fina	CASA														
ENTREGA FINAL	CASA														
<b>ACABADOS HÚMEDOS TORRE</b>															
<b>ACABADOS SECOS TORRE</b>															
<b>ENCUADRE</b>															

Figura N° 8: Lookahead planning caso 1

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de restricciones

En la reunión que tenían semanalmente, además de visualizar el *Lookahead* también analizaron las restricciones para la siguiente semana, donde además del staff, asistían los contratistas y capataces, estos últimos eran los que participaban activamente. El ingeniero de producción mostraba la programación de la semana y le preguntaba al capataz responsable que restricciones presentaba para realizar dicha actividad. En la figura N° 9 se presenta el formato utilizado para el análisis de restricciones, se muestra el tipo (restricción, planes de acción o lista de campo), la fecha de identificación, el nombre de quien lo identifica (esta columna no fue utilizada), la descripción de la restricción, tipo de restricción, responsable ejecutor, responsable de seguimiento, fecha requerida, fecha levantada y por último estatus, donde se indicaba si la restricción fue levantada, en curso o vencida.

#REST	TIPO	FECHA DE IDENTIFICACIÓN (Reunión Semanal de Producción)	QUIÉN IDENTIFICA	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	TIPO DE RESTRICCIÓN	FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD DEL LAP	RESPONSABLE EJECUTOR	RESPONSABLE DE SEGUIMIENTO	FECHA REQUERIDA	FECHA REAL LEVANTADA	STATUS
R1	R	09/07/2022		Cambio de la máquina perforadora	Equipos subcontratista		David	Franco Tomasto	11/07/2022	11/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R2	R	09/07/2022		Llegada de acero	Materiales casa		Jhon Loa	Franco Tomasto	13/07/2022	13/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R3	R	09/07/2022		Instalación de la puerta en cerco perimétrico	Condiciones seguras		Franco Tomasto	Josselin Delgado	13/07/2022	23/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R4	R	09/07/2022		Instalación de escuadras - 5 unidades	Condiciones seguras		Franco Tomasto	Josselin Delgado	13/07/2022	21/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R5	R	09/07/2022		Instalación de escalera para escuadras 1 er tramo	Condiciones seguras		Miguel Coica	Franco Tomasto	11/07/2022	30/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R6	R	09/07/2022		Programación del retiro de perforadora	Equipos subcontratista		David	Franco Tomasto	15/07/2022	15/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R7	R	09/07/2022		Compromiso para la llegada la perforadora para el 2do anillo	Equipos subcontratista		David	Franco Tomasto	20/07/2022	15/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R8	R	09/07/2022		Tener la OS para el muestreo de concreto	Definición de contrato		Claudia Romero	Josselin Delgado	12/07/2022	11/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R9	R	09/07/2022		Llegada de vigia	Mano de obra casa		Franco Tomasto	Josselin Delgado	13/07/2022	18/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R10	R	16/07/2022		Coordinar fechas que tiene que estar el operador de la perforadora	Equipos subcontratista		Franco Tomasto	Josselin Delgado	25/07/2022	23/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R11	R	16/07/2022		Instalación de escuadras fachada	Condiciones seguras		Franco Tomasto	Josselin Delgado	25/07/2022	25/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R12	R	23/07/2022		Solución descarga de acero	Materiales casa		Franco Tomasto	Josselin Delgado	27/07/2022	25/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R13	R	23/07/2022		Instalación de equipos sanitarios provisionales de acuerdo a norma	Condiciones seguras		Valeri Uribe	Josselin Delgado	01/08/2022	13/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R14	R	23/07/2022		Certificado de escuadras y documentación	Condiciones seguras		Valeri Uribe	Josselin Delgado	25/07/2022	04/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R15	LC	23/07/2022		Revisión y actualización de protocolos Primer anillo	Frete anterior liberado		Morelia Aquino	Franco Tomasto	25/07/2022	25/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R16	R	23/07/2022		Revisión de ejes con equipo calibrado	Equipos casa		Morelia Aquino	Franco Tomasto	25/07/2022	15/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R17	LC	23/07/2022		Levantamiento de Post vaciado del anillo 1	Frete anterior liberado		Franco Tomasto	Morelia Aquino	01/08/2022	05/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R18	LC	23/07/2022		Revisión y actualización de documentos de calidad	Equipos subcontratista		Morelia Aquino	Franco Tomasto	05/08/2022	20/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R19	LC	23/07/2022		Llegada de acero para anillo 2	Materiales casa		Jhon Loa	Franco Tomasto	26/07/2022	27/07/2022	SEMPER EN TIEMPO
R20	R	23/07/2022		Reubicación de cerco perimétrico para caseta de ventas	Condiciones seguras		Franco Tomasto	Josselin Delgado	25/08/2022	25/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R21	R	30/07/2022		Tener el medido conciliado entre 2A y VVV	Definición de contrato		Franco Tomasto	Josselin Delgado	15/08/2022	10/09/2022	SEMPER EN TIEMPO
R22	R	30/07/2022		Llegada de tubería de concreto	Material Subcontratista		Franco Tomasto	Josselin Delgado	01/08/2022	02/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R23	R	30/07/2022		Llegada de madera	Condiciones seguras		Miguel Coica	Franco Tomasto	05/08/2022	02/08/2022	SEMPER EN TIEMPO
R24	R	30/07/2022		Fabricación de bomba	Condiciones seguras		Miguel Coica	Franco Tomasto	17/08/2022	02/09/2022	SEMPER EN TIEMPO
R25	LC	30/07/2022		Elaboración adicional de acero en MP	Definición de contrato		Claudia Romero	Josselin Delgado	05/08/2022	01/09/2022	SEMPER EN TIEMPO
R26	R	05/08/2022		Llegada de maquinaria para el anillo 2	Equipos subcontratista		Franco Tomasto	Josselin Delgado	11/08/2022	13/08/2022	SEMPER EN TIEMPO

Figura N° 9: Análisis de restricciones caso 1

Fuente: Elaboración propia

### Plan semanal

En este caso de estudio no se contaba con un formato en excel para el plan semanal, lo que hacían eran extraer la semana del Lookahead correspondiente y en las reuniones semanales coordinaban, para esto utilizaban un papelote impreso plastificado para poder modificar alguna actividad si era necesario.

### Plan diario

En este caso de estudio no se presentó un plan diario, en las reuniones semanales se programa lo que se haría día a día y para ellos fue suficiente adecuarse a esa forma de trabajo.

### PPC

El PPC en este caso estuvo entre 80% o 95%, muy pocas veces llegó a 100%, incluso hubo una ocasión donde llegó al 50% y tuvieron que reprogramar algunas actividades. En La figura N° 10 se presenta las actividades programadas para la semana 42 y a la derecha se encuentran dos filas para el control de la programación, si la tarea estaba hecha al 100% se colocaba SÍ y si aún no estaba culminada, a pesar que estuvieran casi por terminar se colocaba NO. En la figura N° 11 se muestra el porcentaje de las actividades cumplidas y no cumplidas y el cálculo del PPC.

WV - BRAVO										PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO - PROYECTO BENAVIDES		
PRODUCCIÓN: NICOLE ROJAS FAUSTINO										Control de Programación		TIPC
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SEM95(SEM42-2023)						SI	NO	TIPC			
	16/10/2023		21/10/2023									
	L	M	X	J	V	S						
<b>SOTANOS</b>												
ACABADOS HÍMEOS SOTANOS												
Instalaciones mecánicas (DUCTERÍA)	SOT 1	SOT 1										
Rejas de fajas												
<b>CUARTO DE GRUPO ELECTROGENO</b>												
Trabajo hímico												
<b>ACABADOS SECOS SOTANOS</b>												
<b>HALL DE SOTANOS (8 halls)</b>												
Limpeza gruesa												
ENTREGA F1												
Levantamiento de Observaciones												
Limpeza fina												
ENTREGA FINAL												
<b>ACABADOS SECOS TORRE</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>ACABADOS</b>						
<b>PINTURA</b>												
Imprentado	P20 - S2	P20 - S3	P20 - S4				3	0				
Empaste grueso - 1era mano	P20 - S1	P20 - S2	P20 - S3	P20 - S4			1	3	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
Empaste grueso - 2da mano	P19 - S4	P20 - S1	P20 - S2	P20 - S3	P20 - S4		1	4	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
<b>Recado</b>												
Empaste fino - 1era mano	P19 - S2	P19 - S3	P19 - S4	P20 - S1	P20 - S2		3	2	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
Empaste fino - 2da mano	P19 - S1	P19 - S2	P19 - S3	P19 - S4	P20 - S1		4	1	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
<b>SEE</b>												
<b>Submarino</b>												
<b>PINTURA</b>												
Lijado cieloarso/muros de barfo/cil lavado	P18 - S3	P18 - S4	P19 - S1	P19 - S2	P19 - S3		2	3	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
Sellado cieloarso/muros de barfo/cil lavado	P18 - S2	P18 - S3	P18 - S4	P19 - S1	P19 - S2		3	2	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
Primer mano de pintura en cieloarso cielos	P18 - S1	P18 - S2	P18 - S3	P18 - S4	P19 - S1		2	3	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		
Lijado de muros en sectores cielos	P17 - S4	P18 - S1	P18 - S2	P18 - S3	P18 - S4		7	3	N	Retraso contrata. Se reforzó cuadrilla		

Figura N° 10: Asignación de puntaje a las actividades cumplidas caso 1

Fuente: Elaboración propia

WV - BRAVO										PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO - PROYECTO BENAVIDES		
PRODUCCIÓN: NICOLE ROJAS FAUSTINO										Control de Programación		TIPC
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SEM95(SEM42-2023)						SI	NO	TIPC			
	16/10/2023		21/10/2023									
	L	M	X	J	V	S						
<b>SOTANOS</b>												
ACABADOS HÍMEOS SOTANOS												
Instalaciones mecánicas (DUCTERÍA)	SOT 1	SOT 1										
Rejas de fajas												
<b>CUARTO DE GRUPO ELECTROGENO</b>												
Trabajo hímico												
<b>ACABADOS SECOS SOTANOS</b>												
<b>HALL DE SOTANOS (8 halls)</b>												
Instalación de pastamanos												
Remates de barandas y pasamanos												
<b>ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)</b>							277.00	126.00				
							69%	31%				
PROG	Programación											
LOG	Logística											
QA/QC	Control de calidad											
REV	Revisión											
IMP/PAI	Costos											
ERC	Ejecución											
SC	Subcontratos											
EQ	Equipos											
ADM	Administrativos											

Figura N° 11: Cálculo del PPC caso 1

Fuente: Elaboración propia

Esta información se recopila semanalmente para tener un registro acerca de la variación del PPC. En la figura N°12 se presenta la tabla de PPC acumulados.

PPC ACUMULADO						
Semanas	Actividades programadas	Actividades Cumplidas	Actividades No Cumplidas	PPC SEMANAL	PPC ACUM.	10 semanas
SEMANA 28	30	10	20	33.3%	33%	
SEMANA 29	76	57	19	75.0%	63%	
SEMANA 30	71	70	1	98.6%	77%	
SEMANA 31	17	12	5	70.6%	77%	
SEMANA 32	86	69	17	80.2%	78%	
SEMANA 33	61	53	8	86.9%	79%	
SEMANA 34	54	34	20	63%	77%	
SEMANA 35	93	90	3	97%	81%	
SEMANA 36	12	11	1	92%	81%	
SEMANA 37	1	1	0	100%	81%	
SEMANA 38	94	94	0	100%	84%	
SEMANA 39	11	8	3	72.7%	84%	
SEMANA 40	40	39	1	98%	85%	
SEMANA 41	125	101	24	81%	84%	
SEMANA 42	80	80	0	100%	86%	
SEMANA 43	73	60	13	82%	85%	
SEMANA 44	27	25	2	93%	86%	
SEMANA 45	13	13	0	100%	86%	
SEMANA 46	20	20	0	100%	86%	
SEMANA 47	49	41	8	84%	86%	
SEMANA 48	32	22	10	69%	85%	
SEMANA 49	33	29	4	88%	86%	
SEMANA 50	6	5	1	83%	86%	
SEMANA 51	15	14	1	93%	86%	
SEMANA 52	12	11	1	92%	86%	
SEMANA 53	55	43	12	78%	85%	
SEMANA 1	55	46.5	8.5	85%	85%	
SEMANA 2	45	44	1	98%	86%	
SEMANA 3	55	53	2	96%	86%	
SEMANA 4	55	46	9	84%	86%	
SEMANA 5	54	51	3	94%	86%	
SEMANA 6	82	61	21	74%	86%	
SEMANA 7	60	53	7	88%	86%	
SEMANA 8	67	61	6	91%	86%	
SEMANA 9	64	62	2	97%	86%	
SEMANA 10	96	95	1	99%	87%	
SEMANA 11	110	96.5	13.5	88%	87%	
SEMANA 12	116	93	23	80%	87%	

Figura N° 12: PPC acumulado caso 1

Fuente: Elaboración propia

### Causas de no cumplimiento

La identificación de causas de no cumplimiento permitía al equipo tomar acción respecto a las actividades que tenían una causa común. Sin embargo, había ocasiones en las que las causas recurrentes no se podían levantar, una de ellas era debido a los equipos en obra, el incumplimiento del proveedor impedía avanzar, a pesar de ello no se podía cambiar de proveedor ya que este era de confianza para la empresa, por lo que sólo el staff debía reajustar la programación. En la figura N°13 se encuentra la descripción de las causas de no cumplimiento y el área a la que pertenecía.

CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO				
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	PROGRAMACION (PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	CLIENTE/SUPERVISIÓN (CU)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)	
DESCRIPCION	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrasos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.	
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)		
DESCRIPCION	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.		

Figura N° 13: Causas de no cumplimiento caso 1

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2. Caso 2

#### Plan Maestro

Para la programación maestra se utilizó un excel con los hitos contractuales del proyecto. El análisis de la programación de proyecto se llevó a cabo en base a ratios y a la experiencia previa para estimar el plazo de cada partida, sobre todo de las más incidentes. Este plan maestro se desarrolló aproximadamente un mes antes de iniciar la obra.

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	UND	FECHA	SEMANA 01							SEMANA 02							SEMANA 03							SE						
				L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D							
<b>SÓTANOS + TORRE</b>																															
<b>01.06.00 ALBAÑILERÍA</b>																															
<b>01.06.04 ALBAÑILERÍA EDIFICIO</b>																															
01.06.04.08	ASENTADO DE TABICUERÍA Y FIJACION DE PUNTOS (I/E, V/S, GAS)	m2	12/12/2023																												
01.06.04.09	TRAZO PARA DIENTES Y PARA ACABADO DE PISOS	gb	14/12/2023																												
01.06.04.10	SOLOQUEL INST. DE DIENTES Y DEBASTE DE MUROS	m2	16/12/2023																												
01.06.04.12	TABICUERÍA (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES)	m2	28/12/2023																												
01.06.04.14	LIMPIEZA PARA NIVELACIÓN DE PISO Y COLOCACION DE PUNTOS	gb	16/01/2024																												
01.06.04.15	NIVELACION DE PISOS	m2	17/01/2024																												
01.06.04.16	LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE JUNTAS DE PRELIDAS- RESANES DE MUROS Y TECHOS	m	22/01/2024																												
01.06.04.17	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR	m2	22/10/2023																												
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 03)	m2																													
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 01)	m2																													
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 02)	m2																													
01.06.04.18	TARRAJEO DE FACHADA PRINCIPAL	m2	16/01/2024																												
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 03)	m2																													
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 01)	m2																													
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 02)	m2																													
01.06.04.22	NICHOS DE BANCO DE MEDIOCORES	gb	18/08/2023																												
<b>01.07.00 ACABADOS</b>																															
<b>01.07.02 ACABADOS EDIFICIO</b>																															
01.07.02.01	ENCHAPE (INSTALACION EN MUROS Y PISOS DE DEPARTAMENTOS INTERIORES)	m2	08/02/2024																												
01.07.02.02	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (CABLEADO)	gb	06/10/2024																												
01.07.02.03	ENCHAPE (REVISÓN Y FRAGUADO)	m2	08/02/2024																												
01.07.02.04	ENCHAPE (LEV. DE OBL. PROTECCION DE PISOS Y ENTREGA A OBRA)	m2	14/03/2024																												
01.07.02.05	PINTURA: LIADO, IMPRIMADO, EMPASTADO BRUEJO Y FINO	m2	14/03/2024																												
01.07.02.06	PINTURA: LIADO, SELLADO Y PRIMERA MANO DE PINTURA (TECHOS, COCINA, BAÑO, CLOSET Y LAVANDERÍA)	m2	20/03/2024																												

Figura N° 14: Plan maestro caso 2

Fuente: Elaboración propia

#### Planificación de fases

En este caso no se desarrolló un formato para la planificación de fases, se trabaja en base a hitos, los cuales eran puestos directamente en el plan maestro. Entre los cuales están término

de cimentaciones, término de sótano, término de la superestructura a nivel de casco, término de albañilería y término de acabados.

### ***Lookahead planning***

El *Lookahead* tuvo una duración de cuatro semanas de las cuales se comentaban en reuniones semanales. Los sábados de cada semana, se reunía el staff de obra, que estaba integrado por el residente, el ingeniero de producción, el asistente de producción, el ingeniero de calidad, la arquitecta, los capataces, contratistas y si era necesario el ingeniero de instalaciones. En estas reuniones se utilizaban *post-its* para escribir los compromisos para las siguientes 4 semanas.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	UND	FECHA	SEMANA 71					SEMANA 72			SEMANA 73					SEMANA 74								
				L	M	M	J	V	L	M	M	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V				
01.07.00	<b>ACABADOS</b>		FIN	18 Mar	19 Mar	20 Mar	21 Mar	22 Mar	23 Mar	24 Mar	25 Mar	26 Mar	27 Mar	01 Abr	02 Abr	03 Abr	04 Abr	05 Abr	06 Abr	07 Abr	08 Abr	09 Abr	10 Abr	11 Abr	12 Abr
01.07.02	<b>ACABADOS EDIFICIO</b>																								
01.07.02.01	ENCHAPE (INSTALACIÓN EN MUROS Y PISOS DE DEPARTAMENTOS INTERIORES)	m2	05/02/2024																						
01.07.02.02	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (CABLEADO)	glb	05/02/2024																						
01.07.02.03	ENCHAPE (REVISIÓN Y FRAGUADO)	m2	08/02/2024																						
01.07.02.04	ENCHAPE (LEV. DE OBS., PROTECCIÓN DE PISOS Y ENTREGA A OBRA)	m2																							
01.07.02.05	PINTURA: LIADO, IMPRIMADO, EMPASTADO GRUESO Y FINO	m2	14/03/2024																						
01.07.02.06	PINTURA: LIADO, SELLADO Y PRIMERA MANO DE PINTURA (TECHOS, COCINA, BAÑO, CLOSET Y LAVANDERÍA)	m2	20/03/2024	P01	P01	P01																			
01.07.02.07	MUEBLES DE MELAMINE PARA COCINA (INST. DE ESTRUCTURA Y CAJONES)	m	22/03/2024		P01	P01	P01	P01																	
01.07.02.08	GRANITO EN COCINA (INST. DE TABLERO, ZOCALO Y MANDIL, FRAGUADO, PULIDO Y PRIMERA MANO DE SELLADO)	m	26/03/2024	P22			P01	P01	P01																
01.07.02.09	ENCHAPE (INST. DE CONTRAZOCALOS EN DEPARTAMENTOS INTERIORES)	m		P20	P21	P21	P21	P22	P22	P22	P01	P01	P01												
01.07.02.10	MUEBLES DE MELAMINE PARA COCINA (INST. DE PUERTAS)	glb																							
01.07.02.11	PUERTAS (INST. DE MARCOS Y PRESENTACION DE PUERTAS, PINTADAS)	und	04/03/2024																						
01.07.02.12	PUERTAS (INST. DE PUERTAS, CERRAJERIA)	und	05/03/2024																						
01.07.02.13	PUERTAS (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES Y PROTECCIÓN DE PUERTAS)	und																							
01.07.02.14	SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMO (CABLEADO)	glb																							
01.07.02.15	VIDRIOS Y ALUMINIO (INST. DE MARCOS, CELOSÍA, VIDRIOS)	und	08/03/2024																						
01.07.02.16	VIDRIOS Y ALUMINIO (PROTECCIÓN DE VIDRIOS CON CARTÓN)	und																							
01.07.02.17	INST. DE APARATOS SANITARIOS (INODORO, LAVATORIO, LAVADEROS)	und	11/03/2024																						
01.07.02.18	INSTALACIONES SANITARIAS (INSTALACIÓN DE GRIFERÍAS Y PROTECCIÓN DE APARATOS)	und																							
01.07.02.19	INST. DE INTERCOMUNICADORES (CABLEADO)	glb																							
01.07.02.20	INSTALACIÓN DE SUMIDEROS Y REGISTROS EN DEPARTAMENTO INTERIORES	glb	11/03/2024																						
01.07.02.21	MUEBLES DE MELAMINE PARA COCINA (INST. CERRAJERIA, TIRADORES, LIMPIEZA, ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	m																							

Figura N° 15: Lookahead caso 2

Fuente: Elaboración propia

### **Análisis de restricciones**

El análisis de restricciones se realizaba en la misma reunión semanal, antes de programar para la semana próxima se preguntaban si es que era posible cumplir con las actividades planificadas, todos participaban activamente para identificar cada restricción. Su formato en excel contiene una columna de descripción de la restricción, actividad del cronograma afectado, responsable de liberarla, fecha de identificación, fecha de compromiso del responsable, fecha donde realmente fue levantada y el status.



## Plan diario

En este caso no se realizaba un plan diario, a partir de las reuniones semanales coordinaban lo que se haría día a día. Solo si era necesario se comunicaban cara a cara con algún personal en específico.

## PPC

En el formato del plan semanal se muestran dos filas una donde indica la actividad programada y se coloca el valor de 1 y al lado donde se muestra el cumplimiento de esa actividad, si se coloca el valor de 1 indica que la actividad fue concluida correctamente y si indica el valor de 0 es que la actividad no se concluyó. La figura N° 18 muestra el total de compromisos, actividades cumplidas y por último el PPC. En la figura N°19 se muestra el reporte del PPC acumulado, el promedio y la meta.

RESUMEN	
Total de compromisos	89
Compromisos cumplidos	61
Compromisos no cumplidos	28
<b>PPC</b>	<b>68.5%</b>

Figura N° 18: Cálculo del PPC caso 2

Fuente: Elaboración propia

REPORTE PPC - SEMANAL						
SEMANA	TOTAL COMP.	COMP. CUMPLIDOS	PPC SEMANAL	PPC ACUMULADO	PPC PROMEDIO	PPC META
SEM-03	2	2	100.0%	100.00%	100.00%	95%
SEM-04	3	3	100.0%	100.00%	100.00%	95%
SEM-05	35	28	80.0%	82.50%	93.33%	95%
SEM-06	39	30	76.9%	79.75%	89.23%	95%
SEM-07	45	45	100.0%	87.10%	91.38%	95%
SEM-08	14	8	57.1%	84.06%	85.68%	95%
SEM-09	33	29	87.9%	84.80%	85.99%	95%
SEM-10	30	29	96.7%	96.57%	87.33%	95%
SEM-11	29	25	86.2%	96.52%	87.20%	95%
SEM-12	27	27	100.0%	87.94%	88.48%	95%
SEM-13	21	19	90.5%	88.13%	88.68%	95%
SEM-14	21	18	85.7%	87.96%	88.42%	95%
SEM-15	17	17	100.0%	88.61%	89.31%	95%
SEM-16	21	19	90.5%	88.72%	89.39%	95%
SEM-17	33	28	84.8%	88.98%	89.09%	95%
SEM-18	34	29	85.3%	88.12%	88.65%	95%
SEM-19	27	27	100.0%	88.68%	89.51%	95%
SEM-20	33	29	87.9%	88.79%	89.42%	95%
SEM-21	26	23	88.5%	88.87%	89.37%	95%
SEM-22	31	29	93.5%	88.91%	89.58%	95%
SEM-23	27	23	85.2%	88.93%	89.37%	95%
SEM-24	32	29	90.6%	88.95%	89.42%	95%
SEM-25	23	21	91.3%	89.05%	89.51%	95%
SEM-26	36	33	91.7%	89.20%	89.60%	95%

Figura N° 19: PPC acumulado caso 2

Fuente: Elaboración propia

## Causas de no cumplimiento

La mayoría de causas de no cumplimiento, como se aprecia en la figura N°20 fue debido a la falta de materiales. Estas causas eran identificadas semana tras semanas y se realizaba un gráfico circular para identificar y visualizar mejor.

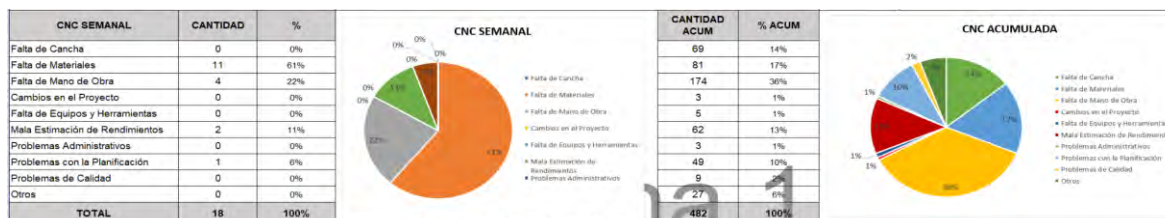


Figura N° 20: Causas de no cumplimiento caso 2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se presenta un cuadro resumen de las variables implementadas en cada caso de estudio, cabe recalcar que debido a la gestión y a la cultura organizacional de cada empresa algunas de estas variables no fueron aplicadas. Como se muestra en la tabla N°7 el caso 2 estuvo mejor alineado a las variables planteadas a comparación del caso 1.

Tabla N°7: Variables existentes en casos de estudio

VARIABLE	CASO 1	CASO 2
Vincular la implementación de LPS con los objetivos estratégicos de la empresa		X
El liderazgo, apoyo y compromiso de la alta dirección	X	X
La integración y comunicación de todas las partes interesadas del proyecto y retroalimentación entre Last planners e involucrados	X	X
La capacitación y empoderación de los empleados en el uso del LPS	X	X
La empresa establezca objetivos de procesos a largo y corto plazo		X
Implementar una prueba piloto de LPS		X
Implementar LPS a mayor escala e incorporar lecciones aprendidas		X
La resistencia al cambio		
Aprender de los fracasos del plan	X	X
Aprendizaje correcto del LPS		X

Nota: Elaboración propia

## 6. Capítulo 6: Propuesta de plan de implementación del LPS en edificación

### 6.1. Validación de propuesta de plan de implementación del *Last Planner System*

Luego del análisis de los casos de estudio y la validación de las variables, se definió las etapas de la implementación (Figura N°21a). Con el fin de validar estas etapas y el contenido de la propuesta del plan de implementación, se realizó una encuesta a 5 expertos en el rubro. La encuesta contiene preguntas de opción múltiple donde podían calificar a través de la escala del Likert su conformidad con los procesos y herramientas propuestas. Las preguntas se muestran en el Anexo A.

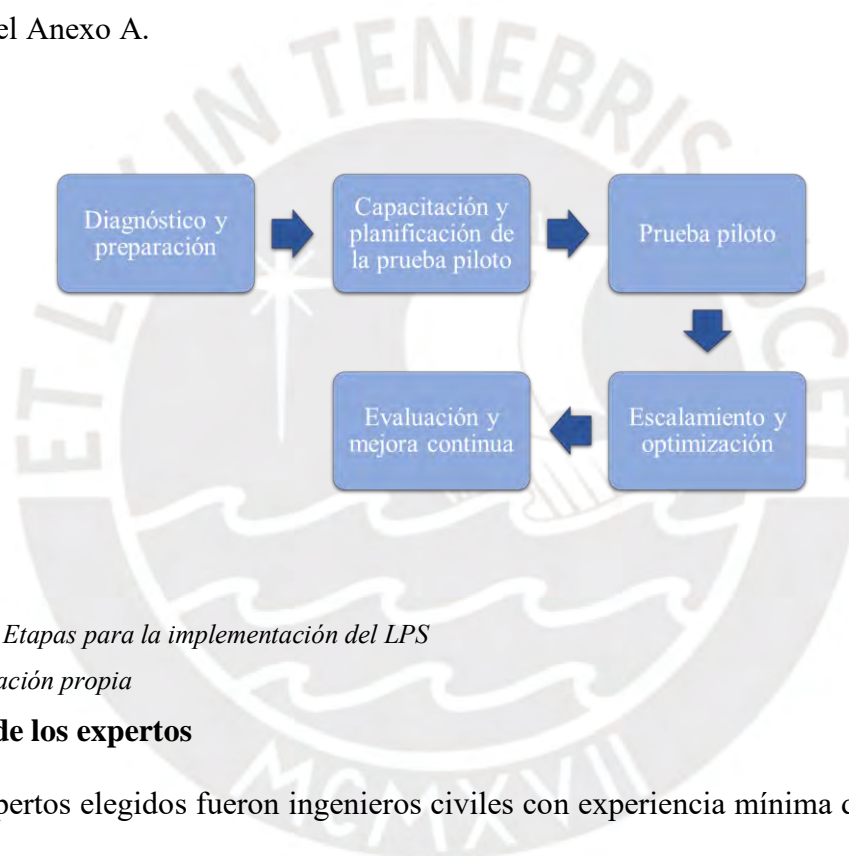


Figura N° 21a: Etapas para la implementación del LPS

Fuente: Elaboración propia

#### 6.1.1. Perfil de los expertos

Los expertos elegidos fueron ingenieros civiles con experiencia mínima de 8 años en el rubro de construcción de edificaciones y han aplicado o implementado el LPS en alguno de sus proyectos. En la Tabla N°8 se visualiza la descripción del perfil de cada experto.

**Tabla N°8: Perfil de expertos**

Código	Descripción
EXP-01	Ingeniero civil que trabaja en el rubro de la construcción hace 17 años. Egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Ha implementado el LPS desde hace 15 años en distintos proyectos, como de tipo edificación, civiles o industria.
EXP-02	Ingeniero de producción hace 8 años en obras de edificación. Egresado de la universidad San Martín de Porres. Ha implementado el LPS desde hace 4 años. Ha trabajado mayormente en la construcción de multifamiliares.
EXP-03	Ingeniero civil con 12 años de experiencia en gestión de proyectos especializado en edificaciones, tales como multifamiliares, oficinas y hoteles. Egresado de la Universidad Católica de Santa María. Ha participado en la aplicación del LPS durante 4 años.
EXP-04	Ingeniero civil con 18 años de experiencia en el rubro de la construcción. Ha sido capacitado y ha trabajado implementando el LPS desde hace 12 años.
EXP-05	Ingeniería civil con 8 años de experiencia. Egresada de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Ha trabajado con el sistema <i>Last Planner</i> desde la posición de residente de obra en edificios multifamiliares.

*Nota: Elaboración propia*

### 6.1.2. Análisis de resultados

Se definieron 5 etapas para la implementación del LPS, en la encuesta se consultó a los expertos si estaban de acuerdo con cada etapa y con los procedimientos dentro de ella. A continuación, en la figura N° 22 se muestra la opinión de los expertos respecto a las etapas del plan.

PREGUNTA 1: ¿Está de acuerdo con los pasos mostrados para la implementación del LPS en edificaciones en la ciudad de Lima? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

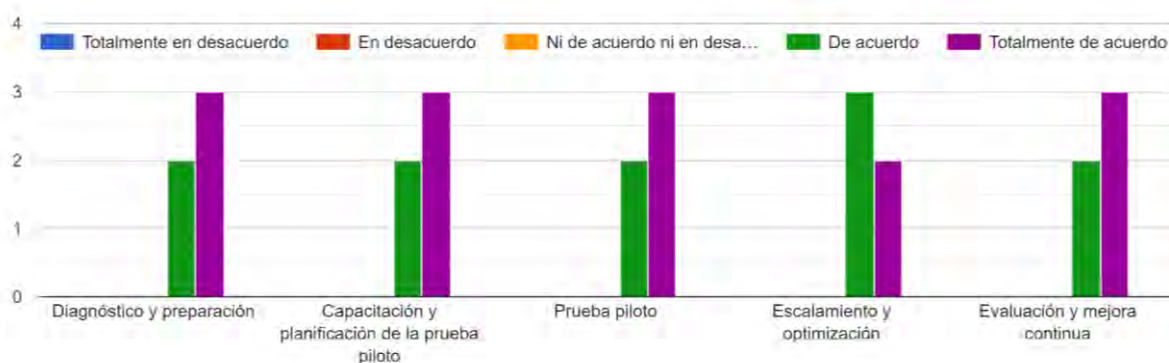


Figura N° 22: Validación de las etapas del plan de implementación por los expertos

Fuente: Elaboración propia

Según la figura N°22 todos los expertos están de acuerdo o totalmente de acuerdo con las etapas propuestas en el plan de implementación. El resto de preguntas realizadas se encuentran en el Anexo A y B, las cuales fueron tomadas en cuenta para mejorar cada etapa del plan.

## 6.2.Propuesta de plan de implementación del LPS en edificación

### 6.2.1.Etapas para la implementación del *Last Planner System*

Según las variables validadas y de acuerdo a lo descrito por Hamzeh (2011) y Murguía (2019) se definen 5 etapas para la implementación del LPS en un proyecto de edificación enfocado en constructoras que cuentan con más de un proyecto. En la figura N°21b se muestran las etapas definidas.

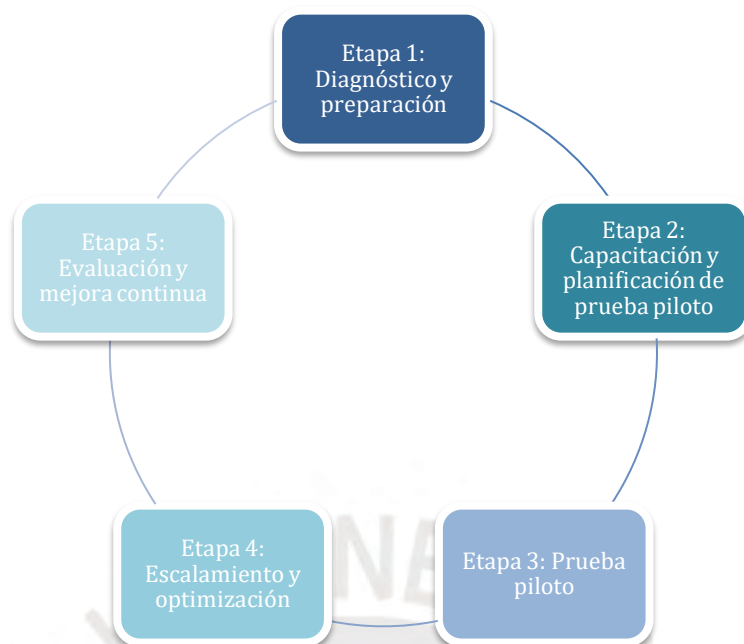


Figura N° 21b: Etapas para la implementación del LPS

Fuente: Elaboración propia

### **Etapa 1: Diagnóstico y preparación**

Cada empresa cuenta con una cultura organizacional única, para desarrollar una implementación es necesario identificar las necesidades de la empresa y obtener un diagnóstico. Este diagnóstico inicial es importante, ya que determina la posición en la que se encuentra la empresa en el mercado, los recursos a utilizar y con el tipo de personas que se va a trabajar. Dentro del diagnóstico se identificará a las personas influyentes en la empresa y a las personas con un cargo alto de poder, es importante tener en cuenta ello, ya que tener el apoyo de estos profesionales facilitará la implementación y darán el soporte de confiabilidad al resto del equipo. Asimismo, se debe tener en cuenta el factor humano, pues se puede tomar dos posturas respecto a la implementación, que será de resistencia al cambio o a favor de él, tener un sondeo acerca del rango de edades del personal y su predisposición para apoyar en la implementación, servirá para establecer las estrategias que se utilizarán para combatir la resistencia al cambio.

En este diagnóstico inicial también se deberá identificar el nivel de madurez en las herramientas *Lean Construction*, pues si la empresa ya ha implementado otra herramienta Lean o tiene conocimientos acerca de la metodología, facilitará la implementación del LPS. De la misma manera, se identificará el método actual de planificación, su nivel de cumplimiento, detalle y precisión.

Al momento de la implementación, la empresa debe señalar el motivo por el cual va a utilizar el LPS y definir sus objetivos. En algunos casos nace por una necesidad de utilizar una herramienta de planificación, debido a fracasos anteriores y a la dificultad que presenta la empresa de cumplir con el cronograma y con la fecha de culminación de obra. En otros casos nace por la voluntad de la organización de innovar y aplicar herramientas que mejoren su planificación.

Se debe iniciar vinculando la implementación del LPS con los objetivos estratégicos de la empresa. Se debe tener en cuenta la diferencia entre los objetivos de la empresa y los objetivos del proyecto, ya que no basta en que solo un proyecto tenga todas las oportunidades y apoyo de la gerencia, todos los proyectos deben estar alineados a los objetivos y recibir el mismo apoyo y compromiso. Para esto, se organizará reuniones con todos los niveles de la organización para comunicar que se utilizará el LPS y qué es lo que se espera lograr con ello. Con esta finalidad, la empresa puede usar la herramienta *Balanced scorecard* el cual es utilizada por varias organizaciones con el fin de definir y dar seguimiento a sus estrategias. Este puede contener diversos parámetros tales como objetivos a largo plazo, objetivos a corto plazo, indicadores metas específicas, actividades específicas entre otros. En la figura N°23 se muestra un ejemplo basado en esta herramienta vinculada al LPS.

VISIÓN	MISIÓN	PERSPECTIVA	POÍTICAS	OBJETIVOS A LARGO PLAZO	METAS	PLANES	META DEL PLAN
Ser el referente líder en Perú en el negocio de construcción, creando una experiencia única en nuestros clientes.	Somos una empresa de construcción que busca brindar el mejor servicio a nuestros clientes a través de alternativas innovadoras de ingeniería.	PROCESOS INTERNOS	Asegurar que todos los proyectos se realicen de forma eficiente, fomentando la innovación y el desarrollo continuo del personal.	1- IMPLEMENTAR BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN PARA LA MEJORA OPERATIVA	8 MESES		
				1.1 IMPLEMENTAR LEAN CONSTRUCTION	5 MESES	IMPLEMENTAR LA HERRAMIENTA LAST PLANNER SYSTEM MEDIANTE UNA PLATAFORMA .NET Y POWER BI	4 MESES
				1.2 IMPLEMENTAR EL ENFOQUE PMI	8 MESES	ESTABLECER UN ÁREA DE GESTIÓN DE PROYECTO QUE REALICE EL SEGUIMIENTO DE LA IMPLEMENTACIÓN	1 MES
				2- FOMENTAR UNA CULTURA DE INNOVACIÓN Y MEJORA CON SOLUCIONES TECNOLÓGICAS	10 MESES	CAPACITAR A LOS GERENTES DE PROYECTOS CON EL FIN DE QUE OBTENGAN LA CERTIFICACIÓN PMP	8 MESES
				2.1 IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS	8 MESES	IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL	8 MESES
				2.2 DIGITALIZACIÓN DE PROCESOS	10 MESES	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM	10 MESES
				3- DESARROLLAR UN EQUIPO CAPACITADO CON COMPETENCIAS AVANZADAS EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS	7 MESES		
				3.1 CAPACITACIÓN EN HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS	5 MESES	CAPACITAR AL STAFF DE OBRA DE CADA PROYECTO	5 MESES
				3.2 FOMENTO DE COLABORACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO	7 MESES	IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS ÁGILES	7 MESES

Figura N°23: Ejemplo de Balanced Scorecard

Fuente: Elaboración propia basado en el Balanced Scorecard D'Alessio (2008)

El liderazgo debe ser asumido por la gerencia, ellos deben demostrar su apoyo y compromiso con la organización. Según los entrevistados, algunas empresas fracasan porque, aunque inicialmente muestran iniciativa por implementar el LPS, después de un tiempo dejan de realizar un seguimiento, lo que resulta en la pérdida de todo el trabajo realizado. Además de la gerencia, se deben identificar a los líderes de la implementación a nivel de ejecución. Las personas elegidas deben tener ciertas características, en primer lugar, deben poseer algún cargo importante; en segundo lugar, deben contar con habilidades blandas, tales como comunicación asertiva, inteligencia emocional, pensamiento crítico entre otras; además deben estar convencidas de que el LPS tiene muchos beneficios y es necesario para el proyecto; por último deben estar capacitadas en el uso del sistema. Cabe resaltar que la capacitación se puede dar dentro del proceso de implementación no necesariamente poseer conocimientos previos.

### **Etapas 2: Capacitación y planificación de la prueba piloto**

Luego de haber definido los objetivos y comunicar a la organización sobre la implementación, se debe capacitar al personal en el uso del sistema. Se identificará a las personas claves que deben capacitarse para lograr una implementación exitosa. Lo ideal sería capacitar a todo el staff de obra incluyendo maestros y capataces, pero muchas veces esto no se da por falta de presupuesto o de tiempo. No obstante, la capacitación comenzará con el

personal del staff de obra. Este personal será instruido por un equipo externo con experiencia, además la capacitación estará constituida por talleres interactivos y explicación teórica. Los conceptos del LPS son sencillos de aprender, sin embargo, la coordinación y compromiso del equipo es un desafío que aún existe en obras de construcción, para afrontar ello se realizarán talleres que fomentarán el trabajo en equipo, la innovación y solución de problemas. De esta manera, se preparará al equipo para el nuevo cambio y los hará sentir parte de la implementación.

Para el caso de los capataces y maestros de obra es importante delimitar cuál va a ser su papel en la implementación y que conocimientos necesitarán, ya que en la mayoría de proyectos de construcción el obrero el crecimiento de la empresa, solo busca cumplir con sus responsabilidades, es por ello que en cuestión a la teoría del LPS los mismos ingenieros les explicaran lo que necesitan saber, además de incentivar su asistencia a las reuniones y hacerlos sentir parte de la implementación. En la figura N°24 se muestra un ejemplo de los aspectos a tener en cuenta y que se deben definir para una capacitación, los cuales incluyen personas, procesos y tecnología.

CATEGORIAS	DESCRIPCIÓN	
PERSONAS	PERFIL DE LOS PARTICIPANTES	Staff de obra interesado en aprender del LPS
	PERFIL DEL INSTRUCTOR	Ingeniero o equipo externo capacitado en el LPS, con experiencia en brindar capacitaciones
PROCESOS	TIEMPO DE CAPACITACIÓN	1 mes
	TIPO DE CAPACITACIÓN	Capacitación teórica junto con talleres
TECNOLOGIAS	ESPACIOS	Salón de capacitación
	RECURSOS	Material impreso con la teoría del LPS
		Pizarras plastificadas para realizar ejercicios de programación
		Bloques de construcción de plástico

Figura N°24: Ejemplo de plan de capacitación

Fuente: Elaboración propia

Se debe asegurar la participación activa de todas las partes interesadas y fomentar la comunicación continua. Para esto deben intervenir los líderes y la gerencia, organizando reuniones entre el personal con el fin de conocerse y formar vínculos de confianza. Se debe

tener en cuenta que los subcontratistas también son parte del desarrollo del proyecto, es imprescindible que ellos sepan de qué se trata el sistema y que asistan a las reuniones. Según lo comentado en los casos de estudio, muchos de los atrasos son ocasionados por los subcontratistas, por su irresponsabilidad o falta de compromiso. Asimismo, es importante destacar que el empoderamiento de los empleados los motivará a formar parte de la implementación y a sentirse comprometidos.

El LPS es una herramienta estandarizada que cuenta con partes definidas, sin embargo, debido a la cultura organizacional única en cada empresa, es necesario definir ciertos procesos. Los expertos comentan que en las empresas donde no ha habido una estandarización de procesos, han implementado de manera irregular en sus distintas obras, como resultado, algunos proyectos ejecutados no tienen las mismas condiciones ni oportunidades. Con este propósito, la gerencia pedirá entregables de forma semanal, estos contendrán el *Lookahead planning*, análisis de restricciones, plan semanal, PPC, CNC y lecciones aprendidas. Además, se definirán plantillas en todas las obras, para uniformizar los formatos. Por último, es de suma importancia que cada proyecto disponga de una sala de producción para las reuniones, aunque, en la realidad muchas empresas recurren a espacios improvisados, contar con una sala específica otorga mayor seriedad a las reuniones y fomenta un mayor compromiso por parte de los participantes.

Asimismo, en esta etapa se planificará la prueba piloto, para ello se debe definir el proyecto en el cual se implementará. Se seleccionará una obra que sea representativa de los desafíos típicos que enfrentamos en nuestros proyectos de construcción. Se establecerán objetivos claros previos a la prueba piloto, como aumento de la calidad del trabajo o reducción de tiempo de entrega. También se establecerá la fase en la cual se implementará la prueba piloto, iniciar la implementación con el proyecto en marcha, donde diferentes oficios trabajan al mismo tiempo y las actividades se desarrollan simultáneamente, no es una tarea fácil, pues

muchas veces no se aprovecha por completo todas las herramientas del LPS, solo se utiliza el *Lookahead* o plan semanal, es difícil que se desarrolle un plan de fases cuando el proyecto ya empezó y el personal recién está aprendiendo sobre el LPS. Es por ello que se recomienda implementar cuando el proyecto esté empezando para tener un mejor manejo de este.

Se necesitará el apoyo de al menos un profesional que haya implementado el sistema con éxito para que guíe la implementación, lo ideal sería una PMO que gestione todo el proceso. Sin embargo, debido a que algunas empresas no pueden costearlo durante todo el proyecto, se contará con el profesional experimentado al iniciar la implementación, por lo menos hasta que la empresa pueda continuar sólo con el personal de casa.

Se realizará un seguimiento continuo para verificar el progreso y el desempeño del staff. Se documentarán las actividades realizadas y los resultados obtenidos, así como las lecciones aprendidas, de esta manera se podrá modificar la estandarización previamente definida, con el objetivo de obtener mejores resultados en proyectos futuros. Por último, se identificará a las personas resistentes al cambio con el fin de implementar estrategias para mitigar la resistencia.

### **Etapa 3: Prueba piloto**

En esta etapa se describe la implementación de una prueba piloto del *Last Planner System* en un proyecto multifamiliar. Para ilustrar el proceso, se cuenta con el segundo caso de estudio comentado en el capítulo 5. La empresa implementó este sistema hace aproximadamente 6 años, para esto comenzó con una prueba piloto cuyo objetivo principal fue mejorar la planificación y coordinación en un entorno controlado, con el fin de identificar las oportunidades y evaluar la efectividad del sistema.

Cuando se implementó la prueba piloto, la empresa solo contaba con dos proyectos en ejecución, el superintendente de obra fue quien propuso el uso del LPS y hasta ahora sigue siendo el promotor. La continuidad en el uso del sistema se le atribuye a su contribución, lo que resalta la importancia de contar con el apoyo de los altos mandos.

Se realizó una evaluación inicial del estado actual de la empresa y se identificó una línea base, asimismo se eligió uno de los dos proyectos para implementar la prueba piloto. La elección fue en base al staff de obra, ya que decidieron trabajar con el proyecto que poseía a los ingenieros con más ganas de innovar y dispuestos a aprender.

Se realizó la capacitación a todo el staff, para ello se hicieron talleres y sesiones de capacitación para asegurar que todos los miembros comprendan el sistema. Esta capacitación la realizó personal externo de la empresa, no solo al staff sino también a la gerencia, quienes estaban emocionados por la implementación. Antes de iniciar la prueba piloto es recomendable calcular el PPC de la planificación actual para después comparar este valor con el PPC al aplicar el LPS.

Luego de ello, se creó un mismo formato de entregable el cual sería utilizado a lo largo del proyecto, el proceso fue seguido por la misma gerencia. Se definió la estructuración de las reuniones y el líder de esta quien fue el residente de obra.

En una reunión se coordinó la sectorización en planta y los hitos más importantes. Luego de ello, se comenzó a utilizar el LPS iniciando por el plan maestro, el cual fue detallado de acuerdo a las fases internas de la empresa. Es importante reconocer el tiempo estimado en el que la empresa realiza algún proceso constructivo, ello añadirá mayor confiabilidad en la programación. En la figura N° 25 se muestra el plan maestro utilizado. Cabe mencionar que este contenía actividades con fechas detalladas

ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	UND	FECHA FIN	SEMANA 43				SEMANA 44				SEMANA 45				SEMANA 46			
				J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
	<b>SÓTANOS + TORRE</b>																		
01.06.00	<b>ALBAÑILERÍA</b>																		
01.06.04	<b>ALBAÑILERÍA EDIFICIO</b>																		
01.06.04.08	ASENTADO DE TABICUERIA Y FIJACION DE PUNTOS (H.E., H.S., G.A.)	m2	12/12/2023	15	15			15	15	16	16	16		16	16	17	17	17	17
01.06.04.09	TRAZO PARA DIENTES Y PARA ACABADO DE PISOS	glb	14/12/2023	15	15			15	15	16	16	16		16	16	17	17	17	17
01.06.04.10	SOLAJERO, INST. DE DIENTES Y DEBASTE DE MUROS	m2	18/12/2023	14	14			14	14	15	15	15		15	15	16	16	16	16
01.06.04.12	TABICUERIA (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES)	m2	28/12/2023	13	13			13	13	14	14	14		14	14	15	15	15	15
01.06.04.14	LIMPIEZA PARA NIVELACION DE PISO Y COLOCACION DE PUNTOS	glb	16/01/2024	13	13			13	13	14	14	14		14	14	15	15	15	15
01.06.04.15	NIVELACION DE PISO	m2	17/01/2024	12	12			12	12	13	13	13		13	13	14	14	14	14
01.06.04.18	LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE JUNTAS DE PRELIDAS - RESAMES DE MUROS Y TECHOS	m	22/01/2024	12	12			12	12	13	13	13		13	13	14	14	14	14
01.06.04.17	<b>TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR</b>	m2	20/12/2023																
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 03)	m2																	
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 01)	m2																	
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 02)	m2																	
01.06.04.18	<b>TARRAJEO DE FACHADA PRINCIPAL</b>	m2	18/01/2024																
	TARRAJEO DE FACHADA PRINCIPAL (andamio 03)	m2																	
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 01)	m2																	
	TARRAJEO DE FACHADA POSTERIOR (andamio 02)	m2																	
01.06.04.22	MOCHOS DE BANCO DE MEDIDORES	glb	18/08/2023																

Figura N°25: Plan maestro

Fuente: Elaboración propia

No se realizó una planificación de fase, pues el cronograma maestro fue minucioso. Lo ideal sería que la empresa parta de un plan maestro y luego realice un plan de fases, sin embargo, por falta de tiempo y experiencia se decidió seguir con esta estructura.

Se desarrolló el *Lookahead* con todo el staff de obra, el cual abarcaba un periodo de cuatro semanas. Este plan era analizado en las reuniones semanales buscando que la primera semana no posea ninguna restricción.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	UND	FECHA	SEMANA 73					SEMANA 74					SEMANA 75					SEMANA 76				
				L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
				11-Abr	22-Abr	01-May	01-Abr	05-Abr	06-Abr	07-Abr	08-Abr	09-Abr	10-Abr	11-Abr	12-Abr	13-Abr	14-Abr	15-Abr	16-Abr	17-Abr	18-Abr	19-Abr	20-Abr
01.07.02.33	SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (INST. DE EQUIPOS)	und	FIN																				
01.07.02.34	VIDRIOS Y ALUMINIO (SELLADO INTERIOR Y EXTERIOR, LIMPIEZA Y ENTREGA A OBRA)	glb	07/05/2024	P15	P15	P16	P16	P16	P17	P17	P17	P18	P18	P18	P19	P19	P19	P20	P20	P20	P21	P21	P21
01.07.02.35	GRANITO EN COCINA (LIMPIEZA, SELLADO Y ENTREGA A OBRA)	m																					
01.07.02.36	INSTALACIONES GAS (PRUEBAS DE PRESIÓN)	glb																					
01.07.02.37	INSTALACIONES SANITARIAS (PRUEBAS DE GRIFERIAS)	glb																					
01.07.02.38	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (MEGADO Y PRUEBAS DE PÍLOTAJE)	glb																					
01.07.02.39	INST. SANITARIAS (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES, ENTREGA DE PROTOCOLOS)	glb																					
01.07.02.40	INST. ELÉCTRICAS (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES, ENTREGA DE PROTOCOLOS)	glb																					
01.07.02.41	PINTURA (ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	m2	10/05/2024	P14	P14	P15	P15	P15	P16	P16	P16	P17	P17	P17	P18	P18	P18	P19	P19	P19	P20	P20	P20
01.07.02.42	LIMPIEZA EN LA ETAPA DE ACABADOS (LIMPIEZA FINA)	glb	15/05/2024	P13	P13	P14	P14	P14	P15	P15	P15	P16	P16	P16	P17	P17	P17	P18	P18	P18	P19	P19	P19
01.07.02.43	ENTREGA DE LOS DEPARTAMENTOS	glb	20/05/2024	P12	P12	P13	P13	P13	P14	P14	P14	P15	P15	P15	P16	P16	P16	P17	P17	P17	P18	P18	P18
01.07.02.44	PINTURA EN FACHADA PRINCIPAL (LIJADO, EMPASTADO, SELLADO, 1RA MANO, 2DA MANO DE PINTURA)	m2	06/03/2024																				
01.07.02.45	PINTURA EN FACHADA POSTERIOR (LIJADO, EMPASTADO, SELLADO, 1RA MANO, 2DA MANO DE PINTURA)	m2	01/04/2024	R9																			

Figura N°26: Lookahead planning

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se implementó el análisis de restricciones, el plan semanal, el PPC y las causas de no cumplimiento. Toda esta información era compartida en las reuniones y a través de correos. En las reuniones, los involucrados escribían sus compromisos en *post-it* y los colocaban en una pizarra, esto sirvió para hacerlos sentir parte del proceso y comprometidos.

La empresa consideraba un PPC meta que variaba a lo largo del proyecto, en la fase de estructuras se consideró un PPC del 95% y en la fase de acabados un PPC de 75%. Esto se estimó, ya que en la fase de estructuras la mayoría de procesos eran responsabilidad de personal de casa, por tanto, se confiaba en su capacidad y compromiso. En la etapa de acabados se trabajaba con subcontratas con las que había una menor confiabilidad en su compromiso.

Esta prueba piloto demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la planificación, sirve para obtener lecciones aprendidas e identificar estrategias de mejora. De esta experiencia es importante destacar la capacitación, el compromiso y apoyo de la gerencia además del



Figura N° 27: Plan maestro propuesto

Fuente: Elaboración propia

Luego de definir los hitos en el plan maestro, se procede a definir las fases y la duración de estas, para ello se usará el enfoque “pull planning”. Se reunirá a todos los involucrados para desarrollar el plan de fases, se iniciará la planificación desde el final hasta el principio y se pedirá a los responsables que indiquen los requisitos previos para cumplir con cada actividad y así sucesivamente hasta llegar al inicio.

El líder de esta planificación será el residente, quien recluta a todo el staff de obra, para que sean conscientes de la fecha de culminación de cada fase. En la figura N°28 se muestra el formato propuesto. Se coloca el ejemplo de la fase de acabados secos en los sótanos, en la columna de la izquierda se describen las actividades y en la derecha se colocan las fechas en la que se ejecutará cada actividad por piso. Como resultado final se deberá de llegar a un acuerdo con el compromiso de todos los involucrados, deben entender que de cada uno de ellos depende la apertura de nuevas actividades, todos deben estar alineados y buscar cumplir con sus responsabilidades.

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	SEM 70				SEM 71				SEM 72				SEM 73				SEM 74				SEM 75			
	jun	may	abr	mar	jun	may	abr	mar	jun	may	abr	mar	jun	may	abr	mar	jun	may	abr	mar	jun	may	abr	mar
<b>ACABADOS SECOS SÓTANOS</b>																								
<b>DRYWALL</b>																								
Metalesado de estructura																								
Instalación de planchas de drywall																								
Equipamentos																								
Colocación de cintas y primera mano de masilla																								
2da mano de masilla																								
<b>FUERTAS</b>																								
Instalación de marcos																								
Instalación de bisagras, topes y cerrajería																								
Regulación de hojas, retiro de tacos y perfilado de espuma																								
<b>ACABADO CAL NIEVE</b>																								
Aplicación de sellador																								
Aplicación de pintura																								
<b>PINTURA DE TRAFICO</b>																								
<b>SEÑALADO</b>																								
Encendido																								
Lineas peatonales, Divisiones de estacionamientos, Flechas direccionales, divisiones de carriles																								
Contratación de pintura																								
<b>ENCHAPE-HALL DE ASCENSORES</b>																								
Trazo para enchape																								
Instalación de enchape																								
Fraguado																								
Contratación de aluminio																								
<b>BARANDAS DE ESCALERAS</b>																								
Remates de barandas y pasamanos																								
Mano de pintura																								
Protección de barandas																								
<b>PINTURA MONTANTES</b>																								
Pintura en montantes																								
<b>ESTRUCTURA METALICA</b>																								
Instalación de sumidero																								
Instalación de topelantas																								
Instalación de escuadros metálicos																								
Instalación de barandas metálicas																								
<b>OTROS</b>																								
Instalación de luminarias, alarmas, etc																								
Slickers																								

Figura N° 28: Plan de fases propuesto

Fuente: Elaboración propia

El lookahead es un cronograma a mediano plazo, este consta de 4 semanas. El lookahead busca brindar un horizonte de tiempo que es controlable, tomar en cuenta las actividades que



ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA DE IDENTIFICACIÓN	FECHA DE COMPROMISO POR	FECHA DE RESTRICCION LEVANTADA	¿Se van a liberar esta semana?	ESTATUS
INSTALACIÓN DE ASCENSOR	LIBERACION DE DUCTO DE ASCENSOR	INGENIERO 1	30/09/2023	04/11/2023	07/11/2023	SI	LIBERADO
FIJACIÓN DE PUNTOS IIGG	FALTA DE MATERIAL PARA NICHOS DE GAS	LOGISTICA	30/09/2023	04/11/2023	09/11/2023	SI	LIBERADO
INSTALACIÓN DE MONTANTE DE GAS	RESANÉ, SOLAQUEO Y BLANQUEADO DE DUCTO DE GAS	CAPATAZ 2	30/09/2023	04/11/2023	20/11/2024	NO	NO LIBERADO
INSTALACIÓN DE MONTANTE ACI	RESANÉ, EMPASTE Y 1ERA MANO DE PINTURA EN DESCANSO DE ESCALERA DE EVACUACIÓN	CAPATAZ 1	30/09/2023	04/11/2023	26/11/2024	NO	NO LIBERADO
ENCHAPE DE MUROS DE BAÑO	CAMBIO DE CERÁMICO 30X60 BLANCO BRILLANTE CELIMA POR FALLAS DE FÁBRICA	LOGISTICA	30/09/2023	04/11/2023	27/11/2024	NO	NO LIBERADO

Figura N° 30: Análisis de restricciones propuesta

Fuente: Elaboración propia

La planificación semanal está constituida por las actividades sin restricciones. En la figura N°31 se muestra el cronograma semanal, en la segunda columna se indica con 0 las actividades no culminadas al 100% y con 1 las actividades totalmente culminadas, asimismo en la columna 3 se muestran las causas de no cumplimiento de las actividades no culminadas. En la figura N°32 se muestra una leyenda de las causas más comunes en la construcción de edificaciones. Con estos datos mencionados se hallará el PPC y un gráfico circular de causas de no cumplimiento.

			LUNES- 09/06/2024							OBSERVACIONES
			SEMANA 1							
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	
Actividades	CUMPLIMIENTO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	03/06/2024	04/06/2024	05/06/2024	06/06/2024	07/06/2024	08/06/2024	09/06/2024	
PINTURA: SEGUNDA MANO (TECHOS, BAÑOS, COCINA, LAVANDERÍA)	1		P22	P22	ALT	ALT	ALT			
PINTURA DE MARCOS DE PUERTAS Y PUERTAS PRINCIPALES	1		P21	P21	P22	P22	P22			
PAPEL MURAL (INSTALACIÓN)	1		P18	P18	P19	P19	P20			
PAPEL MURAL (INST. DE MOLDEURA, PERFILES, ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	1		P17	P17	P17	P18	P18			
PISO LAMINADO (INSTALACIÓN)	1		P15	P15	P16	P16	P16			
INSTALACIÓN DE CONTRALÓCALO DE MADERA Y TAPALUNTAS	0	LOG	P13	P14	P14	P14	P15			
VIDRIOS Y ALUMINIO (SELLADO INTERIOR Y EXTERIOR, LIMPIEZA Y ENTREGA A OBRA)	1		P12	P13	P13	P13	P14			
PINTURA (ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	1		P11	P12	P12	P12	P13			
LIMPIEZA EN LA ETAPA DE ACABADOS (LIMPIEZA FINA)	0	SUP/CLI	P10	P11	P11	P11	P12			
ENTREGA DE LOS DEPARTAMENTOS	0	SUP/CLI	P10	P10	P10	P10	P11			

Figura N° 31: Plan semanal propuesto

Fuente: Elaboración propia

LEYENDA	
PROG	PROGRAMACION
LOG	LOGISTICA
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD
EXT	EXTERNOS
SUP/CLI	SUPERVISION / CLIENTES
EJEC	ERRORES DE EJECUCION
SC	SUBCONTRATOS
EQ	EQUIPOS
ADM	ADMINISTRATIVOS

Figura N° 32: Leyenda de causas de no cumplimiento

Fuente: Elaboración propia

Por último, se realizará la programación diaria, donde se detalla las actividades realizadas diariamente, se asignará al responsable de cada actividad y los recursos utilizados. Cabe resaltar que muchas empresas no utilizan el plan diario en todo el proyecto, ya que les parece suficiente con el plan semanal. Además, les resulta difícil mantener un control diario en la fase de acabados, ya que muchos de los trabajos dependen principalmente de las subcontratas.

ACTIVIDADES	#PERSONAS	UBICACIÓN	HORARIO	CAPATAZ	OBSERVACIONES
PINTURA; SEGUNDA MANO (TECHOS, BAÑOS, COCINA, LAVANDERÍA)	SUBCONTRATA	P152	8:00-17:30		
PINTURA DE MARCOS DE PUERTAS Y PUERTAS PRINCIPALES	10	P153			
PAPEL MURAL (INSTALACIÓN)	5	P254			
PAPEL MURAL (INST. DE MOLDURA, PERFILES, ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	SUBCONTRATA	P252	8:00-17:30		
PISO LAMINADO (INSTALACIÓN)	10	P253			
INSTALACIÓN DE CONTRAZÓCALO DE MADERA Y TAPAJUNTAS	10	P254			
VIDRIOS Y ALUMINIO (SELLADO INTERIOR Y EXTERIOR, LIMPIEZA Y ENTREGA A OBRA)	5	P352	17:30-20:30		
PINTURA (ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	6	P353			
LIMPIEZA EN LA ETAPA DE ACABADOS (LIMPIEZA FINA)	4	P354			
ENTREGA DE LOS DEPARTAMENTOS	6	P355			

Figura N° 33: Plan diario propuesto

Fuente: Elaboración propia

Se realizarán reuniones semanales para actualizar el *lookahead*, las restricciones y el plan semanal. Se recomienda que la estructuración de la reunión se divida en el análisis de los resultados de la semana anterior y el análisis de la semana siguiente.

En primer lugar, en la reunión se evaluará las actividades cumplidas al 100% de la semana anterior, se actualizará el plan semanal colocando 1 o 0 dependiendo del cumplimiento, para las actividades que no se lograron cumplir se colocará las causas de no cumplimiento, por último, se actualizarán las restricciones que se liberaron esa semana con el fin de obtener el PCR.

Luego de ello, se creará otro excel para la semana próxima, en él se actualizará el *Lookahead* en conjunto con las partes involucradas, así como el plan semanal y las restricciones. Esta estructura de reunión se repetirá semana a semana con el fin de tener como producto final un archivo de excel que contendrá el *Lookahead*, análisis de restricciones y plan semanal.

### **Etapa 5: Evaluación y mejora**

La evaluación y mejora es un proceso que se va repetir luego de cada proyecto, pese a que ya se tenga años aplicando el LPS siempre existen oportunidades de mejora. Para ello se deben recopilar y analizar los indicadores claves de desempeño, en este caso es el PPC.

Asimismo, se evalúa si es que se cumplió con el objetivo planteado al inicio del proyecto y si es que no, se busca el motivo para identificarlo como lección aprendida. Para esto se puede utilizar la herramienta de los “5 por qué” para atacar el problema desde la raíz. Luego de obtener las causas de no cumplimiento se procederá a hallar el problema raíz de cada una de estas, se implementarán reuniones con todo el equipo y se discutirá sobre los obstáculos que encontraron para no cumplir con sus responsabilidades.

Además, se realizarán reuniones de *Feedback* donde se discutirán posibles estrategias de mejora. La comunicación y reuniones entre toda la organización es importante, se deberán visitar entre obras y comunicar entre residentes aprendizajes obtenidos de sus proyectos. De la misma forma cada obra tendrá una recopilación de lecciones aprendidas que se compartirán con el resto de la organización.

Se deberá implementar las mejoras planificadas en los futuros proyectos y realizar un seguimiento de las nuevas estrategias. Por último, se debe tomar en cuenta que el sector construcción cambia continuamente, se deberá seguir capacitando al personal en nuevas herramientas que complementan y potencian el LPS.

#### **6.2.2.Implementación del software**

En la gestión de proyectos, el análisis y la visualización de datos juegan un papel crucial para la toma de decisiones. Las empresas a menudo cuentan con un gran volumen de datos y archivos que resulta difícil de consolidar. En este contexto, se plantean soluciones tecnológicas eficientes y accesibles para el usuario. Para esto, se desarrolló un software diseñado para la gestión semanal de datos utilizando el *framework .NET y Power BI*.

### 6.2.2.1.Desarrollo e implementación del software

Para el desarrollo del software se utilizó el *framework .NET* con el lenguaje *C#* ya que es uno de los más utilizados por los programadores. Este programa tuvo la idea inicial de funcionar como un intermediario entre el usuario y *Power BI*. Para ello se optó por un diseño visual intuitivo y fácil de entender.

En primer lugar, se definió la funcionalidad que debía de tener el programa, el cual fue obtener un *dashboard* en *Power BI* con la información más resaltante por semana y proyecto. Para esto se detalló el tipo de información de entrada que debía de tener el programa. Esta información estaba constituida por dos archivos, el primero es un excel que contiene el plan maestro, con la fecha de inicio y fin de cada fase. Para el segundo archivo, se construyó una plantilla, la cual contiene tres hojas correspondientes a *Lookahead*, análisis de restricciones y plan semanal. Esta misma estructura se repetirá en cada entregable semanal con el fin de que el programa lo pueda leer.

DESCRIPCIÓN DE HITOS	FECHA INICIO	FECHA FIN
OBRAS PROVISIONALES	05/06/2023	09/06/2023
EXCAVACIÓN Y MUROS ANCLADOS	12/06/2023	30/10/2023
ESTRUCTURA SOTANOS	24/10/2023	02/01/2024
ESTRUCTURA EDIFICIO	03/01/2024	03/06/2024
ACABADO SOTANOS	03/01/2024	20/05/2024
ACABADO TORRE	23/01/2024	29/11/2024
ACABADO EXTERIORES	04/04/2024	02/09/2024
ACABADO AREAS COMUNES	22/04/2024	28/11/2024
INSTALACIONES	21/03/2024	02/12/2024

Figura N°34: Plantilla plan maestro

Fuente: Elaboración propia

Actividades	SEMANA 1							SEMANA 2							
	LUN	MAR	MIE	VIÉ	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	VIÉ	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE
ENCHAFE (INST. DE CONTRALCARGOS EN DEPARTAMENTOS INTERIORES)	P22	P22	ACT	ACT	ACT		ACT	P01	P01	P01	P01				
MUEBLES DE MELAMINE PARA COCINA (INST. DE PUERTAS)	P28	P28	P28	P22	P22		P22	ACT	ACT	ACT	ACT				
PUERTAS (INST. DE MARCOS Y PRESENTACION DE PUERTAS, PINTADAS)	P18	P18	P18	P18	P20		P20	P20	P21	P21					
PUERTAS (INST. DE PUERTAS, CERRAJERÍA)	P17	P17	P17	P18	P18		P18	P19	P19	P19	P20				
PUERTAS (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES Y INSPECCIÓN DE PUERTAS)	P28	P28	P28	P28	P28		P17	P17	P17	P18	P18				
SEÑORES DE TEMPERATURA Y HUMO (CABLEADO)	P13	P14	P14	P14	P15		P15	P15	P15	P15	P15				
VIBRÓN Y ALUMINIO (INST. DE MARCOS, CELOSÍA, VIGORÓN)	P12	P13	P13	P13	P14		P14	P14	P15	P15	P15				
VIGORÓN Y ALUMINIO (PROTECCIÓN DE VIGORÓN CON CANTÓN)	P14	P12	P12	P12	P13		P13	P13	P14	P14	P14				
INST. DE APARATOS SANITARIOS (INODORO, URAUTÓRICO, LAVADEROS)	P10	P11	P11	P11	P12		P12	P12	P13	P13	P13				
INSTALACIONES SANITARIAS (INSTALACIÓN DE GRIFERÍAS Y PROTECCIÓN DE APARATOS)	P10	P10	P10	P10	P11		P11	P11	P12	P12	P12				

Figura N°35: Plantilla Lookahead

Fuente: Elaboración propia

ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA DE IDENTIFICACION	FECHA DE COMPROMISO POR RESPONSABLE	FECHA DE RESTRICCION LEVANTADA	¿Se van a liberar esta semana?	ESTATUS
ACTIVIDAD 1	RESTRICCION 1	ASD	20/05/2024	21/05/2024	22/05/2024	SI	LIBERADO
ACTIVIDAD 2	RESTRICCION 2	ASD	21/05/2024	22/05/2024	23/05/2024	SI	LIBERADO
ACTIVIDAD 3	RESTRICCION 3	ASD	22/05/2024	23/05/2024	24/05/2024	SI	LIBERADO
ACTIVIDAD 4	RESTRICCION 4	ASD	23/05/2024	24/05/2024	25/05/2024	SI	LIBERADO
ACTIVIDAD 5	RESTRICCION 5	ASD	24/05/2024	25/05/2024	26/05/2024	SI	LIBERADO

Figura N°36: Plantilla análisis de restricciones

Fuente: Elaboración propia

Actividades	CUMPLIMIENTO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	10/06/2024							OBSERVACIONES
			SEMANA 1							
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	
ENCHAPE (INST. DE CONTRAZOCALOS EN DEPARTAMENTOS INTERIORES)	1		P22	P22	A22	A22	A22	A22		
MUEBLES DE MELAMINE PARA COCINA (INST. DE PUERTAS)	1		P21	P21	P22	P22	P22			
PUERTAS (INST. DE MARCOS Y PRESENTACION DE PUERTAS, PINTADAS)	1		P18	P19	P19	P19	P20			
PUERTAS (INST. DE PUERTAS, CERRAJERIA)	1		P17	P17	P17	P18	P18			
PUERTAS (LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES Y PROTECCION DE PUERTAS)	1		P15	P15	P16	P16	P16			
SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMO (CABLEADO)	1		P13	P14	P14	P14	P15			
VIDRIOS Y ALUMINIO (INST. DE MARCOS, CELOSIA, VIDRIOS)	1		P12	P13	P13	P13	P14			
VIDRIOS Y ALUMINIO (PROTECCION DE VIDRIOS CON CARTON)	1		P11	P12	P12	P12	P11			
INST. DE APARATOS SANITARIOS (MODOCRO, LAVATORIO, LAVADEROS)	0	SUP/CLL	P10	P11	P11	P12	P12			
INSTALACIONES SANITARIAS (INSTALACION DE GRIFERIA Y PROTECCION DE APARATOS)	0	SUP/CLL	P10	P10	P10	P10	P11			

Figura N°37: Plantilla plan semanal

Fuente: Elaboración propia

Luego de crear el formato en excel se procede a utilizar el programa. Al acceder a este aparece una ventana inicial que muestra los proyectos almacenados (Figura N°38) . Al presionar en el símbolo “+” emerge una ventana que pedirá como datos el nombre del proyecto y el plan maestro (Figura N°39). Esta parte se desarrolló con la finalidad de que las empresas puedan guardar sus proyectos en una misma interfaz y que se estandarice los formatos a utilizar, contar con este tipo de programa resulta muy útil cuando se tiene grandes volúmenes de información.

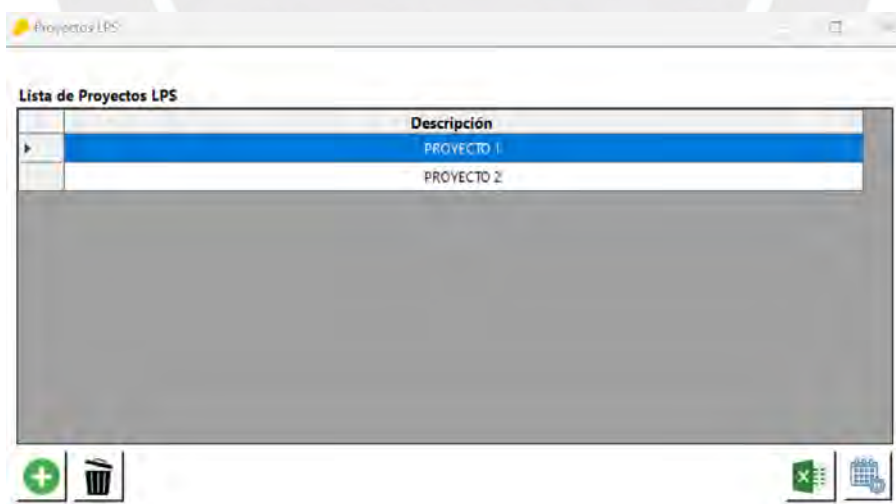


Figura N°38: Ventana inicial

Fuente: Elaboración propia

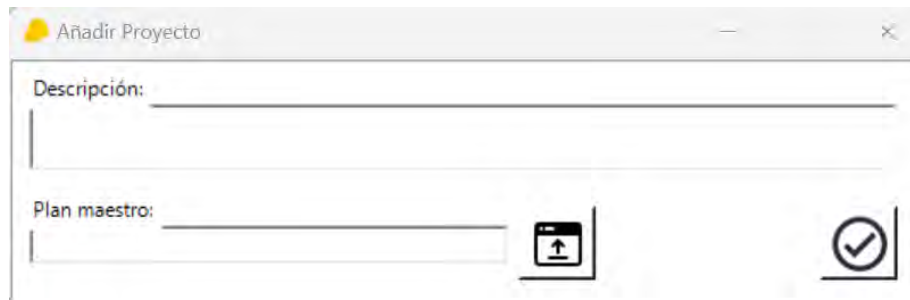


Figura N°39: Creación de nuevo proyecto

Fuente: Elaboración propia

Luego al seleccionar el proyecto y presionar el calendario en la parte inferior derecha, se despliega otra ventana (Figura N°40). Se subirá un excel por semana con toda la información del *Lookahead*, análisis de restricciones y plan semanal. Es necesario seguir un orden cronológico y ordenar la información por semana. Asimismo, esta ventana posee cuatro botones en la parte inferior derecha, el primero sirve para descargar el excel seleccionado, el segundo sirve para visualizar las actividades del *Lookahead* (Figura N°41), el tercer botón sirve para visualizar las restricciones encontradas y su estatus (Figura N°42), el último botón sirve para visualizar las actividades de la semana, su cumplimiento y las causas de no cumplimiento (Figura N°43).

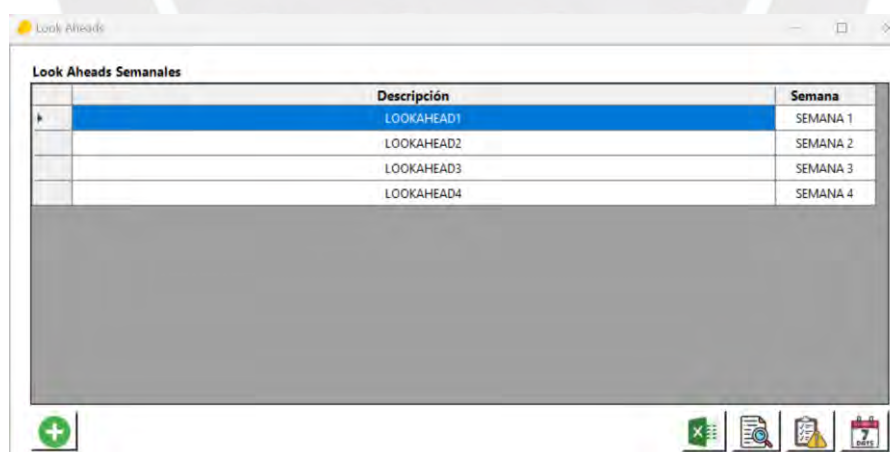
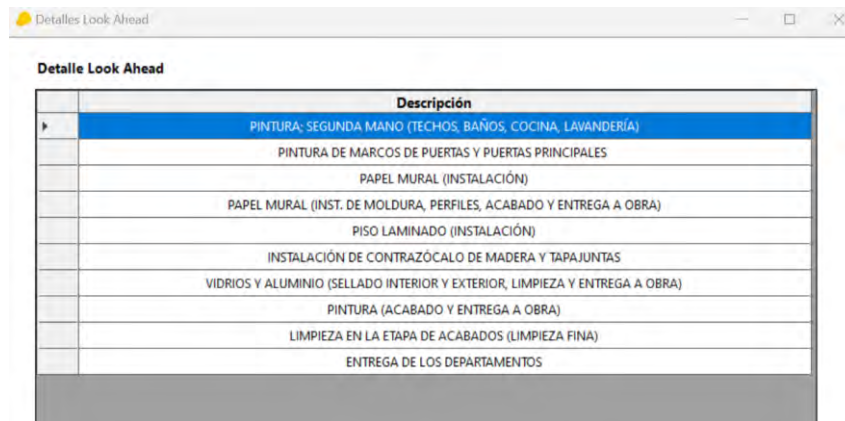


Figura N°40: Cargar lookaheads al software

Fuente: Elaboración propia



Detalle Look Ahead	
	Descripción
▶	PINTURA: SEGUNDA MANO (TECHOS, BAÑOS, COCINA, LAVANDERÍA)
	PINTURA DE MARCOS DE PUERTAS Y PUERTAS PRINCIPALES
	PAPEL MURAL (INSTALACIÓN)
	PAPEL MURAL (INST. DE MOLDURA, PERFILES, ACABADO Y ENTREGA A OBRA)
	PISO LAMINADO (INSTALACIÓN)
	INSTALACIÓN DE CONTRAZÓCALO DE MADERA Y TAPAJUNTAS
	VIDRIOS Y ALUMINIO (SELLADO INTERIOR Y EXTERIOR, LIMPIEZA Y ENTREGA A OBRA)
	PINTURA (ACABADO Y ENTREGA A OBRA)
	LIMPIEZA EN LA ETAPA DE ACABADOS (LIMPIEZA FINA)
	ENTREGA DE LOS DEPARTAMENTOS

Figura N°41: Actividades del Lookahead

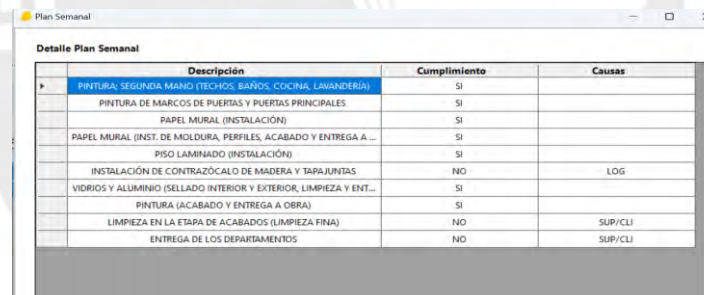
Fuente: Elaboración propia



Restricciones							
	Actividad	Descripción	Fecha de Identificación	Fecha de Compromiso	Fecha de Levantamiento	Estado	¿Esta semana?
▶	ACTIVIDAD 1	RESTRICCION 1	20/05/2024	21/05/2024	22/05/2024	LIBERADO	SI
	ACTIVIDAD 2	RESTRICCION 2	21/05/2024	22/05/2024	23/05/2024	NO LIBERADO	NO
	ACTIVIDAD 3	RESTRICCION 3	22/05/2024	23/05/2024	24/05/2024	NO LIBERADO	NO
	ACTIVIDAD 4	RESTRICCION 4	23/05/2024	24/05/2024	25/05/2024	NO LIBERADO	NO
	ACTIVIDAD 5	RESTRICCION 5	24/05/2024	25/05/2024	26/05/2024	LIBERADO	SI

Figura N°42: Ventana de análisis de restricciones

Fuente: Elaboración propia



Detalle Plan Semanal		
Descripción	Cumplimiento	Causas
▶ PINTURA: SEGUNDA MANO (TECHOS, BAÑOS, COCINA, LAVANDERÍA)	SI	
PINTURA DE MARCOS DE PUERTAS Y PUERTAS PRINCIPALES	SI	
PAPEL MURAL (INSTALACIÓN)	SI	
PAPEL MURAL (INST. DE MOLDURA, PERFILES, ACABADO Y ENTREGA A...	SI	
PISO LAMINADO (INSTALACIÓN)	SI	
INSTALACIÓN DE CONTRAZÓCALO DE MADERA Y TAPAJUNTAS	NO	LOG
VIDRIOS Y ALUMINIO (SELLADO INTERIOR Y EXTERIOR, LIMPIEZA Y ENT...	SI	
PINTURA (ACABADO Y ENTREGA A OBRA)	SI	
LIMPIEZA EN LA ETAPA DE ACABADOS (LIMPIEZA FINA)	NO	SUP/CLI
ENTREGA DE LOS DEPARTAMENTOS	NO	SUP/CLI

Figura N°43: Ventana de plan semanal

Fuente: Elaboración propia

Luego de subir la información al programa, este se conecta al software *Power BI*, donde se desplegará la información previamente programada. El usuario solo visualizará el *dashboard* final y podrá filtrar la información según el proyecto y semana.

### 6.2.2.2. Resultados y beneficios

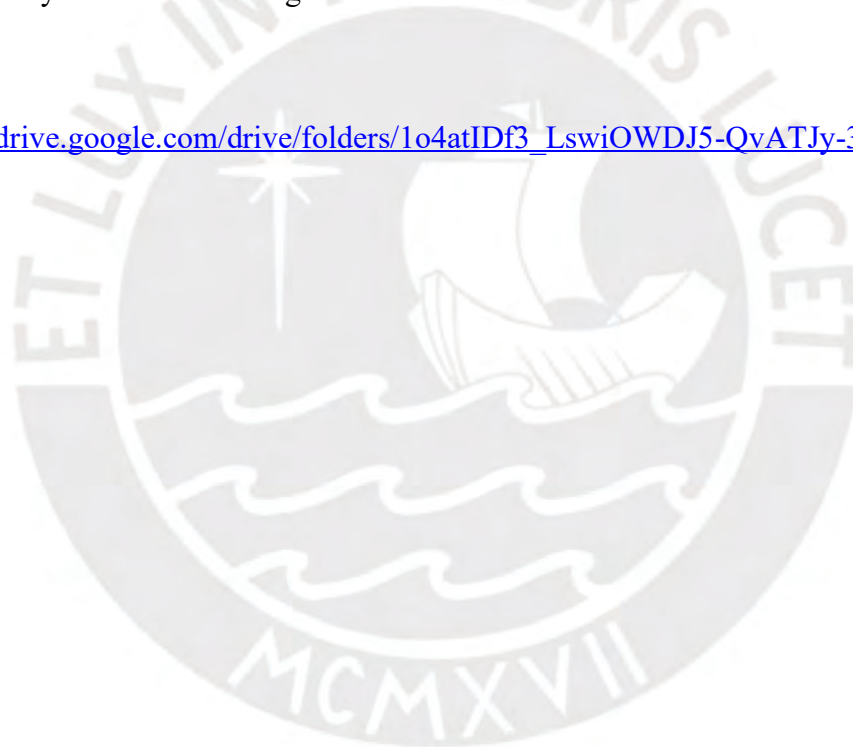
El *dashboard* final contiene el PPC semanal, una gráfica del PPC de todas las semanas acumuladas, el plan maestro, plan semanal, causas de no cumplimiento y el PCR, este último

es calculado como la cantidad de restricciones liberadas entre la cantidad de restricciones planificadas por liberar en la semana.

Uno de los beneficios del programa es que es intuitivo y fácil de utilizar, además proporciona una interfaz ordenada que permite visualizar el seguimiento de los proyectos. Asimismo, el *dashboard* muestra la información resumida del proyecto y al conectarse con el programa no es necesario saber utilizar *Power BI* más que en un nivel básico.

Al contar con la información resumida, esta puede ser compartida colaborativamente entre los involucrados y le permite a la gerencia observar el seguimiento del proyecto con mayor facilidad y cercanía. En el siguiente link se muestra un video acerca de cómo funciona el programa:

[https://drive.google.com/drive/folders/1o4atIDf3\\_LswiOWDJ5-QvATJy-3xjMgV](https://drive.google.com/drive/folders/1o4atIDf3_LswiOWDJ5-QvATJy-3xjMgV)



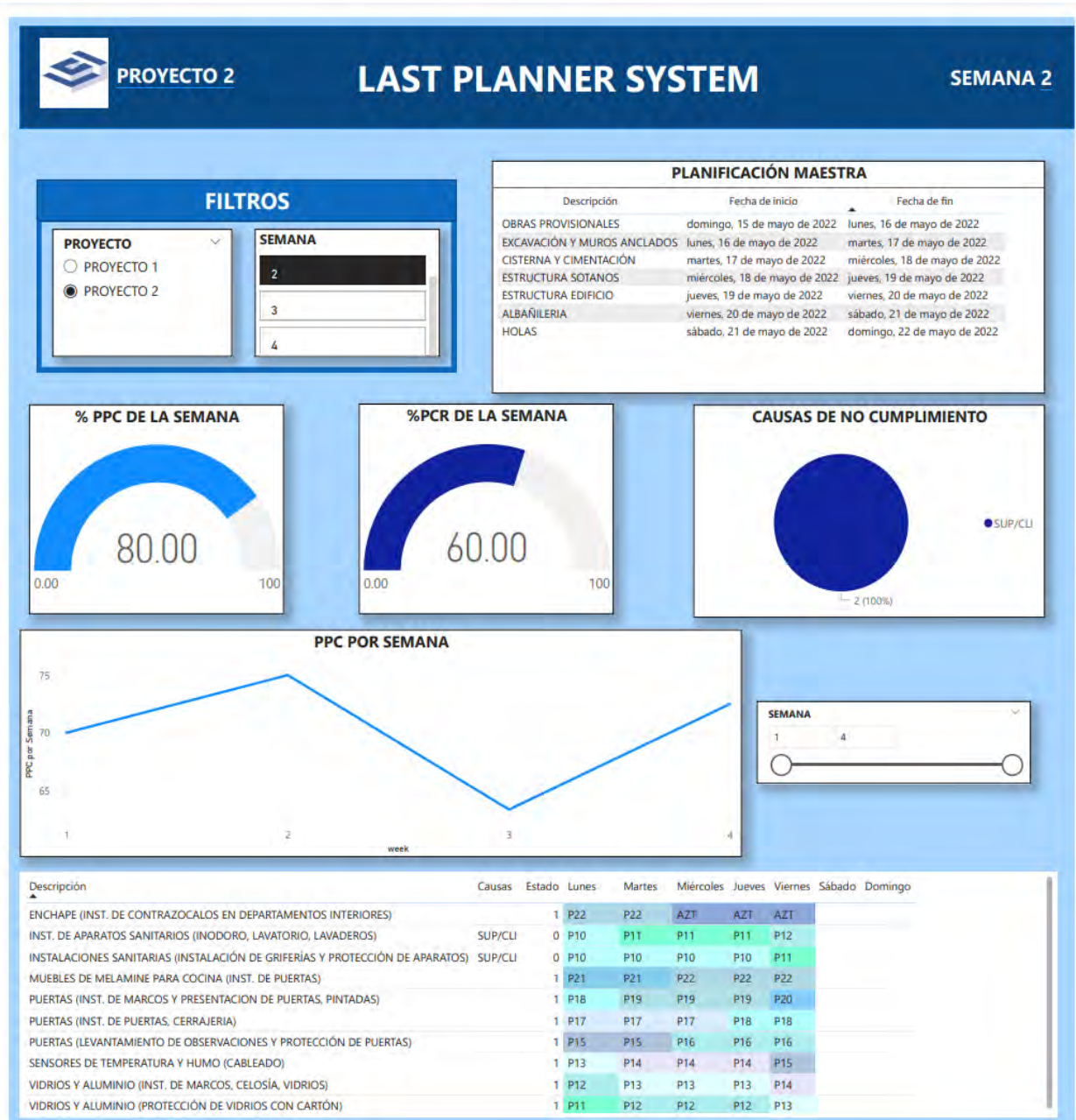


Figura N°44: Dashboard obtenido de Power BI

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

En conclusión, se cumplió con el objetivo general de la tesis, puesto que la propuesta del plan de implementación del LPS en proyectos de edificación describe detalladamente las etapas a seguir para su aplicación en empresas que poseen más de un proyecto. Asimismo, se logra integrar el LPS con herramientas digitales, puesto que el programa creado con *.NET* y *Power BI* facilita la gestión y el seguimiento de la implementación.

Se cumplió con el primer objetivo específico, pues se pudo identificar los factores más relevantes para la implementación del LPS en proyectos de edificación. Se destaca el apoyo y compromiso de los altos mandos, ya que de ellos depende un presupuesto, además que su contribución mantendrá al personal motivado y dará mayor seriedad en la implementación. Asimismo, se destaca el aprendizaje correcto del LPS, según las entrevistas, hoy en día no se aplica correctamente todas las partes del LPS y muchos ingenieros tienen la idea errónea que el sistema solo es un excel o entrega de un informe, cuando en realidad se trata de trabajo colaborativo y compromisos.

Con respecto al segundo objetivo específico, se logró identificar cómo es la aplicación del LPS en dos casos de estudio de edificios multifamiliares en la ciudad de Lima. Ambas empresas son reconocidas en el sector construcción y el análisis de estas brindó una visión real de la brecha que existe entre la teoría del LPS y como se aplica en obra. Es importante identificar que en Perú no todas las empresas aplican correctamente el LPS, pese a que es una herramienta estructurada, no se utilizan todas sus partes. Por ejemplo, en los casos de estudio no se aplicó el plan diario al menos para la fase de acabados, ya que en esa etapa se trabaja con

varias subcontratas que no cumplían con el trabajo en el tiempo estimado y el plan diario otorgaba una ventana de tiempo muy pequeña. Además, se destaca que la falta de estandarización en el caso 1 ocasionó que la implementación sea de forma irregular y que algunos proyectos no tengan las mismas oportunidades.

Con respecto al tercer objetivo específico, el software obtenido organiza y almacena datos que brindan una mejor visión para realizar el seguimiento de la implementación. Esto permite a la gerencia tomar decisiones y prestar atención si es que hay algún resultado negativo. Además, el programa es fácil de utilizar, pues basta con una explicación breve o video tutorial para que el personal esté capacitado para su uso.

### **Recomendaciones**

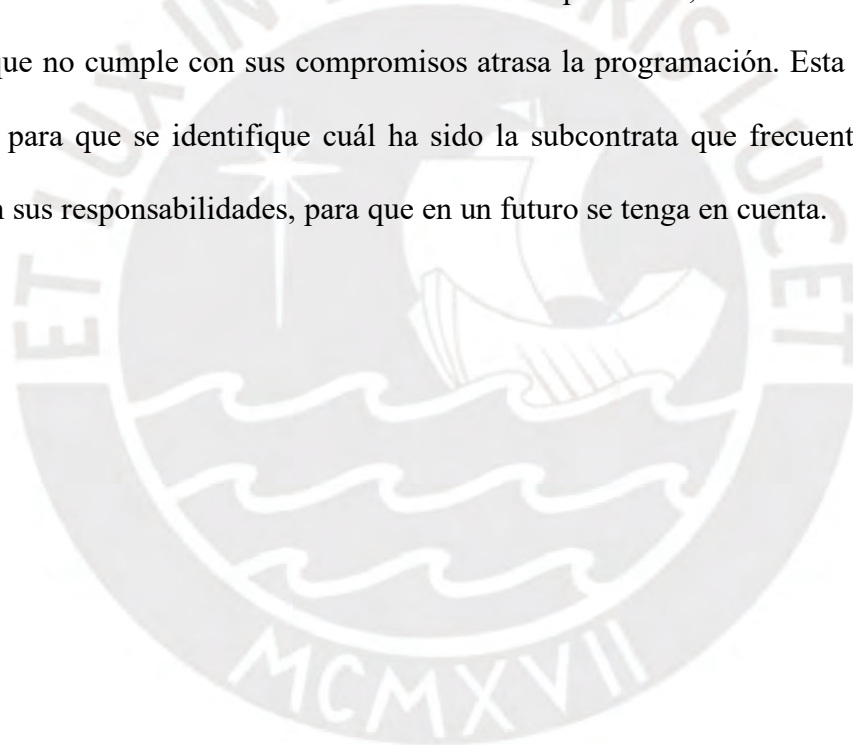
Se recomienda realizar un correcto diagnóstico antes de iniciar con la implementación, esto incluye la identificación de la cultura organizacional de la empresa. Este diagnóstico se realiza con el fin de implementar estrategias de trabajo y reconocer al personal clave de esta implementación.

Es importante iniciar la implementación con un equipo capacitado, que guíe el proceso y trabaje en conjunto con el personal de casa. Si bien es cierto, el personal de casa aún no está capacitado sobre la herramienta, este sabe cómo es que funciona la empresa y cual es el tiempo que se demora en cada proceso constructivo. Además, el personal de casa sabe negociar con los maestros de obra y capataces. En algunas ocasiones los obreros ven a consultores o a personal externo como una especie de “supervisor” y no como una persona que busca la mejora

continua, es por ello que es importante cambiar esa idea e integrar al nuevo equipo como parte del proyecto.

Se recomienda que se asigne un área en la empresa que realice el seguimiento de que se cumpla con la implementación, esta área se debe mantener incluso después de que el personal de casa aprenda como utilizar correctamente el LPS.

Se recomienda profundizar y agregar mayores funciones al software para que esté otorgue mejores beneficios. Una posible mejora podría ser agregar una función que identifique en las causas de no cumplimiento los responsables cuando se trabaje con subcontratas. Si bien es cierto uno de los lineamientos del LPS es no buscar responsables, cuando se trabaja con una subcontrata que no cumple con sus compromisos atrasa la programación. Esta configuración podría servir para que se identifique cuál ha sido la subcontrata que frecuentemente no ha cumplido con sus responsabilidades, para que en un futuro se tenga en cuenta.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aisyah, R. A., Gunawan, K., & Gazali, A. (2023). *Lean Construction Through Waste Register Method: A Case Studies Project in Indonesia. Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1303–1313. <https://doi.org/10.24928/2023/0204>
- Al Heet, M., da Alves, T., & Lakrori, N. (2020). Investigation of the use of lean construction practices in transportation construction projects. *IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020*, 541–552. <https://doi.org/10.24928/2020/0121>
- Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2005). *Assessing the impacts of implementing Lean Construction*. 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 387-393. <https://www.iglc.net/Papers/Details/384>
- Alsehaimi, A., Tzortzopoulos, P., & Koskela, L. (n.d.). *Last Planner System: experiences from pilot implementation in The Middle East*.
- Arias-Gonzales, J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. <https://www.researchgate.net/publication/352157132>
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*.
- Br Riccer Salvatierra, A., Madaleine Br Solórzano Esparza, (n.d.). *Modelo de gestión integrando nuevas tecnologías de información para gestionar eficientemente el proyecto: "Condominio Residencial Sol de Villa" - Trujillo – Perú (Tesis para optar el título de ingeniero civil)*

Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). (2019). *Informe Económico de la Construcción N° 27*.

Cauas, D. (n.d.). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*.

Contraloría General de la República. (2023). *Informe de Obras Paralizadas en el Territorio Nacional a junio 2023* (N° 006-2023-CG/SESNC). Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control.

Chuquín, F., Chuquín, C., & Saire, R. (2021). Lean design in hydraulic infrastructure - river defenses and dikes - A case study from Peru. *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, 585–594. <https://doi.org/10.24928/2021/0130>

Daou, E., Gharzouzi, P., Sreih, E., & Hamzeh, F. (2015). *Instantask: A Visual Application for Enabling Agile Planning Response*. [www.iglc.net](http://www.iglc.net)

D'Alessio F. (2008) “El proceso estartegico: Un enfoque de gerencia” <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DE%20LIBROS%20ELECTRONICOS/LE-2334/LE-2334.pdf>

Diaz, M. (2022). Challenges and importance of human beings within The *Last Planner System* in Colombia: A Case Study. *30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2022*, 271–282. <https://doi.org/10.24928/2022/0129>

Erazo-Rondinel, A. A., Vila-Comun, A., & Alva, A. (2020). Application of the Last Planner® System in a sports infrastructure project in Peru. *IGLC 28 - 28th Annual Conference of*

*the International Group for Lean Construction 2020*, 529–540.  
<https://doi.org/10.24928/2020/0091>

Ghio, V.(2001). *Productividad en obras de Construcción*. Fondo editorial de la PUCP.

Gómez-Cabrera, A., Salazar, L. A., Ponz-Tienda, J. L., & Alarcón, L. F. (2020). Lean tools proposal to mitigate delays and cost overruns in construction projects. *IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020*, 769–781.  
<https://doi.org/10.24928/2020/0049>

Hamzeh, F. R. (2011.). *The Lean journey: implementing the Last Planner System in construction*.

Heo, C. Y., Kim, B., Park, K., & Back, R. M. (2022). A comparison of Best-Worst scaling and Likert scale methods on peer-to-peer accommodation attributes. *Journal of Business Research*, 148, 368-377. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.064>

Howell, G. A. (1990). *What is Lean Construction-1999*

Huaman-Orosco, C., & Erazo-Rondinel, A. A. (2021). An exploratory study of the main barriers to *Lean Construction* implementation in Peru. *IGLC 2021 - 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, 474–483.  
<https://doi.org/10.24928/2021/0173>

Kotter, J. P., Líder, E. L., & Cambio, D. (1997). *El Líder del Cambio*.

*Lean Construction* Institute (s.f.). *Lean Construction*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/lean-construction/>

Lean Construction Institute (s.f.). *Last Planner System*. <https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>

Lean Construction Institute (2007). *Last-Planner-System-Workbook*.

Luis Ponz-Tienda, J., Pellicer, E., Alarcon, L. F., & Rojas-Quintero, J. S. (2015). *Integrating Task Fragmentation and Earned Value Method into the Last Planner System using Spreadsheets*. <https://www.researchgate.net/publication/279854081>

Microsoft. (2023, mayo 17). *Descripción general de Power BI*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

Microsoft. (2024.). *Introducción a .NET Framework*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/framework/get-started/>

Ministerio de Economía y Finanzas (2020). Plan de Implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú.

Ministerio de Economía y Finanzas (2021). Plan de Implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú.

Murguía, D. (2019). Factors influencing the use of *Last Planner System* methods: An empirical study in Peru. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019*, 1457–1468. <https://doi.org/10.24928/2019/0224>

Murguía, D., Brioso, X., & Pimentel, A. (2016). *Applying Lean techniques to improve performance in the finishing phase of a residential building*. En *Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.

Niño, V. (2011). Metodología de la investigación (1ra edición ed.). Bogotá: Ediciones de la U.

Orihuela, P. (2011). *Lean Construction Peru*.  
[http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean\\_Construction\\_Peru.pdf](http://www.motiva.com.pe/articulos/Lean_Construction_Peru.pdf)

Orihuela, P., Ulloa, K.(2011) La planificación de las obras y el Sistema Last Planner.  
*Construcción Integral*. 9-12. [www.acerosarequipa.com/construccion](http://www.acerosarequipa.com/construccion)

Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J., & García-Cueto, E. (2014). Evidencias sobre la Validez de Contenido: Avances Teóricos y Métodos para su Estimación [Content Validity Evidences: Theoretical Advances and Estimation Methods]. *Acción Psicológica*, 10(2), 3. <https://doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>

Pons, J., Rubio, I. (2019). *Lean Construction* y la planificación colaborativa: Metodología del *Last Planner System*.

Sawhney, A., Riley, M., Irizarry, J., & Riley, M. (2020). Construction 4.0.

Sousa, V., Driessnack, M., y Costa, I. (2007). Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería parte 1: Diseños de investigación cuantitativa. *Revista Latinoamericana Enfermagem*, 15(3).

Tsao, C. C. Y., Tommelein, I. D., Swanlund, E. S., & Howell, G. A. (2004). Work Structuring to Achieve Integrated Product–Process Design. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(6), 780–789. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2004\)130:6\(780\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2004)130:6(780))

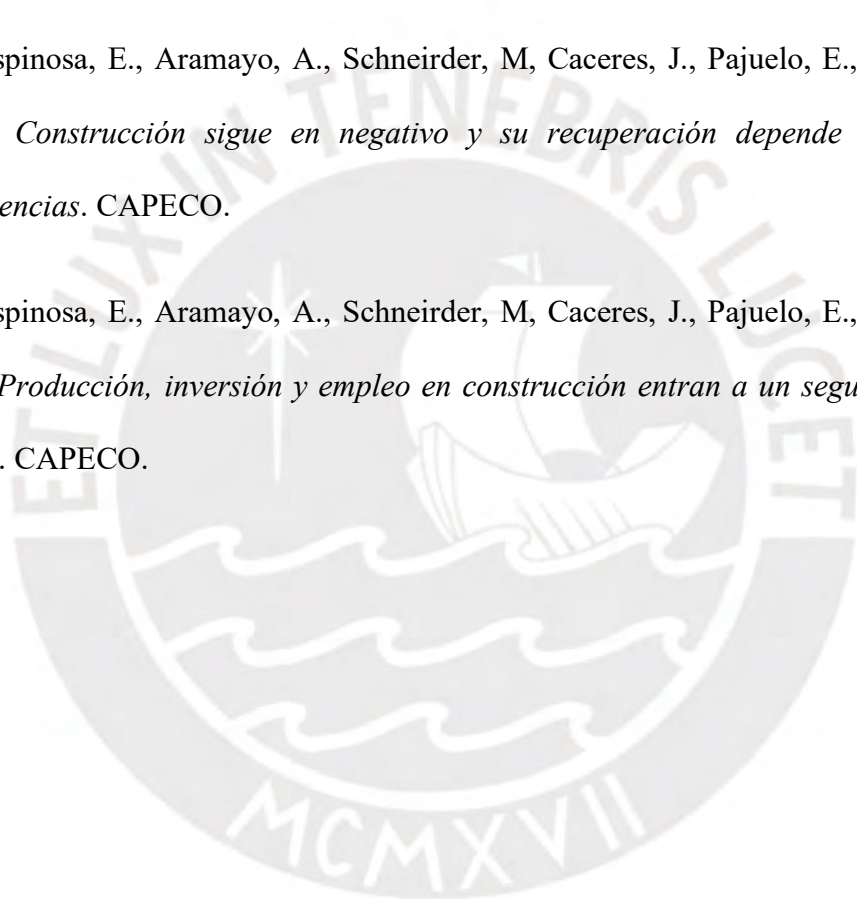
Verán-Leigh, D., & Brioso, X. (2021). Implementation of *Lean Construction* as a solution for the covid-19 impacts in residential construction projects in Lima, Peru. *IGLC 2021 - 29th*

*Annual Conference of the International Group for Lean Construction - Lean Construction in Crisis Times: Responding to the Post-Pandemic AEC Industry Challenges*, 923–932. <https://doi.org/10.24928/2021/0215>

Yin, Robert (2014). *Case Study Research Design and Methods* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. 282 pages. *The Canadian Journal of Program Evaluation*. 30. 10.3138/cjpe.30.1.108.

Zapata, J., Espinosa, E., Aramayo, A., Schneirder, M, Caceres, J., Pajuelo, E., y Souza, P . (2023). *Construcción sigue en negativo y su recuperación depende de gestionar contingencias*. CAPECO.

Zapata, J., Espinosa, E., Aramayo, A., Schneirder, M, Caceres, J., Pajuelo, E., y Souza, P . (2023). *Producción, inversión y empleo en construcción entran a un segundo semestre críticos*. CAPECO.



## ANEXO A

### FORMATO DE PREGUNTAS PARA LA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER

PREGUNTA 1: ¿Está de acuerdo con los pasos mostrados para la implementación del LPS en edificaciones en la ciudad de Lima? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Diagnóstico y preparación					
Capacitación y planificación de la prueba piloto					
Prueba piloto					
Escalamiento y optimización					
Evaluación y mejora continua					

PREGUNTA 2: ¿Está de acuerdo en que es necesario realizar un diagnóstico de la empresa previo a la implementación? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Diagnóstico de la empresa previo a la implementación					

PREGUNTA 3: ¿Está de acuerdo en que los aspectos mostrados se deben tomar en cuenta para realizar un diagnóstico de la empresa? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Personal (personas influyentes, personas con poder, rango de edades)					
Nivel de madurez de herramientas Lean Construction					
Método de planificación actual					
Metodología de trabajo actual					
Nivel de colaboración y comunicación entre los diferentes equipos.					
Nivel de detalle y precisión en la planificación actual.					
Disponibilidad y asignación de recursos humanos, materiales y equipos.					
Relación y coordinación con contratistas y subcontratistas					
Nivel de conocimiento del personal en el Last Planner System.					
Herramientas tecnológicas utilizadas para la gestión de proyectos					

PREGUNTA 4: ¿Está de acuerdo en que previo a la implementación la empresa debe definir los siguientes factores? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Objetivos a largo, mediano y corto plazo vinculados al LPS					
Identificar personas clave en el proceso					
Determinación de los recursos necesarios					
Establecer metas específicas y medibles					

PREGUNTA 5: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre capacitar al personal sobre LPS.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
En un inicio, es preferible elegir a las personas claves a capacitar, no es necesario que todo el personal este capacitado					
No es necesario que los capataces y obreros tengan una capacitación completa sobre el LPS, se delimitará la capacitación de acuerdo al papel que tienen en obra					
Es fundamental que la capacitación cubra a todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta los equipos de campo, para asegurar una implementación uniforme					
La capacitación debe incluir tanto teoría como práctica para que los empleados puedan aplicar los conceptos del Last Planner System en situaciones reales.					
Para capacitar al staff de obra se puede recurrir a personal externo capacitado en LPS con experiencia					
Los mismos ingenieros de casa, luego de recibir su capacitación pueden capacitar a los capataces y obreros					
La capacitación debe ser personalizada y adaptada a los diferentes roles dentro de la organización, enfocándose en las responsabilidades específicas de cada grupo.					
Es importante que se evalúe la efectividad de la capacitación mediante pruebas, encuestas de satisfacción, y seguimiento del desempeño en el uso del Last Planner System.					
Una capacitación ideal dura alrededor de un mes					
Para capacitarse sobre el LPS solo se requiere pocos días, por lo que es un sistema fácil de entender					

PREGUNTA 6: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la planificación de la prueba piloto.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El proyecto piloto elegido para la implementación del Last Planner System debe ser representativo de los desafíos típicos que enfrentamos en nuestros proyectos de construcción.					
El proyecto piloto debe ser uno pequeño para que sea fácil de controlar en todos los aspectos					
Es crucial elegir un proyecto con un equipo dispuesto a adoptar nuevas metodologías y abierto a colaborar en la experimentación con el LPS					
El proyecto piloto debe tener objetivos claros y medibles, como mejorar la fiabilidad de la planificación semanal (PPC) y reducir los tiempos de espera y desperdicios.					
La prueba piloto del LPS debe centrarse en solo algunas etapas del proyecto, en lugar de abarcar todo el ciclo de vida del mismo, para facilitar una evaluación más controlada y manejable.					
La prueba piloto debe durar desde que inicia hasta que termina el proyecto					
Es esencial contar con el apoyo continuo de expertos en LPS durante el piloto para resolver dudas y ajustar las prácticas según sea necesario.					
El progreso del piloto debe ser monitoreado de manera continua, con la recopilación de datos clave como la PPC, causas de incumplimientos, y niveles de colaboración entre los equipos.					
Al final del piloto, debe realizarse una evaluación detallada para identificar los éxitos, desafíos, y lecciones aprendidas, que informarán futuras implementaciones del LPS.					
La experiencia del piloto debería ser documentada y utilizada como base para desarrollar estándares y procedimientos organizacionales para la implementación del LPS a mayor escala.					

PREGUNTA 7: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la prueba piloto.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Se deberá implementar todas las partes del LPS (Plan maestro, Plan de fases, Lookahead, análisis de restricciones, plan semanal, plan diario, PPC y CNC) durante todo el proyecto					
La implementación del LPS debería ser gradual, comenzando con los elementos más críticos, como el plan semanal y el análisis de restricciones, y luego integrando los demás componentes conforme el equipo se familiariza con la metodología					
Implementar el LPS en un proyecto que ya ha comenzado puede ser menos efectivo debido a la dificultad de integrar nuevas metodologías en procesos ya establecidos.					
Los datos recolectados durante la ejecución del piloto deben ser analizados y utilizados para ajustar las estrategias y mejorar la implementación del LPS en tiempo real					
Las lecciones aprendidas durante la ejecución del piloto deben ser compartidas con otros equipos y niveles de la organización para fomentar la mejora continua.					

PREGUNTA 8: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la transición y escalamiento de la prueba piloto

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Antes de escalar el LPS a nivel completo, puede ser útil realizar pruebas piloto adicionales en diferentes tipos de proyectos, asegurando que el sistema sea robusto y adaptable a diversas situaciones.					
Una prueba piloto es suficiente para empezar aplicar el LPS en el resto de los proyectos					
La documentación y el análisis de los resultados del piloto son fundamentales para establecer un manual de mejores prácticas que guíe el escalamiento del LPS en otros proyectos					
La transición del piloto a una implementación completa del LPS debe incluir la formación y el apoyo continuo del equipo para asegurar que las buenas prácticas establecidas durante el piloto se mantengan y se adapten a otros contextos.					

PREGUNTA 9: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre las partes de la planificación del LPS

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Plan maestro					
Plan de fases					
Lookahead					
Análisis de restricciones					
Plan semanal					
Plan diario					
PPC					
CNC					

PREGUNTA 10: Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la evaluación y mejora

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La evaluación y mejora es un proceso que se va repetir luego de cada proyecto, pese a que ya se tenga años aplicando el LPS, siempre existen oportunidades de mejora.					
Es fundamental realizar una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos durante la implementación del LPS, comparando el desempeño del proyecto con los objetivos establecidos inicialmente.					
Para identificar la causa raíz de cada CNC se puede utilizar la herramienta de los "5 por qué"					
Las lecciones aprendidas durante la implementación del LPS deben ser documentadas y compartidas con todos los equipos de la organización para fomentar una cultura de mejora continua.					
La retroalimentación del equipo es esencial para entender las dificultades encontradas durante la implementación del LPS y para identificar oportunidades de mejora.					
Se deben realizar reuniones quincenales con el staff de obra para obtener un feedback de la implementación					
Comparar los resultados del proyecto con LPS con aquellos de proyectos anteriores que no utilizaron el sistema puede proporcionar una visión clara de los beneficios y áreas de mejora.					

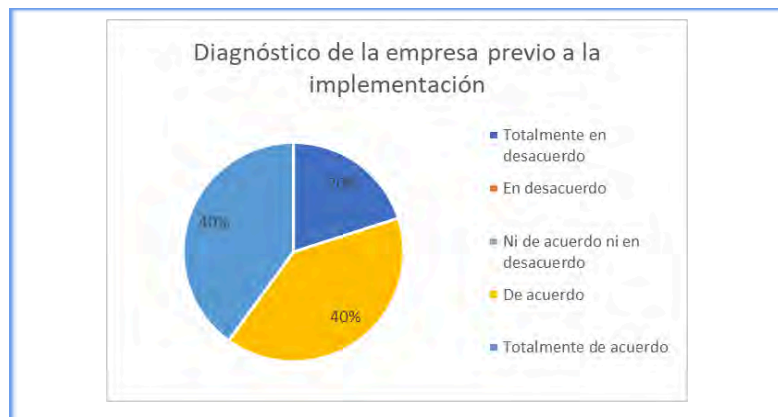
## ANEXO B

### RESPUESTAS DE LA ENCUESTA PARA LA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER

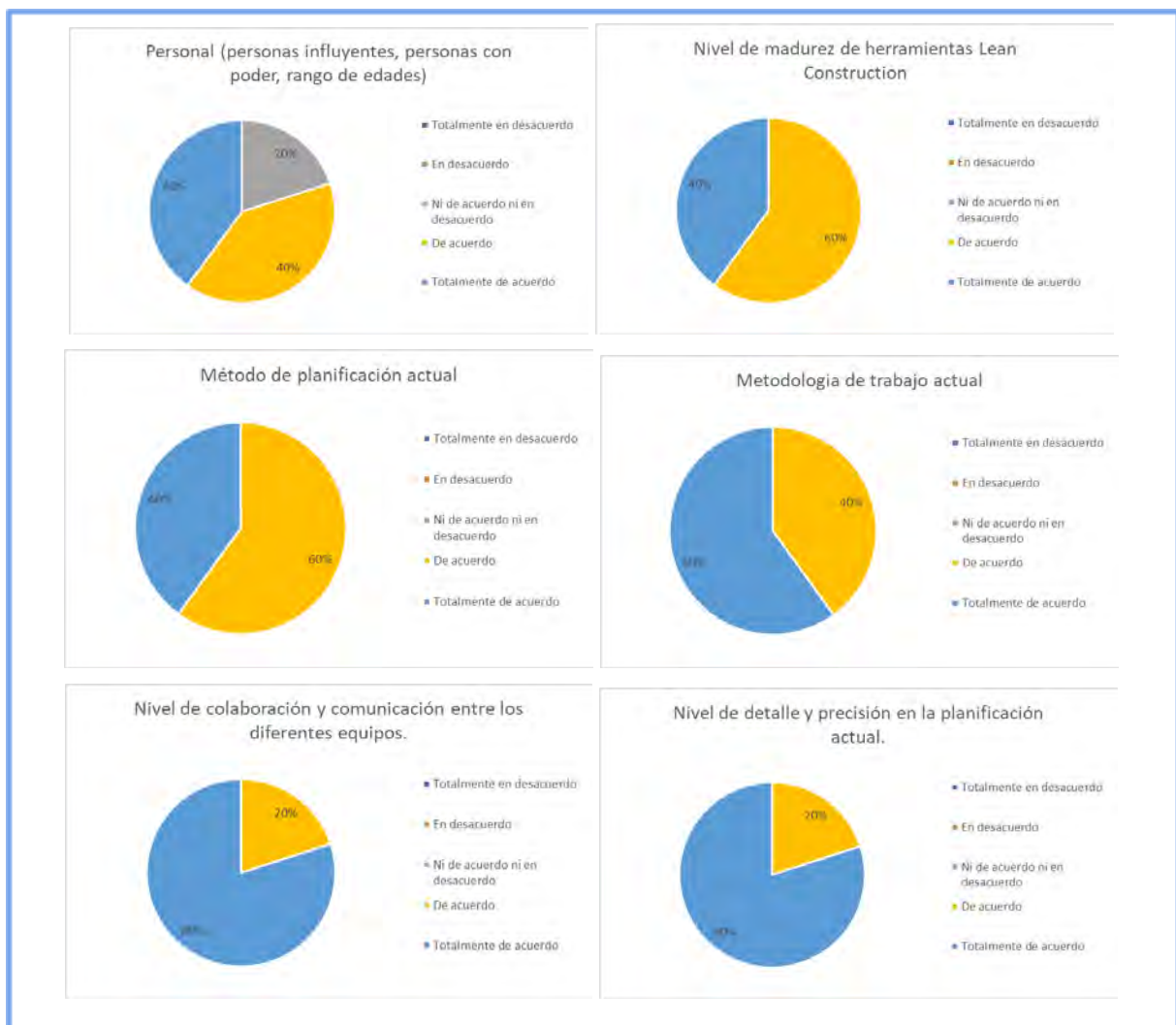
**PREGUNTA 1:** ¿Está de acuerdo con los pasos mostrados para la implementación del LPS en edificaciones en la ciudad de Lima? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

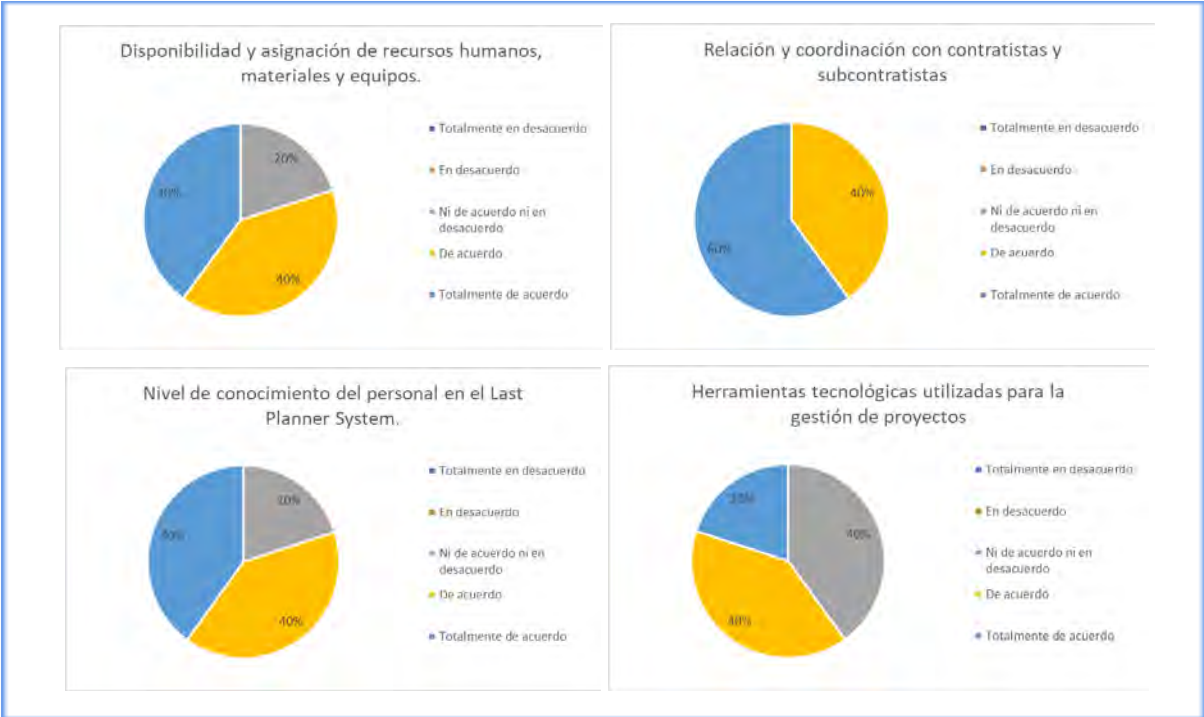


**PREGUNTA 2:** ¿Está de acuerdo en que es necesario realizar un diagnóstico de la empresa previo a la implementación? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.



**PREGUNTA 3:** ¿Está de acuerdo en que los aspectos mostrados se deben tomar en cuenta para realizar un diagnóstico de la empresa? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.

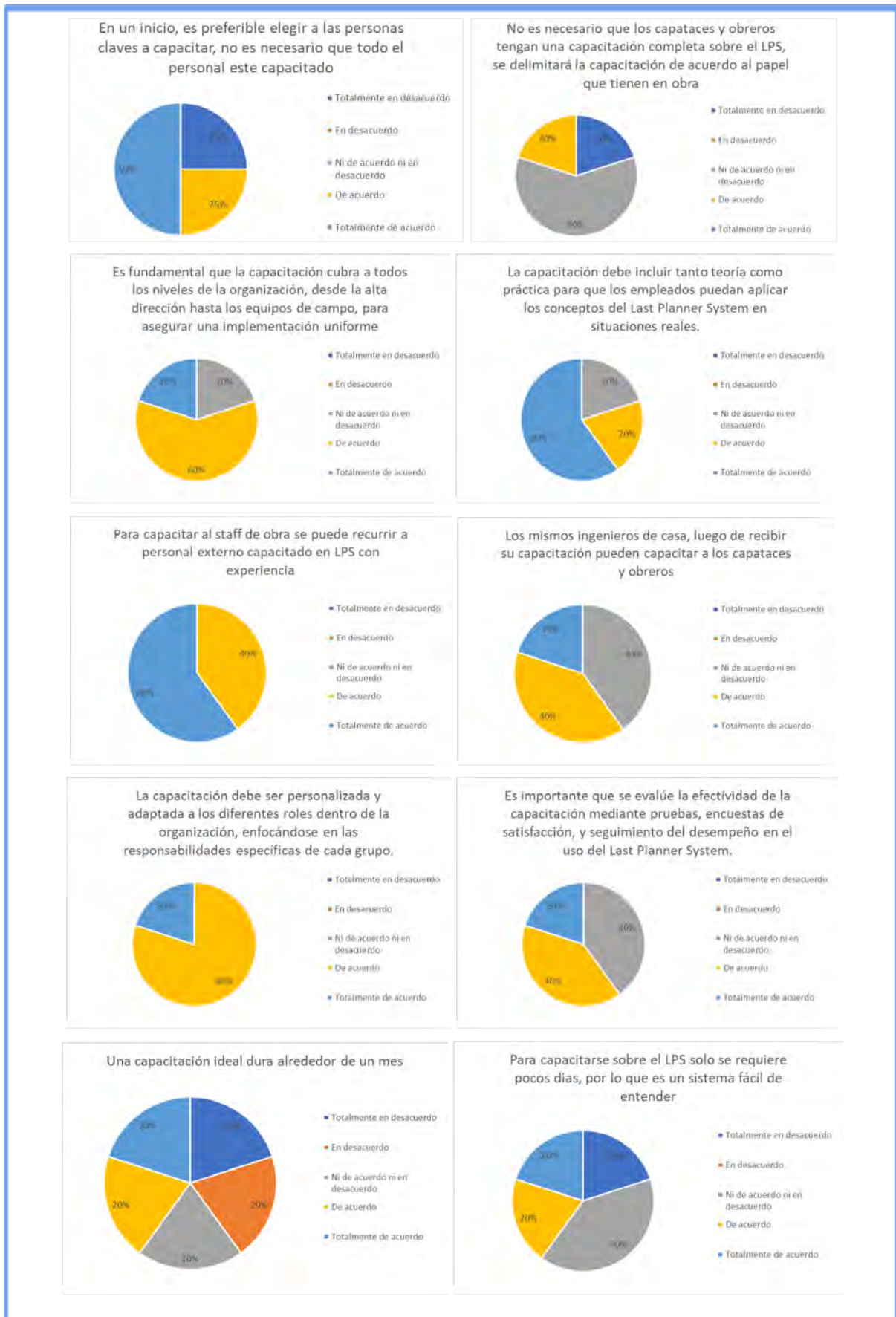




**PREGUNTA 4:** ¿Está de acuerdo en que previo a la implementación la empresa debe definir los siguientes factores? Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert.



**PREGUNTA 5:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre capacitar al personal sobre LPS.



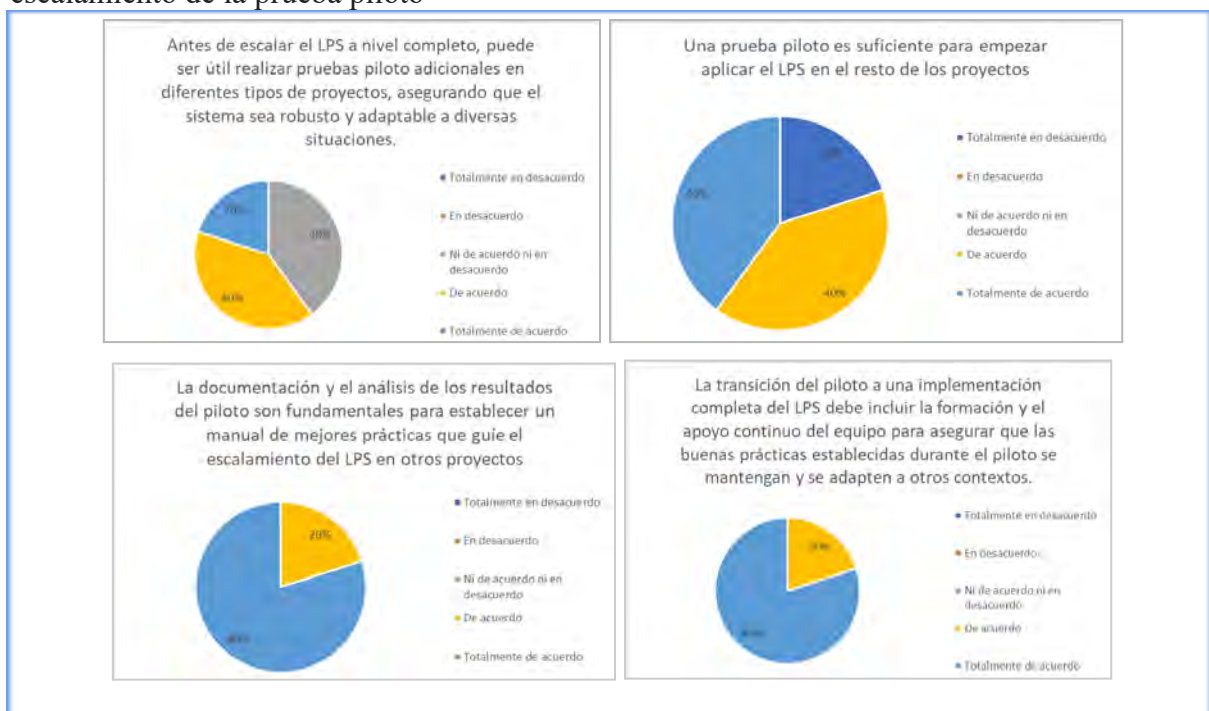
**PREGUNTA 6:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la planificación de la prueba piloto.



**PREGUNTA 7:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la prueba piloto.



**PREGUNTA 8:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la transición y escalamiento de la prueba piloto



**PREGUNTA 9:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre las partes de la planificación del LPS



**PREGUNTA 10:** Indique su acuerdo a través de la Escala de Likert sobre la evaluación y mejora

