



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Aplicación de la producción ajustada en la construcción de una vivienda multifamiliar en el distrito de Villa María Del Triunfo

### **TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

### **AUTORES**

Torres Pinedo, Roberto Sebastian  
ORCID: 0009-0007-9231-6385

Cañazaca Perez, Luis Franco  
ORCID: 0000-0002-9469-882X

### **ASESOR**

Fernández Reynaga, Rodolfo  
ORCID: 0000-0002-6020-1766

**Lima, Perú**

**2024**

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### **Datos de los autores**

Torres Pinedo, Roberto Sebastian

DNI: 74710598

Cañazaca Perez, Luis Franco

DNI: 76323876

### **Datos de asesor**

Fernández Reynaga, Rodolfo

DNI: 09371579

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Vargas Chang, Esther Joni

DNI: 07907361

ORCID: 0000-0003-3500-2527

JURADO 3

Davila Fernandez, Susana Irene

DNI: 09147106

ORCID: 0000-0002-6949-1317

JURADO 4

Carbajal Olortigue, Luis Alberto

DNI: 09160106

ORCID: 0000-0001-5928-3971

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 73201

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Luis Franco Cañazaca Perez, con código de estudiante N° 201610310, con DNI N° 76323876, con domicilio en Sector 3, Grupo 13, Mz G, Lt 6, distrito Villa El Salvador, provincia y departamento de Lima, y Roberto Sebastian Torres Pinedo, con código de estudiante N° 201610303, con DNI N° 74710598, con domicilio en Av. Progreso 151, distrito Villa María Del Triunfo, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Aplicación de la producción ajustada en la construcción de una vivienda multifamiliar en el distrito de Villa María Del Triunfo” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Rodolfo Fernández Reynaga, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 25% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 11 de febrero de 2024



---

Luis Franco Cañazaca Perez  
DNI N° 76323876



---

Roberto Sebastian Torres Pinedo  
DNI N° 74710598

## INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN

Aplicación de la producción ajustada en la construcción de una vivienda multifamiliar en el distrito de Villa María Del Triunfo

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>25%</b>	<b>24%</b>	<b>4%</b>	<b>11%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.upeu.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>www.4econstruccion.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi hermano, que juntos hemos pasado gratos momentos. Y, a mis familiares y amigos en general, por compartir los buenos y malos momentos.

Cañazaca Perez, Luis Franco.

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados y para aquellos que han ayudado con sus conocimientos y experiencia para el aporte del presente trabajo.

Torres Pinedo, Roberto Sebastia

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo es un logro que nos representa como estudiantes en toda nuestra trayectoria de estudio en nuestra alma mater.

El mayor agradecimiento a nuestros padres por tanto esfuerzo y sacrificio, gracias por darnos todo de ustedes. Hoy, que esta etapa de nuestras vidas está siendo concluida, siento el mayor orgullo de ser su hijo.

A todos nuestros amigos, por tantas horas estudiando sin parar, por todo el apoyo en los cursos, por tantos consejos.

Y, por último, a todos los docentes por enseñarnos lo necesario para enfrentarse a los retos de la ingeniería y de la vida

Cañazaca Perez, Luis Franco  
Torres Pinedo, Roberto Sebastian

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General .....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Delimitación de la investigación .....	3
1.4.1. Geográfica .....	3
1.4.2. Temporal .....	3
1.4.3. Temática .....	3
1.4.4. Muestral.....	4
1.5. Importancia y justificación del estudio.....	4
1.5.1. Conveniencia .....	4
1.5.2. Relevancia Social .....	4
1.5.3. Implicancia Práctica .....	4
1.5.4. Utilidad metodológica .....	4
1.5.5. Valor teórico.....	4
1.6. Importancia del estudio.....	5
1.6.1. Nuevos conocimientos .....	5

1.6.2. Aporte .....	5
1.7. Limitaciones del estudio .....	5
1.7.1. Obstáculos y desafíos de la investigación .....	5
1.7.2. Obstáculos y desafíos de recolección de datos.....	5
1.8. Alcance .....	5
1.9. Viabilidad .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Marco Histórico .....	7
2.2. Investigaciones Relacionadas con el Tema .....	8
2.2.1. Investigaciones Internacionales.....	8
2.2.2. Investigaciones Nacionales .....	10
2.3. Estructura Teórica y Científica que Sustenta el Estudio .....	12
2.3.1. Origen y definición de LPS .....	12
2.3.2. Planificación tradicional.....	14
2.3.3. Planificación con last planner.....	15
2.4. Definición de Términos Básicos.....	19
2.4.1. Producción ajustada (Lean Construction) .....	19
2.4.2. Last Planner System .....	20
2.4.3. Sistema Pull.....	20
2.4.4. Porcentaje de plan cumplido (PPC).....	21
2.4.5. Teoría de restricciones (TOC).....	21
2.4.6. Sectorización y trenes de trabajo.....	21
2.4.7. Carta balance .....	21
2.5. Fundamentos Teóricos que Sustentan las Hipótesis .....	21
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>23</b>
3.1. Hipótesis .....	23
3.1.1. Hipótesis General .....	23
3.1.2. Hipótesis Específicas.....	23
3.2. Sistema de Variables.....	23
3.2.1. Definición Conceptual de las variables .....	23
3.2.2. Operacionalización de las Variables .....	23
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>25</b>
4.1. Tipo y nivel.....	25
4.2. Diseño de investigación.....	25



4.3. Población y Muestra del estudio.....	25
4.3.1. Población.....	25
4.3.2. Muestra.....	25
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos.....	25
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	26
4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos.....	26
4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	26
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
5.1. Presentación del proyecto.....	28
5.1.1. Descripción del proyecto.....	28
5.1.2. Ubicación del proyecto.....	28
5.1.3. Objetivos del proyecto.....	30
5.1.4. Alcance del proyecto .....	30
5.1.5. Estructura y acabados .....	30
5.1.6. Restricciones de la obra en estudio .....	31
5.1.7. Determinación de entregables de la obra en estudio .....	31
5.2. Descripción de los procesos constructivos en obra .....	31
5.2.1. Encofrado y desencofrado .....	31
5.2.2. Fabricación de viguetas prefabricadas .....	33
5.2.2.1. Aspectos técnicos .....	33
5.2.2.2. Proceso constructivo.....	33
5.2.3. Almacenamiento de encofrado de aligerado .....	35
5.2.4. Apuntalamiento e instalación de viguetas prefabricadas .....	36
5.2.5. Vaciado de concreto en losa con viguetas prefabricadas .....	38
5.3. Implementación de la producción ajustada en una vivienda multifamiliar .....	38
5.3.1. Elaboración de la planificación maestra (Master planning) y planificación por fases (Pull planning).....	38
5.3.1.1. Análisis de stakeholders o partes interesadas .....	38
5.3.1.2. Definición de la estructura de desglose del trabajo (WBS).....	40
5.3.1.3. Definición de la estructura de organización del proyecto (OBS).....	45
5.3.1.4. Sectorización .....	47
5.3.1.5. Plan de hitos principales (Milestone planning) .....	52

5.3.1.6. Planificación por fases .....	53
5.3.1.7. Planificación pull .....	54
5.3.1.8. Tren de actividades .....	55
5.3.2. Elaboración de la planificación intermedia (Lookahead Planning) .....	55
5.3.2.1. Gestión de las restricciones .....	55
5.3.2.2. Análisis de las restricciones .....	56
5.3.3. Plan a corto plazo .....	58
5.3.3.1. Carta balance .....	60
5.3.3.2. Porcentaje del plan completado (PPC) .....	65
5.3.3.3. Causas de no cumplimiento (CNC) .....	67
5.3.3.4. Bases para las reuniones semanales .....	72
5.3.4. Análisis estadístico de resultados para la implementación de la producción ajustada .....	73
5.4. Contrastación de hipótesis .....	74
5.4.1. Demostrar cómo la sectorización y trenes de trabajo mejoran el proceso constructivo de viviendas multifamiliares .....	74
5.4.2. Demostrar cómo la gestión Lean mejora la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares .....	77
DISCUSIÓN .....	80
CONCLUSIONES .....	82
RECOMENDACIONES .....	83
REFERENCIAS .....	85
ANEXOS .....	87
Anexo A: Matriz de consistencia .....	88
Anexo B: Plan maestro .....	89
Anexo C: Presupuesto estimado .....	93
Anexo D: Clasificación de los tiempos de trabajo .....	97
Anexo E: Permiso de la empresa .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principios de un sistema de control de la producción para la construcción .....	13
Tabla 2 Definición conceptual de las variables .....	23
Tabla 3 Operacionalización de variables .....	24
Tabla 4 Presupuesto por niveles .....	31
Tabla 5 Luz máxima de viguetas .....	33
Tabla 6 Luz máxima de viguetas .....	37
Tabla 7 Desapuntalamiento de aligerado.....	37
Tabla 8 Análisis de Stakeholders o interesados.....	40
Tabla 9 Actividades del plan maestro.....	41
Tabla 10 Calendario de ventas.....	52
Tabla 11 Calendario interno .....	52
Tabla 12 Asignación de recursos por hito (Costo directo) .....	53
Tabla 13 Plan de fases .....	53
Tabla 14 Objetivos de la pull session .....	54
Tabla 15 Detalles de causas de no cumplimiento.....	68
Tabla 16 Gasto proyectado vs gasto real (Costo directo) .....	73
Tabla 17 Gastos administrativos.....	73
Tabla 18 Margen final de obra.....	74
Tabla 19 Comparación de tiempo.....	74
Tabla 20 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	75
Tabla 21 Nivel de significación .....	76
Tabla 22 Prueba de t-student para medias de dos muestras emparejadas.....	76
Tabla 23 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el presupuesto meta .....	77
Tabla 24 Nivel de significación para el presupuesto meta .....	78
Tabla 25 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el presupuesto real.....	78
Tabla 26 Nivel de significación para el presupuesto real .....	78
Tabla 27 Rangos de Wilcoxon de hipótesis 2.....	79
Tabla 28 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resumen cronológico de Lean Construction (LC) y Last Planner System (LPS).....	14
Figura 2 Diagrama Last Planner System .....	16
Figura 3 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis .....	22
Figura 4 Plano de ubicación del proyecto.....	29
Figura 5 Tipos de viguetas pretensadas de CONCREMAX.....	33
Figura 6 Izaje de viguetas pretensadas .....	34
Figura 7 Instalaciones sanitarias en losa.....	35
Figura 8 Almacenamiento de encofrado de aligerado .....	36
Figura 9 Apuntalamiento e instalación de viguetas prefabricadas .....	36
Figura 10 Mapa genérico de stakeholders .....	39
Figura 11 Esquema de la estructura de desglose del trabajo .....	44
Figura 12 Estructura de organización del proyecto .....	46
Figura 13 Sectorización de encofrado en 2 sectores.....	48
Figura 14 Sectorización de encofrado en 4 sectores.....	49
Figura 15 Sectorización de cimentación en 2 sectores .....	50
Figura 16 Sectorización de cimentación en 2 sectores .....	51
Figura 17 Tren de actividades de enero .....	55
Figura 18 Principales áreas o categorías de donde podemos identificar restricciones para generar Inventario de Trabajo Ejecutable .....	56
Figura 19 Plantilla de gestión de restricciones .....	57
Figura 20 Plan semanal.....	59
Figura 21 Carta balance de la cuadrilla de vaciado de concreto del primer nivel .....	61
Figura 22 Resumen de carta balance del primer nivel.....	62
Figura 23 Carta balance de la cuadrilla de vaciado de concreto del quinto nivel.....	63
Figura 24 Resumen de carta balance del quinto nivel .....	64
Figura 25 Tabla de PPC.....	65
Figura 26 Grafica del PPC .....	66
Figura 27 Categorías de causas de no cumplimiento.....	67
Figura 28 Incidencia de causas de no cumplimiento .....	69
Figura 29 Diagrama de Pareto .....	70
Figura 30 Ejemplo de rutina de la reunión semanal del LPS.....	72

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general adaptar la aplicación de las herramientas de la producción ajustada para mejorar la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura. La metodología fue de tipo y nivel descriptivos, con un diseño observacional, longitudinal, prospectivo y retrospectivo, la población está conformado por los índices de productividad obtenidos de la ejecución de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura bajo la aplicación de la metodología de la producción ajustada en el sector de José Carlos Mariátegui, del distrito de Villa María del Triunfo, Lima, Perú. Se aplicaron las herramientas del last planner system perteneciente a la metodología de la producción ajustada enfocada a la construcción. Como resultado se obtuvo un porcentaje del plan cumplido semanal promedio igual a 77.74% por otro lado la empresa antes de la implementación del last planner system su promedio semanal oscilaba entre 55 a 65%, después de implementar el last planner se vio una mejora en el tiempo en el que se ejecutó la obra pasando de 32 semanas proyectadas a 28 semanas en lo que demoró en culminar el proyecto, teniendo una ganancia en tiempo de 4 semanas, además se vio mejora en el margen que obtuvo la empresa al aplicar esta metodología al pasar de 6.78% a 15.14%. Se concluye que la filosofía de la producción ajustada y el enfoque, mejoro la productividad, ayudo a mejorar los tiempos y los costos de una obra de vivienda multifamiliar en Villa María del Triunfo.

*Palabras clave:* Producción ajustada, Last Planner System, Carta balance, Productividad, Pequeña envergadura.

## ABSTRACT

The general objective of the research was to adapt the application of lean construction tools to improve the construction of small multi-housing construction. The methodology was descriptive type and level, with an observational, longitudinal, prospective, and retrospective design, the population is made up of the productivity indices obtained from the execution of small-scale multi-family homes under the application of the production methodology in the José Carlos Mariátegui sector, in the Villa María del Triunfo district, Lima, Peru.

The tools of the Last Planner System belonging to the methodology of lean construction focused on construction were applied. As a result, an average weekly fulfilled plan percentage equal to 77.74% was obtained. On the other hand, the company before the implementation of the Last Planner System, its weekly average ranged from 55 to 65%, after implementing the last planner an improvement was seen in the time in which the work was executed, going from 32 weeks projected to 28 weeks in what it took to complete the project, having a gain in time of 4 weeks, in addition there was an improvement in the margin that the company obtained by applying this methodology to the go from 6.78% to 15.14%. It is concluded that the philosophy of lean construction and focus improved productivity, helped to improve the times and costs of a multifamily housing project in Villa Maria del Triunfo.

*Keywords:* Lean Construction, Last Planner System, Balance Chart, Productivity, Small construction

## INTRODUCCIÓN

Una de las razones principales de la creación y la aplicación de la filosofía de la producción ajustada en la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura, es que en estas obras de menor escala se necesita una buena planificación preobra, una respuesta rápida y precisa ante variaciones que se presentan durante su ejecución.

El desarrollo de la implementación de metodologías como el last planner system en obras de pequeña envergadura, han tomado gran sentido en esta última década ya que por el momento es la mejor manera de llevar un control de obra bueno. El control es la función encargada de nivelar la toma de decisión empresarial, a lo largo del período de ejecución de la obra a través de la identificación de los desvíos ocurridos con relación a la planificación inicial. El control puede ser realizado en tres dimensiones: físico, económico y financiero. (Machado, 2003, Araújo y Meira, 1998).

Para el logro de este propósito la presente investigación se estructura de la siguiente manera: Capítulo I conformado por la formulación del problema, objetivos, importancia y justificación además de limitaciones. Capítulo II conformado por el marco teórico constituido por el marco histórico, investigaciones relacionadas con la temática y las estructura teórica y científica que sustenta la investigación. Capítulo III conformada por el sistema de hipótesis y variables. Capítulos IV conformado por la metodología del estudio donde se describe el diseño metodológico, el diseño muestral, las técnicas e instrumento de recolección de datos, procedimiento y técnica de análisis. Capítulo V constituye la presentación y análisis de resultados donde se describen los hallazgos encontrados en la tesis. Capítulo VI constituye la discusión de los resultados. Y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Por esta razón este trabajo de investigación tiene el propósito de adaptar la filosofía de la producción ajustada a un proyecto de pequeña envergadura para optimizar la productividad de una vivienda multifamiliar en el distrito de Villa María Del Triunfo.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Muchos profesionales, involucrados en el sector construcción desde la década de los ´70 hasta hoy en día, “Se adecuan a herramientas de gestión con nuevas tecnologías y metodologías, herramientas que han evolucionado en lo que hoy podríamos llamar, “Producción ajustada” o Lean construction”. Lasala, (2004).

Respaldando nuestra implementación, las teorías existentes relacionadas con este tema: La Teoría Científica de la Gestión de F.W. Taylor (1917), el Último Planificador de Glen Ballard (1980), la Teoría de las Restricciones de Eliyahan Goldratt (1984) y "Lean Construction" de Laury Koskela (1992) son ejemplos de la tendencia innovadora y la evolución de la gestión y ejecución de proyectos.

Según el PMI son cinco las fases de un proyecto: Inicio, planificación, ejecución, control y cierre. (“Guía del plan PMBOK”, 2021). La aparición de la Filosofía Lean mejora y fortalece cada una de las fases concernientes a la estructuración procesos de obra del proyecto. La línea de aplicación toma como inicio la Dirección de Obra y Gerencia del Proyecto, migrando hacia un plano transversal, dejando de lado el eje jerárquico vertical tradicional. En la ejecución y control, LEAN aterriza la filosofía en herramientas prácticas como Last Planner System (LPS) y derivados. No obstante, el proceso migratorio es lento. En el Perú, el mayor porcentaje de construcciones de edificaciones se encuentra en la provincia de Lima (2 millones 607 mil 366), tales como viviendas unifamiliares y multifamiliares, según (INEI, Censos nacionales de Población y Viviendas, 2017). Debido que llevar a cabo este tipo de proyectos no requieren de una gran inversión, son ejecutados por pequeñas empresas, las cuales enfrentan diversos problemas al momento de implementar lean, tales como.

- a. Falta de capital destinado a la capacitación del personal
- b. Falta de profesionales y personal con conocimiento
- c. Falta de confianza en las mejoras que aporta la implementación de lean

Por ende, se presenta la necesidad de probar en que aspectos se mejora y en qué porcentaje.



## **1.2. Formulación del Problema**

### ***1.2.1. Problema General***

¿De qué manera la aplicación de herramientas Lean Construction influyen en la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo?

### ***1.2.2. Problemas Específicos***

- a. ¿En qué medida la sectorización y trenes de trabajo del last planner system influyen en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo?
- b. ¿En qué medida la gestión Lean influye en la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### ***1.3.1. Objetivo General***

Adaptar la aplicación de las herramientas Lean Construction para mejorar la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.

### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- a. Adaptar la sectorización y trenes de trabajo del last planner system para mejorar el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.
- b. Adaptar la gestión Lean para mejorar la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.

## **1.4. Delimitación de la investigación**

### ***1.4.1. Geográfica***

La presente investigación analiza un caso de estudio, llevado a cabo en el sector de José Carlos Mariátegui, distrito de Villa María del triunfo, en la zona sur de la ciudad de Lima, provincia de Lima.

### ***1.4.2. Temporal***

La presente investigación analiza un caso de estudio, en donde se aplica el last Planner en una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura. Además, se desarrollará durante los meses de junio del 2022 a diciembre del 2022.

### ***1.4.3. Temática***

Campo: Lean Construction aplicado a la construcción de una vivienda multifamiliar de

pequeña envergadura.

- a. Área académica: Lean Construction.
- b. Línea de investigación: Gestión.
- c. Sublíneas de Investigación: Gestión de obras.

#### ***1.4.4. Muestral***

Unidad de análisis: Construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura bajo el enfoque de Lean Construction.

Unidad de observación: Productividad y rendimientos.

### **1.5. Importancia y justificación del estudio**

#### ***1.5.1. Conveniencia***

El sector de la construcción tiene gran presencia en la economía peruana representando el 5.1% del PBI en abril del 2020 según el BCRP, llevándose a cabo no siempre con las técnicas adecuadas. Se justifica por conveniencia porque con esta investigación, Lean Construction estaría ampliando su horizonte de aplicación en el sector de la pequeña construcción en el Perú, aumentando los beneficios que esta produce.

#### ***1.5.2. Relevancia Social***

Se justifica socialmente porque permitirá que más personas puedan construir obras pequeñas en tiempo y con menor costo de ejecución de obra, aumentando la productividad, ganancias y competitividad entre constructores provocando el aumento de trabajo en el sector construcción.

#### ***1.5.3. Implicancia Práctica***

Se justifica prácticamente puesto que la presente investigación pretende que la filosofía Lean Construction sean aplicadas a obras pequeñas. Si bien es cierto que en el Perú ya ha sido desarrollado Lean Construction, pocas empresas son las que emplean esta metodología como tal, y mucho menos en obras pequeñas que no son ejecutadas por empresas de gran envergadura que son estas las que mayormente aplican esta metodología.

#### ***1.5.4. Utilidad metodológica***

Se justifica metodológicamente debido a que la metodología aplicada establecerá indicadores, que nos permitan analizar si realmente es beneficioso en la aplicación en viviendas multifamiliares de pequeña envergadura con el fin de demostrar su factibilidad, generando una nueva adaptación de Lean Construction a la pequeña construcción.

#### ***1.5.5. Valor teórico***

Se justifica teóricamente puesto que con la presente investigación se pretende evidenciar

que mediante la aplicación de las herramientas Lean Construction se optimiza el coste tiempo y calidad de ejecución, de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura.

## **1.6. Importancia del estudio**

### ***1.6.1. Nuevos conocimientos***

Esta investigación permite ampliar los conocimientos acerca de la aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura. Este enfoque al no ser muy concurrido en este tipo de proyectos permite mostrar la ventaja de la mejora continua.

### ***1.6.2. Aporte***

Esta investigación beneficia principalmente a las empresas que se dedican a proyectos similares al caso de estudio en cuestión, ya que pone de manifiesto las ventajas de implementar Lean Construction, además este estudio será de gran utilidad para estudiantes y profesionales que deseen adentrarse en la filosofía Lean y comprender su relevancia en proyectos de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura.

## **1.7. Limitaciones del estudio**

### ***1.7.1. Obstáculos y desafíos de la investigación***

Cubre los desafíos relacionados con la adaptación de la bibliografía a la realidad peruana, las diferencias en la aplicación de Lean Construction en obras de diferentes escalas y países.

### ***1.7.2. Obstáculos y desafíos de recolección de datos***

Esto abarca obstáculos como demoras en la obtención de información, errores en la recolección y síntesis de datos recolectados de la aplicación de Lean Construction al caso de estudio.

## **1.8. Alcance**

Se evaluará los beneficios de la aplicación de Lean Construction en una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura, según la bibliografía representativa de este enfoque de la mejora continua en una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura.

## **1.9. Viabilidad**

La presente investigación se puede considerar viable debido a que cumple las siguientes condiciones:

- a. Se desarrolla en el tiempo establecido por la escuela de ingeniería civil, el cual es de 6 meses.
- b. El proyecto de vivienda multifamiliar de pequeña envergadura está ubicado en Perú, que es accesible para los investigadores y permite recaudar la información necesaria

- c. La investigación es viable debido que las unidades de observación muestral (control de productividad) poseen inversiones de bajo costo, no mayores que el tiempo de los investigadores.
- d. La investigación es viable porque existe bibliografía sólida en la cual se puede seguir las fases del Lean Construction, que sustenta los conceptos a utilizar.
- e. La recolección de datos se realizará mediante los indicadores establecidos, como el proceso constructivo de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura, gestión de la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura, Sectorización y trenes de trabajo y la gestión Lean.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco Histórico

La palabra "lean" apareció por primera vez en japonés a finales de los años 50 y principios de los 60, como consecuencia de los estudios que los ingenieros de Toyota Motor Corporation llevaron a cabo, en un esfuerzo por mejorar su línea de producción. Uno de los expertos más conocidos en el tema fue el ingeniero de producción Taiichi Ohno, que pretendía reducir los residuos, acelerar las entregas de automóviles a los clientes y evitar la acumulación de mercancías sustituyendo la típica producción en serie por la fabricación bajo pedido del cliente. (Diaz et al., 2014, p. 34)

Lauri Koskela empezó a aplicar esta filosofía al sector de la construcción en 1992. El resultado fue su artículo "Applying the New Production Philosophy to Construction" (Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción), escrito en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford. En él defendía que las actividades de conversión aumentarían la eficiencia y que debían eliminarse los flujos de materiales para mejorar la producción. (Forbes et al., 2011, p. 34). Glenn Ballard y otros investigadores han desarrollado instrumentos para implantar la producción ajustada en el sector de la construcción. Tras escuchar a Koskela en una conferencia de la Universidad de Berkeley, Ballard empezó a trabajar con él. Juntos fundaron el International Lean Construction Group, que nació de la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción celebrada en Helsinki (Finlandia) en 1993. Allí se decidió utilizar por primera vez el término "lean construction" para referirse a la aplicación de la nueva filosofía de producción en el sector de la construcción. (Diaz et al., 2014, p. 35)

De forma similar, Botero y Álvarez recopilaron las ideas y los detalles más pertinentes de su estudio para el artículo "Identificación de las pérdidas en el proceso de producción de la construcción" tras realizar una investigación para aumentar la productividad en proyectos de viviendas de renta baja. De esta forma, las empresas constructoras pueden familiarizarse con las ideas y aplicaciones de la filosofía lean construction, que les permite reconocer las pérdidas que surgen en el proceso de producción y, en consecuencia, mejorar el rendimiento en las actividades de construcción de la obra. (Ponce et al., 2018, p. 49)

De acuerdo con lo anterior, todas las empresas de construcción deben experimentar un cambio cultural que facilite la medición del rendimiento mediante herramientas estadísticas fundamentales y la aplicación de nuevas técnicas de planificación y control

del ciclo de producción del proyecto para aplicar correctamente la filosofía de la construcción ajustada. Puesto que el rendimiento es un componente crucial de la cadena de valor del proyecto y debe evaluarse y controlarse además del tiempo y el coste, es imperativo aumentar la productividad en el sector de la construcción. (Ponce et al., 2018, p. 50).

## **2.2. Investigaciones Relacionadas con el Tema**

### ***2.2.1. Investigaciones Internacionales***

Herrera y Reyes (2017) realizaron una investigación titulada “Los pros y contras al implementar el sistema last planner en un proyecto de edificación: caso de estudio”. Artículo de investigación: Pros and Cons in Implementing the Last Planner System in a Building Project: A Case Study (Chile). Para evaluar y analizar los resultados y confirmar si el sistema es tan eficaz como sugiere la bibliografía, el objetivo es sopesar las ventajas e inconvenientes de utilizar el sistema Last Planner en un proyecto de construcción. De este modo será posible sugerir posibles mejoras que hagan la herramienta más potente y adaptable a diversos tipos de obras. Los resultados de la investigación indicaron que en la comparación del PPC vs el avance semanal hay un periodo de pausa de unas 6 semanas, en la cual se hizo un periodo de transición y reducción de personal, por lo que estoy afecto negativamente a los resultados debido que había menos gente que realizaba el labor de planificador, Además, el análisis de los incumplimientos reveló que la estimación inadecuada del rendimiento, la escasez de personal y la insuficiencia de suministros y equipos eran las principales razones de los incumplimientos. La conclusión del estudio fue que al sector de la construcción le costaría adoptar el sistema del Last Planner, porque es difícil cambiar la mentalidad de los profesionales del sector. También es difícil introducir nuevas ideas en un grupo de personas que llevan años trabajando juntos, y hacerlo puede considerarse una pérdida de tiempo porque están acostumbradas a utilizar sus propios métodos tradicionales. En general, se tiende a creer que la experiencia es la panacea, lo que contribuye a bloquear el camino de la innovación en el sector. Para maximizar los beneficios de cada método y salvar la inclusión de nuevas ideas, lo óptimo es combinarlos todos para mejorar el rendimiento global del proyecto. Esta investigación nos aporta la importancia de tener un personal que tenga conocimiento y compromiso con la metodología, porque sino, el PPC no se cumplirá y por ende la programación será un fracaso.

Hoyos y Botero (2019) realizaron una investigación titulada “Revisión a la aplicación del last planner system en empresas de construcción colombianas”. Con el fin de identificar

sus prácticas, potenciar su apropiación y sugerir indicadores en los diferentes niveles de planeación para medir el desempeño de los proyectos, el objetivo fue acompañar a tres empresas constructoras colombianas que utilizaron el LPS como sistema de planeación y control en sus obras. Se demostró que se han implementado algunos aspectos, como la cultura de las reuniones del plan intermedio, el formato de registro de la planificación semanal y la cualificación integral de los subcontratistas, la cultura de registro de la planificación intermedia y la definición del horizonte temporal, así como la actualización permanente del plan general, a pesar de la aplicación de este esquema, se vio deficiencias como el caso de personal en periodo de incorporación en la metodología, falta de compromiso al momento de definir fechas de entregas. En resumen, el desarrollo de una cultura de planificación intermedia es el aspecto más débil. La articulación de los niveles de planificación se ve afectada por la dificultad de las empresas colombianas para establecer estrictamente las fechas máximas para la liberación de limitaciones, la velocidad de respuesta de las áreas implicadas en dicha liberación y la regularidad de las reuniones. Esta investigación nos aporta ver la importancia de establecer el compromiso con todos los involucrados sobre las fechas de entrega de los hitos marcados.

Hamed (2013) realizó una investigación titulada “Implementación de técnicas de producción ajustada para minimizar el efecto de los riesgos en el tiempo de construcción del proyecto”. El objetivo es estudiar y aplicar los principios de Lean Construction para minimizar el efecto de los factores de riesgo en el tiempo. Utiliza el Sistema de Último Planificador en la ejecución de un proyecto industrial en Egipto; esta herramienta la evalúa con el uso de dos medidas: Porcentaje de Tiempo de Espera (PET) y Porcentaje de Plan Completado (PPC). Se lograron identificar los factores de riesgo más críticos que afectan el tiempo del proyecto. Introdujeron los datos como la probabilidad de ocurrencia e impacto en el tiempo para cada factor de riesgo en forma de dos índices, a saber, el índice de probabilidad (PI) que representa la probabilidad de ocurrencia de determinado factor de riesgo y el índice de impacto por tiempo (IIT) que representa el impacto de cierto factor de riesgo a tiempo. El programa maestro se modifica cada tres semanas en función de las evaluaciones correspondientes. Al inicio de la obra, se determinó el PET equivalente al 22.50% y se esperaba que la obra necesite 16 días adicionales al tiempo original para ser completada. Al final de la obra, el proyecto se completó a tiempo, por lo que no se consideró una evaluación de riesgos. Al final, los resultados muestran que el tiempo total del proyecto se reduce en un 15,57% debido a la disminución de los valores de PET, mientras que los valores de PPC mejoraron. Las técnicas y principios de la

producción ajustada pueden utilizarse para reducir los efectos de los factores de riesgo sobre los plazos de los proyectos de construcción en los países en desarrollo:

- a. El uso de técnicas de producción ajustada en proyectos de construcción tiene efectos significativos sobre la disminución de PET y aumento de PPC.
- b. Los impactos de los factores afectados por las técnicas producción ajustada disminuyeron con el tiempo. Y representan el 67% del total del PET.
- c. Con base en observaciones y análisis de resultados, se recomienda aplicar técnicas de la producción ajustada en países en desarrollo debido a su sencillez y alta eficacia.

### ***2.2.2. Investigaciones Nacionales***

Hinostroza, D. y Manosalva, O. (2015) realizaron una tesis titulada “Aplicación de Last Planner System en edificaciones multifamiliares”. El objetivo fue comprobar que el uso del LPS puede mitigar la baja productividad en obra en una edificación de 620.85 m<sup>2</sup> de área construida, repartidos en 7 pisos con 3 sótanos. Se demostró que la aplicación de LPS permitió un ahorro de S/. 70,624.68 nuevos soles de un presupuesto de S/. 1'917,000.92, considerándose beneficiosa su aplicación. Partidas como armado y vaciado de losa y vaciado de zapatas fueron resaltantes debido al uso de viguetas Firth y el uso de concreto premezclado como optimizadores del proceso constructivo. La conclusión de la tesis fue que el LPS funcionó como una herramienta eficaz con sólida técnica que aumentó el promedio de la productividad de las cuadrillas; hacer seguimiento a las cuadrillas para que cumplan con el objetivo programado es la base para la mejora continua en la producción deseada, siendo importante el flujo de información hacia el trabajador y el trabajo en equipo; la subcontrata debe formar parte de las reuniones semanales junto con todos los involucrados para prevenir las restricciones y definir una sectorización que no perjudique a ninguno de ellos; por último, al tener una mayor cantidad de procesos y predecesores se tiene una menor confiabilidad, por lo que debe primar la constancia en el flujo de trabajo, la eficiencia y el ahorro.

Torres (2016) realizó una tesis titulada “Implementación del sistema last planner para la mejora de la productividad de las obras de la empresa corporación inmobiliaria F&F de la ciudad de Trujillo”. El objetivo era aumentar la productividad de F&F Real Estate Corporation implantando el sistema de planificación más reciente. Se demostró que aun así llegando a un 95 % de implementación del sistema last planner, el porcentaje de actividades cumplidas estuvieron por encima de lo mínimo que es 85%. La conclusión final de la tesis afirmaba que las siguientes son las normas ideales para poner en práctica el Last Planner System: (1) Confirmar que el expediente ha sido revisado y está completo.



(2) Calcular la capacidad de trabajo. (3) Trabajar con las partes interesadas del proyecto para hacer la planificación pull. (4) Con el permiso de los planificadores finales, montar el plan maestro. (5) Completar la previsión de producción y, a continuación, la previsión de materiales de acuerdo con ella. (6) Elabore el calendario de limitaciones para las próximas semanas y encueste a los participantes. (7) Programar la tarea e incluir los detalles en el plan de trabajo semanal. (8) Celebrar la reunión semanal para evaluar nuestro enfoque proactivo de la planificación y la fiabilidad de los acuerdos alcanzados por todas las partes. (9) Revisar nuestro porcentaje de plan cumplido (PPC) y nuestras causas de no cumplimiento (CNC), para lograr evaluar nuestros pro y contras de nuestra planificación con el fin de ir poco a poco mejorando nuestra confiabilidad en el sistema. (10) Celebrar la reunión principal de planificación cada cuatro semanas para actualizar nuestro plan maestro y hacernos una mejor idea de cómo va nuestra construcción. Esta tesis demuestra las diversas ventajas del sistema de último planificador frente a la construcción tradicional, incluso en los casos en que no se aplica a pleno rendimiento.

Gomez, J., et al (2015) realizaron una investigación titulada “Aplicación de Lean Construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. Caso práctico “Edificio Maurtua III””. El objetivo se centra en aplicar la filosofía de la producción ajustada como método de planificación, ejecución y control. Como resultado, la obra se entregó en 66 días laborables menos, lo que supone una reducción del 26% en el plazo de entrega. En los elementos verticales, losas y vigas, donde se optimizó la mano de obra en un 24,68%, 63,71% y 43,13%, respectivamente, se cuantificaron los equipos de encofrado. Los costes de ejecución pueden disminuirse aprovechando al máximo la mano de obra de las cuadrillas. Se examinó el rubro de encofrados en el escenario práctico, y la optimización de la mano de obra generó un ahorro de S/. 71,613.97. En conclusión, la exposición del proyecto a la variabilidad se atenuó considerablemente con la implantación del sistema Last Planner. El sistema de programación de la producción ajustada es dinámico y se basa en la idea de que la gestión del proyecto debe tener en cuenta el tiempo y los costes. Sin embargo, para que esto se cumpla de acuerdo con el plan, se necesita un equipo de trabajo que se dedique a cumplir los objetivos diarios y un calendario bien revisado, así como una persona responsable de supervisar el PPC y reprogramar el calendario. El componente logístico tiene que funcionar a la perfección; tenerlo muy descontrolado es uno de los mayores peligros.

## **2.3. Estructura Teórica y Científica que Sustenta el Estudio**

### **2.3.1. Origen y definición de LPS**

Glenn Ballard y Greg Howell desarrollaron el sistema Last Planner (LPS) a principios de los años noventa. Este sistema, enmarcado en los principios de la producción ajustada, tiene como objetivo maximizar el valor del proceso productivo y reducir la variabilidad de los procesos. Esto se logra a través de una mayor estandarización, lo que resulta en menos pérdidas. Con el tiempo, el LPS se ha convertido en una herramienta que adapta el enfoque de la producción ajustada a proyectos de construcción. En 1999, Lauri Koskela propuso los principios de un sistema de control de producción para la industria de la construcción.

En la Tabla 1 se puede apreciar con más exactitud los principios de un sistema de control de la producción para la construcción.

**Tabla 1**

*Principios de un sistema de control de la producción para la construcción*

Nº	Principios de un sistema de control de la producción para la construcción
1	El trabajo no debe comenzar hasta que todos los elementos necesarios para la realización un trabajo está disponibles. Por lo tanto, este principio se esfuerza por minimizar el trabajo en condiciones subóptimas, un hecho bastante típico en la gestión tradicional de la construcción.
2	La realización de tareas se mide y se controla. El Porcentaje del Plan Cumplido (PPC), es el número de actividades previstas completadas, dividido por el número total de las actividades planificadas. Este enfoque en la realización del plan disminuye el riesgo de propagación de la variabilidad en los flujos de tareas aguas abajo.
3	Las causas de no realización se analizan. Así, se lleva a cabo la mejora continua, durante todo el proceso, a través de ciclos de Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act)
4	Mantener un buffer de tareas conocidas para cada equipo. Por lo tanto, si la tarea asignada resulta imposible de llevar a cabo, el equipo puede cambiar a otra tarea. Este principio es fundamental para evitar pérdidas de productividad.
5	En la planificación predictiva a medio plazo, los requisitos previos de las siguientes asignaciones son preparados de manera proactiva. De hecho, esto es un sistema Pull que contribuye a asegurar que todos los requisitos previos están disponibles para las asignaciones. Por otro lado, asegura que tengamos las reservas de material necesarios, en la cantidad necesaria, en el lugar necesario y en el momento en que son necesarias.

*Nota.* Adaptado de Lean construction y la planificación colaborativa (p-33), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

Estos principios se basaron en el enfoque del sistema de producción de Toyota, y posteriormente, en la producción ajustada, que busca un flujo continuo sin obstáculos. A lo largo del tiempo, esta metodología ha surgido, mejorado y completado, basándose en la idea de un flujo continuo.

En la Figura 1 se puede apreciar con más exactitud el orden cronológico de la evolución de la producción ajustada y la metodología last planner system.

**Figura 1**

*Resumen cronológico de Lean Construction (LC) y Last Planner System (LPS)*

RESUMEN CRONOLÓGICO DE LC Y LPS	
1913	Henri Ford. Cadena de montaje móvil.
Mediados de los 50	Taiichi Ohno tiene operativo el Toyota Production System.
1950 1970	Deming, Juran, Shewhart, Shigeo Shingo, Kaoru Ishikawa, etc. desarrollan sus teorías sobre la Calidad y Mejora Continua que hoy forma parte de LEAN.
Década de los 70	Crisis energética. Toyota destaca por encima de las demás compañías.
Década de los 80	Estudio del MIT que da origen a Lean Production como concepto. John Krafcik acuña Lean Production.
1992	Lauri Koskela fundamenta la teoría de Lean Construction.
1993	Se funda el International Group for Lean Construction IGLC.
1996	Se publica el libro "Lean Thinking" de James Womack y Daniel Jones.
1997	Se funda el Lean Construction Institute (LCI) USA.
2000	Glenn Ballard. Publica su Tesis Doctoral "The Last Planner System of Production Control".
2011	Primer Evento oficial de Lean Construction en España en la Universidad Politécnica de Valencia.
2013	16 Conferencia del European Group for Lean Construction en Valencia.
2014	Inicio de la recuperación en el sector de la construcción de España. Se publica en España la Guía "Introducción a Lean Construction".
2015	Conferencia Lean In Public Sector Construction (LIPS) 2015 Barcelona.
2017	Primer Congreso organizado por ITeC enfocado a que empresarios españoles presenten de manera oficial sus casos de éxito en LC y LPS.

*Nota.* Lean construction y la planificación colaborativa (p-34), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

### **2.3.2. Planificación tradicional**

La forma tradicional de planificación consiste en elaborar una programación general de obra, y este enfoque no es incorrecto, ya que tiene como objetivo detallar todo desde el principio utilizando técnicas como PERT y CPM. Sin embargo, el problema surge cuando a lo largo de la obra comienzan a surgir variaciones, lo cual es algo normal en la construcción. Estas variaciones van generando grandes diferencias con respecto a lo que realmente se ejecuta.

Ballard (1994) afirma que:

“La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra, se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar, Esto último conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no

se genere un aprendizaje”.

### ***2.3.3. Planificación con last planner***

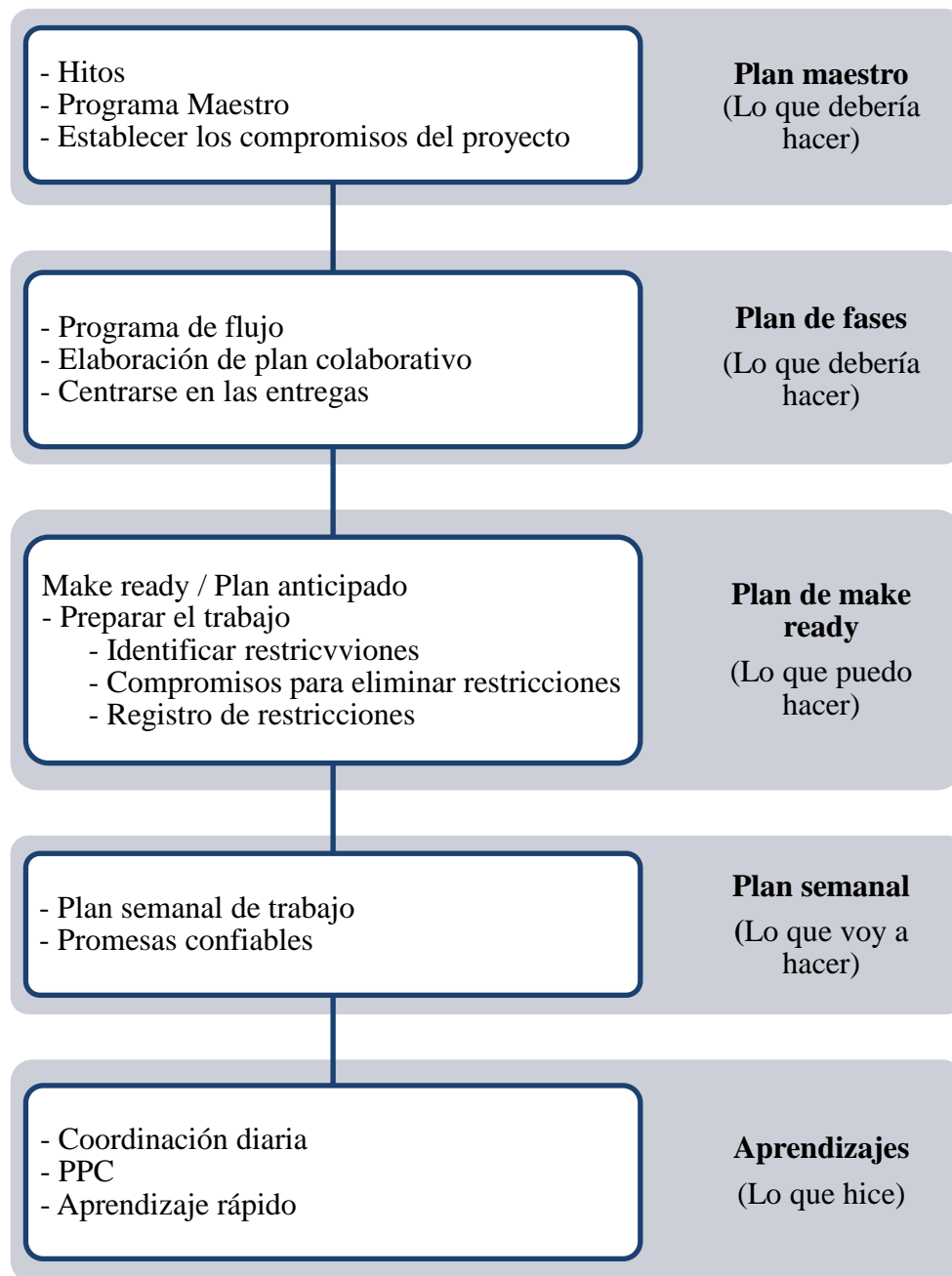
Este método de planificación es implementado por los encargados de la producción en el lugar de trabajo. Consiste en dividir la programación de la obra en partes más pequeñas con el fin de hacerla más manejable. El enfoque principal es identificar y eliminar las restricciones para aumentar la disponibilidad de trabajo, lo que permite lograr un flujo continuo sin interrupciones. Dado que los miembros del equipo de construcción son, en última instancia, los encargados de la planificación, la gestión se realiza de común acuerdo con ellos mediante el uso del Sistema del Último Planificador. Además, el Sistema Last Planner divide la planificación en:

- a. Plan Maestro, Lo que se DEBE hacer.
- b. Plan de fases o hitos
- c. Plan Lookahead, Lo que se PUEDE hacer.
- d. Plan semanal, Lo que SE HARÁ.
- e. Seguimiento, PPC.

En la Figura 2 se puede apreciar de forma más clara las fases del Last Planner System.

**Figura 2**

*Diagrama Last Planner System*



*Nota.* Adaptado de ¿Qué es el Last Planner System?, por Besser, (2019).

Nivel 1: ¿Qué debe hacerse?

La planificación por fases, que dura aproximadamente dos meses y se representa a un tamaño más concreto (10.000 pies de vista), y la definición de hitos para todo el proyecto se incluyen en el primer nivel de planificación. El proyecto se representa a una escala amplia (30.000 pies de vista desde un avión). El objetivo es llegar a un entendimiento

común sobre el alcance del proyecto, los plazos importantes, las principales limitaciones y un flujo de trabajo viable. La estrategia del proyecto, las transferencias de trabajo y las Condiciones de Satisfacción (CoS) necesarias para la aceptación del trabajo se definen mediante la planificación de la extracción. Además, transmite cómo el trabajo de los planificadores posteriores influye en el trabajo de los planificadores anteriores. El objetivo es establecer un conocimiento mutuo de la metodología de entrega del proyecto y fomentar un ambiente de planificación y coordinación cooperativas. Al concentrarse en las transferencias de trabajo y avanzar hacia hitos predeterminados, la planificación de extracción permite prever circunstancias adversas. En general, esto ayuda a localizar posibles problemas, como secciones poco claras en un contrato entre varios oficios o lagunas de alcance en el proyecto en las fases iniciales de planificación y contratación. Pero ¿cuándo una noticia negativa es realmente una noticia positiva? cuando se descubre pronto. Esto da al equipo la oportunidad de investigar diferentes enfoques antes de ir al terreno.

Nivel 2: ¿Qué se puede hacer?

Los proyectos de construcción convencionales suelen tener un plan anticipado de seis semanas de duración. En cambio, la planificación en el sistema Last Planner (LPS) utiliza una ventana de anticipación y preparación. La distinción es que va más allá de simplemente mirar hacia delante y determinar cuándo una obra está preparada para empezar. Cada tarea se examina minuciosamente en busca de limitaciones, como cuando se despeja una carretera. La planificación de los acontecimientos es más específica, como una perspectiva aérea desde 1.000 pies de altura. La duración del plan de preparación, que se deriva directamente del plan de fases, viene determinada por el tiempo necesario para eliminar la limitación más larga. Este plan suele durar entre seis y ocho semanas, lo que garantiza que el trabajo pueda completarse con eficacia.

Nivel 3: ¿Qué se hará?

Una vez que está claro que no hay restricciones para ninguna actividad, el plan preparatorio se utiliza para crear un programa de trabajo semanal fiable. A partir de ahí, se establecen compromisos fiables para la quincena de trabajo siguiente, estableciendo una atmósfera estable. Más allá de este punto, no se hacen promesas porque el futuro está demasiado lejos para hacer proyecciones precisas. Algunos ejemplos de promesas confiables son: “Realizare X en la fecha/hora Y”, “Hare esto sí...” o simplemente decir “No”.

Existen cinco reglas para hacer una promesa confiable. Los planificadores finales deben

responder con un "No" si no están seguros de cómo completar las tareas. Esto inicia el proceso de eliminar las barreras del camino. Si, por el contrario, responden "Sí" sin reservas, se comprometen con esa promesa, y el porcentaje de promesas cumplidas (PPC) es la estadística de actividad que se utiliza para hacer un seguimiento de su cumplimiento.

- a. Evalúe la competencia previamente a realizar una promesa.
- b. Comprenda las condiciones de satisfacción.
- c. Incluya un plazo realista para la finalización, considerando aspectos de calidad y seguridad, entre otros.
- d. Verifique que la capacidad necesaria esté disponible y asignada.
- e. Evite cualquier comunicación implícita que entre en conflicto con la promesa.
- f. Acepte la responsabilidad en caso de incumplimiento y revise nuevamente el proceso de aprendizaje.

Nivel 4: ¿Qué se hizo?

Las reuniones diarias sirven para actualizar, gestionar y seguir el progreso de los compromisos. Esto respalda el aprendizaje y la posible revisión del plan para mantenerlo actualizado. El último planificador responsable marca una acción como "hecho (/)" una vez finalizada. A continuación, la siguiente persona de la fila o el administrador/superintendente de la obra marcan la tarea como "hecho, hecho (X)" sólo cuando están seguros de que la tarea se ha completado en su totalidad. Como el trabajo se hace bien desde el principio, hay menos necesidad de repetirlo.

En el nivel 4, las nuevas restricciones surgen diariamente. Abordarlas ayuda a mantener un flujo de trabajo confiable. El Porcentaje de Promesas Cumplidas (PPC) se calcula diariamente y se realiza un seguimiento de su tendencia semanalmente mediante gráficos de Pareto. Actúa como una medida del rendimiento y la coordinación del equipo en general. Aunque los compromisos incumplidos siempre deben centrarse en los problemas del sistema y no en los individuos implicados, es crucial recordar que el PPC sólo se utiliza para evaluar el rendimiento del equipo y no a los miembros individuales. Según Deming, aproximadamente el 94% de las fallas son atribuibles al sistema en sí. La lista de Causas de Compromisos Incumplidos (RMC, por sus siglas en inglés) refleja los problemas sistémicos y puede variar según el equipo y el tipo o fase del proyecto en el que se implemente el LPS. En el reverso de cada etiqueta de actividad no conforme, se asigna un número a cada causa de incumplimiento y se realiza un estudio de los "5 por qué" cuando es factible. Se recurre a una reunión especializada en el análisis de las causas profundas para examinar lo antes posible los problemas que más influyen en el calendario.



- a. Mal criterio de planificación
- b. No identificar las actividades importantes
- c. Problema de diseño
- d. Inspección fallida
- e. Problemas con logística por falta de materiales
- f. No revisar el plan de mantenimiento de equipos
- g. Mano de obra no disponible
- h. Información no disponible / actualizada
- i. Envíos / aprobaciones
- j. Contratos / ordenes de cambio
- k. Tiempo
- l. Me olvide
- m. Condiciones imprevistas
- n. Problemas de comunicación

Nivel 5: ¿De qué necesita aprender el equipo?

Es crucial aprender de las fallas del plan a través del análisis de la causa raíz para evitar la repetición de los mismos problemas. Este enfoque mejora tanto el sistema en general como el flujo del proyecto. Para lograrlo, se utilizan diversas técnicas, como el análisis de plus/deltas (lo que salió bien/qué se puede mejorar), las conclusiones para reflexionar sobre lo aprendido en el día, el análisis de las causas raíz mediante la técnica de los "5 por qué" y la realización de talleres específicos de análisis de causa raíz. De esta manera, se fomenta la mejora continua y se evita la recurrencia de errores.

## **2.4. Definición de Términos Básicos**

### **2.4.1. Producción ajustada (*Lean Construction*)**

“La construcción es vital en el aparato económico de cualquier país, por lo que la implementación de estrategias probadas debe ser contemplada. Utilizar Lean Construction facilita la adecuada realización de la planificación, programación, ejecución y control de un proyecto, ya que este concepto cuenta con las herramientas necesarias para impactar en la productividad del proceso de construcción. Aunque considerando que a diferencia de la manufactura donde las estaciones de trabajo son fijas y se realizan uno o varios procesos, en la construcción las actividades van transcurriendo por la edificación ejecutándose los procesos en un tiempo determinado. La construcción Lean es una gestión de producción puntualizada en la entrega del proyecto, por medio de maximizar el valor y minimizar los desperdicios, sobre todo porque la edificación necesita mejorar ante el

mercado actual, para garantizar sus ganancias sin incrementar el precio de venta ni sacrificar la calidad.” (Pérez, G. et al, 2019)

“Lean Construction aplica pensamientos con los cuales el flujo de la producción brindará los resultados esperados, ideas que emanan si de la producción en serie, pero ajustadas al entorno y manera que debe ser conceptualizada la obra, con lo que se provoca el cambio en la ejecución del proceso constructivo, en comparación con los sistemas que se liga tradicionalmente el desarrollo de cualquier tipo de obra. El pensamiento Lean genera una reflexión para determinar si cada gasto realizado genera valor, entendiendo por valor la transformación conveniente de los insumos. Desde la primera ocasión en poner en práctica una mentalidad de mejora, Lean plantea el objetivo de optimizar todo centrándose en la productividad y la seguridad, entendiéndose que todos los actores de la obra son socios con responsabilidades que actúan dentro de una planeación y programación elaborada previamente y respetada todos los días.” (Pérez, G. et al, 2019)

#### ***2.4.2. Last Planner System***

“Last Planner System (LPS) o Sistema del Último Planificador es una herramienta para el logro de los objetivos de Lean Construction. LPS funciona como un sistema de planificación y control de la producción, para mejorar la variabilidad de las obras y reducir la incertidumbre de las actividades a realizar. El LPS tanto en obra como en diseño, permite medir el cumplimiento hacia la programación, y en su caso establecer las medidas correctivas necesarias para reencauzar los trabajos. El Sistema del Último Planificador modifica los procesos de programación y control de la obra, para crear un ambiente estable de trabajo, que permita mejorar el desempeño de la obra y lograr progresos importantes y constantes hacia el cumplimiento de plazos y productividad. El Last Planner System incrementa la confiabilidad en la programación, reduce la incertidumbre de las obras, por lo que, garantiza que cada semana sean ejecutadas todas y cada una de las actividades programadas, logrando mejorar el desempeño al eliminar los obstáculos que se puedan presentar debido a no diseñar una programación tanto adecuada como oportuna. El LPS es un mecanismo para transformación “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando un inventario de trabajo realizable.” (Pérez, G. et al, 2019)

#### ***2.4.3. Sistema Pull***

El sistema Push caracteriza la fabricación previa de producto empujando la producción y generando inventario, la elaboración no responde a la demanda y cada proceso trabaja por separado sin considerar afectaciones a los demás, lo que puede generar defectos. El

producto se realiza sin saber si podrá ser comercializado. El sistema Pull establece que cada proceso o cliente va retirando el producto a medida que va siendo necesario, así, cada trabajo jala al anterior y el producto se comercializa en la medida en que se consume el anterior. Esto regula los inventarios, la velocidad de la producción, donde serán los clientes quienes ponen en marcha el sistema al jalar la demanda. Los materiales se convierten en productos solo cuando la venta previa es realizada y de esta forma los procesos fluyen hasta el momento de la entrega.” (Pérez, G. et al, 2019).

#### ***2.4.4. Porcentaje de plan cumplido (PPC)***

Last Planner System necesita medir el desempeño de cada Programa de Trabajo Semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Programa Cumplido. El PPC evalúa hasta qué punto Last Planner System fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el Programa de Trabajo Semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.” (Ponz, J. et al, 2013).

#### ***2.4.5. Teoría de restricciones (TOC)***

En todo proyecto existen restricciones que limitan el desarrollo de las actividades productivas, que producen cuellos de botella, “Los cuellos de botella se describen como aquellos eslabones débiles de la cadena de suministro que limitan el desempeño de los sistemas” (Şimşit, Günay, & Vayvay, 2014).

#### ***2.4.6. Sectorización y trenes de trabajo***

La sectorización del last planner system consiste en dividir áreas de trabajo en partes más pequeñas y equitativas, para que en cada parte se repitan las actividades y así se logra mejorar los trenes de trabajo, que es el flujo de lo que se necesita para completar una actividad.

#### ***2.4.7. Carta balance***

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino que en forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés (en tanto se haya escogido el método constructivo) son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla. (Serpell, A . et al, 1990)

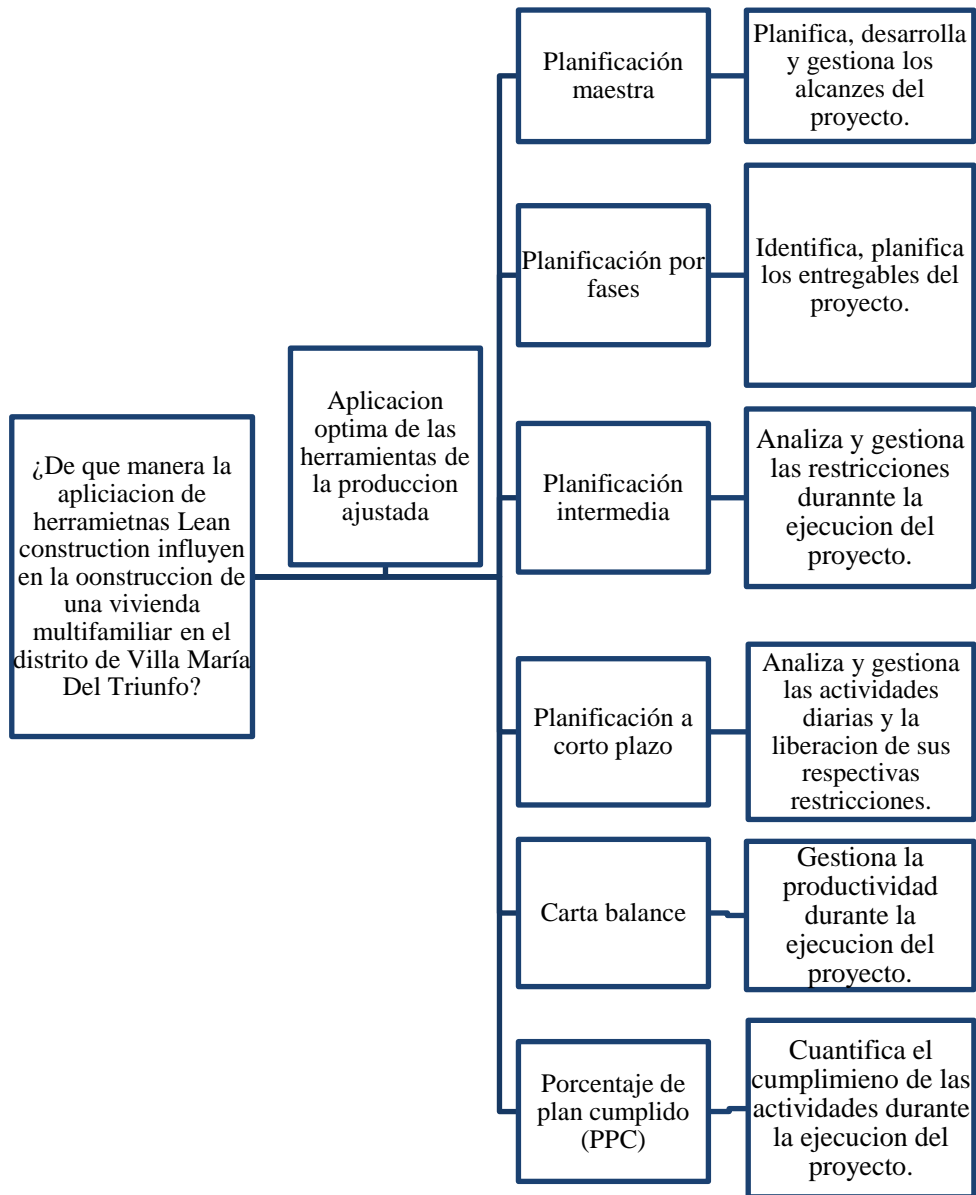
### **2.5. Fundamentos Teóricos que Sustentan las Hipótesis**

En la Figura 3 se aprecian los fundamentos sustentan las hipótesis, las cuales están

realizadas en base a los problemas específicos del presente trabajo de investigación.

### Figura 3

*Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis*



*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis General

Al aplicar las herramientas Lean Construction se mejora la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura.

#### 3.1.2. Hipótesis Específicas

- a. Al aplicar la sectorización y trenes de trabajo del last planner system se mejora el proceso constructivo de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura.
- b. Al aplicar la gestión Lean se mejora la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura.

### 3.2. Sistema de Variables

#### 3.2.1. Definición Conceptual de las variables

La definición conceptual de las variables se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Definición conceptual de las variables*

Variable	Definición conceptual
V. Independiente Herramientas Lean Construction	Se define conceptualmente como todas aquellas herramientas (sectorización y trenes de trabajo), así como el resultado de dichas herramientas (gestión) que materializan las ideas de la filosofía Lean Construction aplicándolas en proyectos reales.
V. Dependiente Construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura	Se define conceptualmente como el proceso que corresponde a la ejecución del espacio físico o habitable en el cual pueda desenvolverse con normalidad la vida de una o varias familias, con un costo menor a 750,000 de soles.

*Nota.* Elaboración propia

#### 3.2.2. Operacionalización de las Variables

En la Tabla 3 se puede apreciar el cuadro que especifica cada variable y su

operacionalización.

**Tabla 3**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Herramientas</b>
V. Dependiente Construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura	Proceso constructivo de viviendas multifamiliar es de pequeña envergadura Gestión de la construcción de viviendas multifamiliar es de pequeña envergadura	Ejecución de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura Control de la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura	Formatos de control de producción Formatos de control de productividad	Microsoft Excel
V. Independiente Herramientas Lean construction	Sectorización y trenes de trabajo Gestión Lean	Programación de obra Last Planner System	Formatos de programación Formatos de levantamiento de información	Microsoft Excel Bibliografía Lean

*Nota.* Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### **4.1. Tipo y nivel**

La investigación será de tipo descriptiva, porque se determinará y/o describirán las principales causas del éxito o fracaso en la gestión que se utiliza en los proyectos de las viviendas multifamiliares para controlar los costos, de tipo correlacional y explicativa, ya que, habrá una relación causa – efecto entre el control de rendimientos y la optimización de costos, brindando la correcta aplicación respaldada por material bibliográfico.

El nivel de la investigación será descriptivo ya que se determinarán intervalos de tiempos y costos que nos permitan definir los lineamientos de la gestión de un proyecto siguiendo los lineamientos de la filosofía Lean Construction.

### **4.2. Diseño de investigación**

El diseño es observacional, debido a que la información que se recaudara necesita información de estudios de aplicación en otros proyectos. Es longitudinal, porque se realizarán varias mediciones que muestren la evolución del proyecto. Es prospectivo porque se reunirá información del proyecto y es retrospectivo porque se buscará información bibliográfica que de respaldo a la investigación.

### **4.3. Población y Muestra del estudio**

#### ***4.3.1. Población***

La población de estudio estará conformada por los índices de productividad obtenidos de la ejecución de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura bajo la aplicación de la metodología Lean Construction en la región de Lima, Perú.

#### ***4.3.2. Muestra***

La muestra corresponde a toda la información levantada referente a la productividad de la ejecución del casco estructural con acabado en tarrajeo en los cinco niveles de una vivienda multifamiliar, ubicada en la región de Lima, distrito de Villa María Del Triunfo.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### ***4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos***

- a. Información de Recolectada: Fuente primaria y directa de recolección de información, que, a través de mediciones, fotografías y otros formatos que nos indiquen el estado de la obra.
- b. Entrevistas: Fuente de información secundaria que respalda la necesidad de realizar esta investigación.
- c. Last Planner: Metodología existente con enfoque lean construction, que busca

minimizar las pérdidas maximizando la producción y generando una mejora continua.

#### **4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

- a. Formatos de levantamiento de información: Cuestionarios con preguntas realizadas a los maestros de obra o ingenieros de campo encargados de la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura del distrito en estudio, para conocer el nivel de conocimiento de la metodología Last Planner System.
- b. Formatos de control de producción: Se identifican las herramientas de gestión que nos servirán, para realizar el seguimiento y obtener datos numéricos de la producción.
- c. Formatos de control de productividad: Se identifican las herramientas de gestión que nos servirán, para realizar el seguimiento y obtener datos numéricos de los rendimientos.
- d. Formatos de programación: Hemos identificado las herramientas de gestión que nos permitirán llevar a cabo la ordenación secuencial de todas las actividades necesarias para completar el proyecto, teniendo en cuenta las interdependencias y la disponibilidad de los factores de producción, utilizando una estrategia de construcción sin pérdidas.

#### **4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos**

Para la recolección de datos del proyecto “Ejecución de una vivienda multifamiliar de 5 pisos en Villa María del Triunfo, Provincia de Lima, Departamento de Lima”, se usó como instrumentos de recolección de datos los datos de ejecución del proyecto.

#### **4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

En la siguiente investigación se realizará el siguiente procedimiento de análisis de datos:

- a. Selección de un proyecto de vivienda. Se selecciono un proyecto de vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el que se ha ejecutado el casco estructural del primer piso con la implementación de la producción ajustada, se dispone de toda la información levantada referente a la productividad del proyecto ejecutado, se observaran las mejoras que producirá la aplicación de las herramientas Lean, aplicando solo las herramientas Lean que se crean ventajosas para este tipo de proyectos, basándonos en la información de bases de datos de investigación científica.
- b. Recopilación de información de bases de datos de investigación científica. Se realizó una revisión de la literatura sobre el uso de Lean Construction en aplicaciones de construcción en edificaciones, tanto estudios de caso como investigaciones netamente teóricas con las que se enriqueció el marco teórico. Se utilizaron las palabras clave Lean Construction, Last Planner System, productividad, pequeña envergadura, entre



otras, tanto en español como en inglés. Además, se revisaron tesis de aplicación directa de Lean Construction en edificaciones tanto en el Perú como en el extranjero.

- c. Observación y análisis del modelo (muestra). Se evaluará a la vivienda multifamiliar de la muestra. Datos físicos como la cantidad de pisos, el área, la ejecución de su construcción, entre otros, y datos de la productividad.
- d. Recopilación de la información de la muestra. Se organizará los metrados y presupuestos, documentados, de tal manera que se pueda implementar las herramientas Lean, como la sectorización.
- e. Aplicación de la metodología Lean Construction a una vivienda multifamiliar. Se aplicará las herramientas Lean ya definidas a la muestra, se planteará la gestión Lean y se recopilará la información necesaria para establecer comparaciones.
- f. La categorización de la información recopilada. Se categorizará la información en tiempos, cargas de trabajo, sectores, entre otros.
- g. Análisis y contrastación de información categorizada. Se analizará la aplicación Lean, mediante la comparación de índices de productividad obtenidos con los índices de productividad de proyectos similares. Así como la adaptación de las herramientas Lean en la vivienda multifamiliar, mediante la identificación de cambios en las dinámicas de su uso, tanto como el Last Planner System, los trenes de trabajo y la sectorización.
- h. Recomendación de aplicación propia en base a estos nuevos conocimientos. Con la información identificada, comparada y analizada se establecerá una recomendación Lean aplicada a la pequeña construcción que pueda servir de base para futuras investigaciones o aplicable a futuros proyectos de similar magnitud.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1. Presentación del proyecto**

#### ***5.1.1. Descripción del proyecto***

El proyecto consta de un edificio multifamiliar de 05 pisos de altura (01 nivel de comercio y vivienda, 01 nivel de oficinas y 03 niveles de vivienda) comprendidos en 05 entregables.

Primer nivel: En este sector se ubican dos tiendas frontales con sus respectivos baños, un departamento en la mitad posterior del terreno, un patio y dos escaleras.

Segundo nivel: En este sector se ubican oficinas, así como dos pozos de luz en zona de patio, escalera y una zona de subida de escaleras.

Tercer al quinto nivel: En cada uno de estos sectores se ubican dos departamentos, así como una escalera y 3 áreas de pozos de luz.

De acuerdo con los sectores y a las partidas a ejecutar, se ha llevado a cabo la realización de un plan maestro de ejecución con la finalidad de construir la obra en el plazo establecido, así mismo plantear entregables de acuerdo con los avances programados.

La edificación se ha diseñado bajo los parámetros establecidos en las normas vigentes, resultando en una edificación con calidad, funcionalidad y optimización arquitectónica y estructural.

#### ***5.1.2. Ubicación del proyecto***

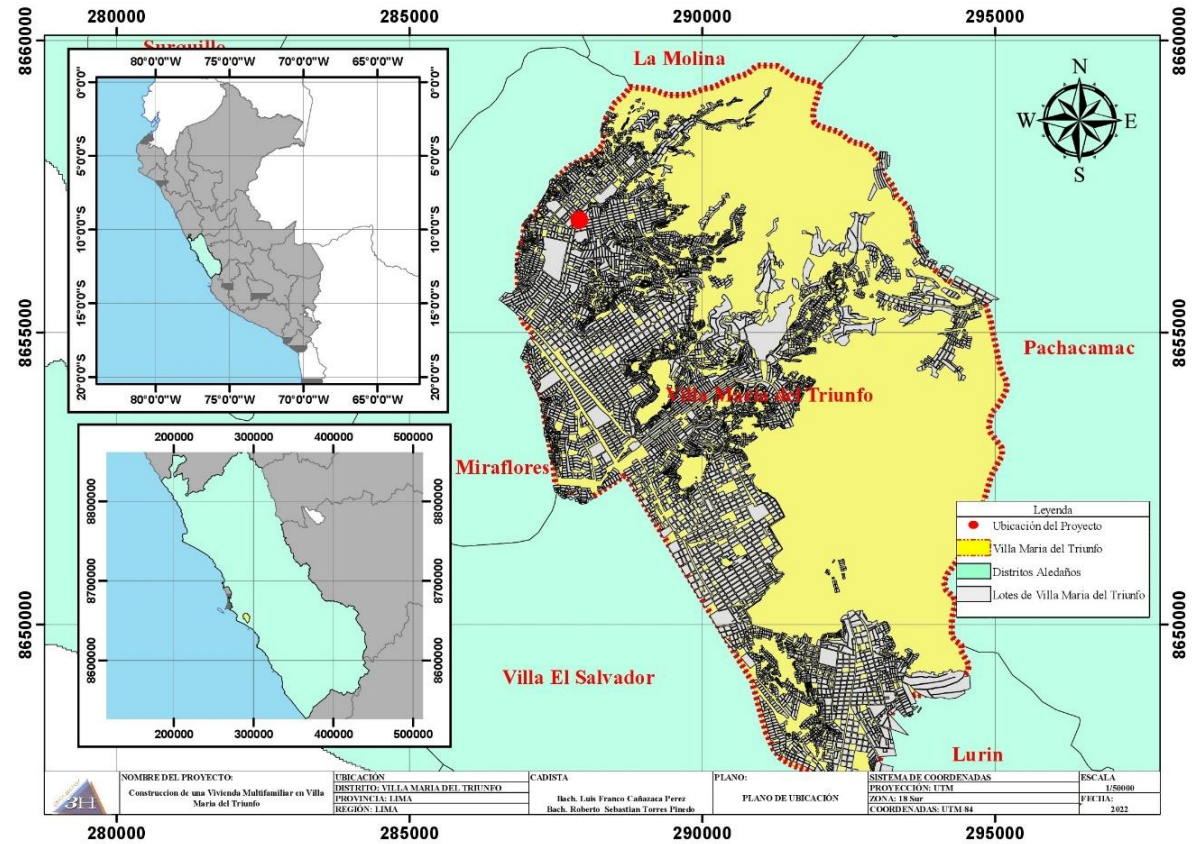
La investigación se desarrolló en la obra Construcción de vivienda multifamiliar del distrito de Villa María del Triunfo, provincia, departamento y región de Lima.

Geográficamente, se ubica entre las coordenadas S 8656960 y E 287872; altitudinalmente, se ubica en la cota 220 msnm.

En la Figura 4 se puede apreciar con más exactitud la ubicación de la obra donde se realizó el estudio.

**Figura 4**

*Plano de ubicación del proyecto*



*Nota.* Elaboración propia

### **5.1.3. Objetivos del proyecto**

El objetivo del presente proyecto se centra en lograr una adecuada infraestructura de vivienda con capacidad de comercio, dando disponibilidad de adecuados ambientes.

La ejecución del servicio tiene la finalidad de construir la obra de 05 pisos en casco tarrajado.

Terminar la ejecución de la obra con el costo y plazo previsto, según los planos y especificaciones del proyecto.

Generar utilidades para la empresa constructora y el cliente.

### **5.1.4. Alcance del proyecto**

El proyecto “Edificación multifamiliar y comercial”, comprende la memoria descriptiva, las especificaciones técnicas y los planos necesarios para la ejecución de las obras de infraestructura (obras civiles). El monto contractual del proyecto es de S/.594,562.18 (Quinientos noventa y cuatro mil quinientos sesenta y dos 18/100 soles) a todo costo e incluye IGV. La entidad contratante es la empresa Proyectos 3H.

### **5.1.5. Estructura y acabados**

- a. La estructura del edificio está formada por muros de carga y pórticos, que se apoyan en losas macizas, zapatas, cimientos corridos, vigas chatas y peraltadas, y losas aligeradas con viguetas pretensadas.
- b. Los muros perimétricos están conformados por ladrillos KK 18 huecos.
- c. Los muros de tabiquería están conformados por ladrillos pandereta confinados por columnetas y el acabado final será el tarrajeo de los muros y el cielo raso.
- d. Un tablero eléctrico general situado en el servicio de energía eléctrica alimenta los tableros de distribución que ascienden independientemente a cada planta.
- e. Las tuberías se encuentran empotradas en los muros no portantes.
- f. El servicio de agua cuenta con una red de agua fría y caliente que cruza por falsas columnas en puntos estratégicos de la edificación sin comprometer la estructura principal.
- g. Asimismo, la red de desagüe cruza por losas macizas y baja por falsas columnas.

### **5.1.6. Restricciones de la obra en estudio**

Plazo estimado de 32 semanas.

Se cuenta con un presupuesto observado en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Presupuesto por niveles*

Niveles	Presupuesto
1er nivel	S/.178,083.30
2do nivel	S/.105,976.38
3er nivel	S/.103,500.83
4to nivel	S/.103,500.83
5to nivel	S/.103,500.83
Total	S/.594,562.18

*Nota.* Elaboración propia

### **5.1.7. Determinación de entregables de la obra en estudio**

A continuación, se describen los cuatro entregables del proyecto.

Primer entregable: Comprende toda actividad preliminar, provisional, de seguridad y todo movimiento de tierras.

Segundo entregable: Comprende las actividades de armado de acero, encofrado y vaciado de cimentación y cisterna subterránea.

Tercer entregable: Comprende las actividades de muros de albañilería confinada y elementos de concreto armado: Columnas, placas, vigas, escaleras, losas macizas y aligeradas.

Cuarto entregable: Comprende las actividades de instalaciones eléctricas y sanitarias: Instalaciones eléctricas, instalaciones de montantes, tableros principales y de distribución, alimentadores y pozos a tierra.

a. Instalaciones de agua fría: Instalación de montantes, colocación de accesorios para punto de alimentación de agua en cada piso.

b. Sistema de desagüe: Instalación de montantes y puntos de descarga en cada piso.

c. Colector principal: Instalaciones de redes colectoras y cajas de desagüe.

Quinto entregable: Comprende las actividades de arquitectura, muros de tabiquería de ladrillo pandereta y tarrajeo.

## **5.2. Descripción de los procesos constructivos en obra**

### **5.2.1. Encofrado y desencofrado**

El supervisor asume la responsabilidad al momento de verificar el cumplimiento de los

requisitos de la actividad usando el formato de calidad de la empresa, en el que se indica que se tiene que verificar el acero, encofrado y vaciado de concreto.

Los requisitos por verificar en el formato de la empresa son:

- a. Revisión de datos básicos, como dimensiones, altura, velocidad de vaciado de concreto, resistencia a la compresión, consistencia del concreto, entre otros.
- b. Revisión de planos del proveedor, donde indica la correcta colocación del elemento.
- c. Al detectarse algún error o interferencia se notificará de inmediato para solucionar el problema antes que afecte la cadena de actividades.

Previamente al vaciado del concreto de cualquier elemento, se debe realizar la verificación de los siguientes parámetros:

- a. Condición: Se verificará que los encofrados no tengan muchos usos y que aun estos se mantengan sin deformaciones u otras anomalías en su superficie.
- b. Amarres, arriostres, plomado y alineamiento: Se verificará que los amarres, arriostres estén en los lugares correctos, además el encofrado tiene que estar plomado para garantizar las dimensiones, debe estar correctamente alineado el encofrado según el plano.
- c. Juntas: “Las Juntas de construcción en entresijos deberán estar ubicadas en el tercio central de la luz de losas y Vigas. Las juntas en vigas principales, en caso existan vigas transversales dentro de un mismo paño, deberán estar a una distancia mínima de dos veces el ancho de las vigas transversales indicadas.” (RNE, Capítulo 6, Ítem 6.4, pág. 38)
- d. Trazo: La verificación del trazo es muy importante porque este determinara la posición del encofrado y la altura de vaciado que la determinara el topógrafo según los planos.
- e. Recubrimiento: Se verificará que las medidas planteadas en los planos sean respetadas en obra como el recubrimiento que poseen los elementos de concreto armado.
- f. Elementos de encofrados: Se verificará en lo posible se inspecciona la ubicación de los elementos que conforman en este caso del encofrado de madera, como: paneles, tornapuntas, pies derechos, cuñas.

Cuando las especificaciones técnicas del proyecto no indiquen o no se tenga claro los tiempos en el que se retiran las llaves y encofrado.

- a. Placas y Columnas: 12 horas
- b. Vigas Peraltadas: Frisos de viga 24 h
- c. Fondos de vigas se retiran a los 14 días y las llaves a los 21 días.
- d. Losa Aligerada: Se retirará a los 7 días el 50% del apuntalamiento (correspondiente a

zonas fuera del tercio central de la luz), luego a los 14 días se retirará el encofrado en su totalidad.

## 5.2.2. Fabricación de viguetas prefabricadas






### 5.2.2.1. Aspectos técnicos

Este sistema de construcción consta de losas de compresión vaciadas in situ, viguetas prefabricadas pretensadas y bovedillas (complementos de aligeramiento).

En este proyecto se decidió trabajar con la empresa CONCREMAX, puesto que ya se tiene un buen historial con ellos, a continuación, en la Figura 5 se presenta la variedad de viguetas que este proveedor produce a nivel comercial.

**Figura 5**

*Tipos de viguetas pretensadas de CONCREMAX*

TIPOS DE VIGUETAS				
V-101	V-102	V-103	V-104	V-105
				
3ø4mm	4ø4mm	5ø4mm	4ø5mm	5ø5mm

*Nota.* Sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas (p.15), por CONCREMAX, (2005)

El manual llamado “Sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas” del proveedor CONCREMAX recomienda en qué casos usar el tipo de viga prefabricada (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Luz máxima de viguetas*

Serie de viga	Luz máxima (m)
V-101	5.5
V-102	6.5
V-103	7.5
V-104	7.5
V-105	8.5

*Nota.* Adaptado de CONCREMAX (2005)

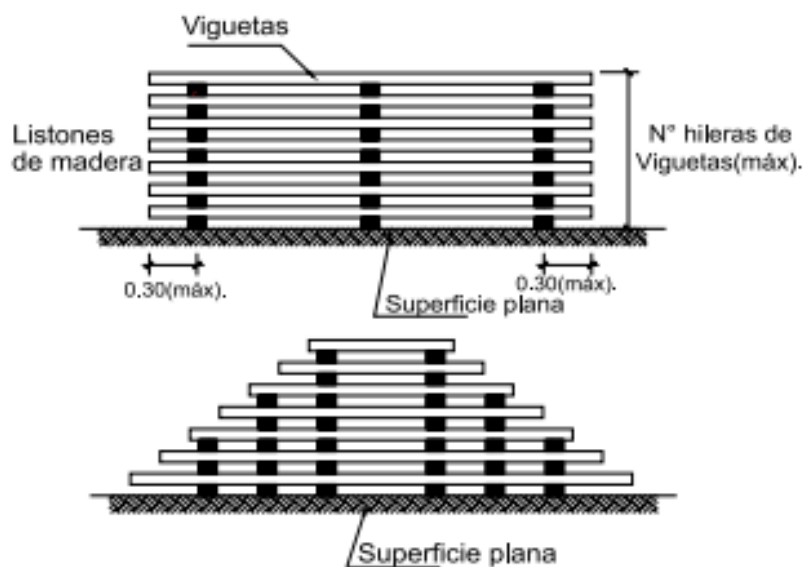
### 5.2.2.2. Proceso constructivo

a. Apilación: Las viguetas se colocarán en forma de T invertida y sobre una superficie

plana, a partir de la vigueta V-103 hasta la V-105 no se debe almacenar las viguetas más de una semana, el espaciamiento entre listones cuando hay 9 hileras de viguetas debe ser 1.50 metros, además cuando hay 7 hileras de viguetas debe ser 2.00 metros, Cuando se va a colocar las viguetas en la losa, se pueden realizar de varias maneras como manual, polea, winche eléctrico y torre grúa, en cualquiera de estos tipos de transporte la vigueta siempre debe permanecer en forma de T invertida. En la Figura 6 se puede observar la forma correcta en la cual se debe almacenar las viguetas.

### Figura 6

#### *Izaje de viguetas pretensadas*



*Nota.* Sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas (p.38), por CONCREMAX, (2005).

b. Colocación: La primera recomendación en la colocación de este tipo de viguetas es haber realizado un correcto apuntalado, posteriormente no colocar las bovedillas sin antes haber apuntalado, las viguetas deberán ingresar de 10 a 15 cm dentro de la viga, como las viguetas solo poseen el acero positivo, en obra se complementará con la colocación de acero negativo, que va espaciado cada 50 o 60 cm o dependiendo del proyectista. Cuando se trata de instalaciones sanitarias, se aconseja que la dirección del desagüe discurra lo más paralela posible a las viguetas. No obstante, si la tubería debe cruzar una vigueta, puede cortarse hasta cinco centímetros; el tercio central del forjado no debe tener ninguna vigueta cortada. En la Figura 7 se puede observar que no se deben picar las viguetas en la zona del tercio central de la losa.



## **Figura 7**

### *Instalaciones sanitarias en losa*



*Nota.* Elaboración propia

### **5.2.3. Almacenamiento de encofrado de aligerado**

En este proyecto se contó con más del 50% de pies derechos para el encofrado de la losa desde la primera etapa del proyecto que sería la de cimentaciones. En la Figura 8 se muestra el espacio donde se almacenarán los pies derechos, además se aprovechó para poder realizar la revisión de condición de cada uno de ellos y desechando los que ya no cumplían con ese requisito.

## Figura 8

### *Almacenamiento de encofrado de aligerado*



*Nota.* Elaboración propia

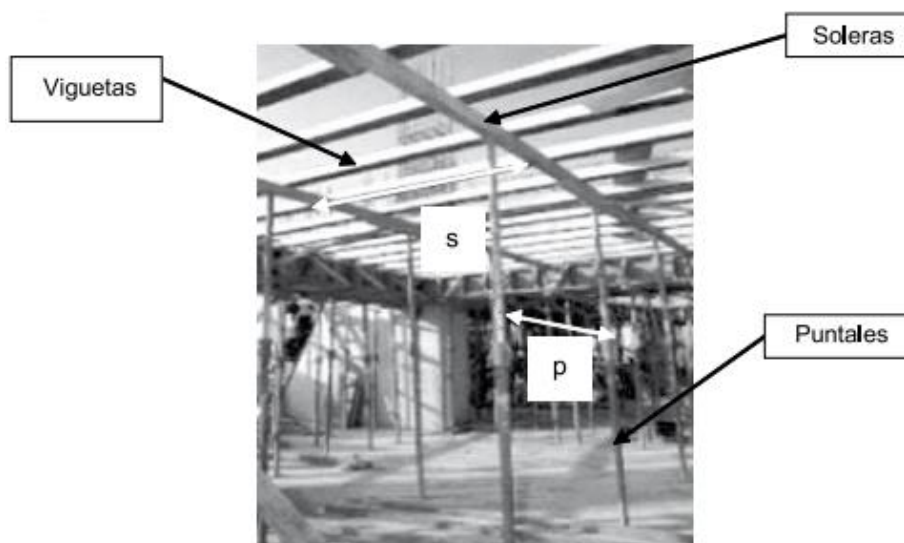
### **5.2.4. Apuntalamiento e instalación de viguetas prefabricadas**

Las viguetas no necesitan fondo de encofrado, solo necesitan de soleras y puntales que varían según el espaciamiento entre viguetas.

En la Figura 9 se puede ver los elementos necesarios para el apuntalamiento de las viguetas y en la Tabla 6 se muestran las luces máximas de apuntalamiento de viguetas.

## Figura 9

### *Apuntalamiento e instalación de viguetas prefabricadas*



*Nota.* Sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas (p.40), por CONCREMAX, (2005)

Donde:

“s” distanciamiento entre soleras

“p” distanciamiento entre puntales

**Tabla 6**

*Luz máxima de viguetas*

<b>Losa aligerada con bovedilla de arcilla, concreto, mix y poliestireno</b>				
Altura de losa	Espaciamien to	Serie**	Soleras (3"x4")	Puntales (3"x4")
Losa aligerada de 17 cm	@.60	Baja	1.50 m	1.50 m*
		Alta	1.50 m	1.50 m*
Losa aligerada de 17 y 20 cm	@.50	Baja	Hasta 2.00 m	1.50 m*
		Alta	Hasta 2.00 m	1.50 m*
Losa aligerada de 25 y 30 cm	@.50	Baja	1.80 m	1.50 m*
		Alta	1.80 m	1.50 m*

*Nota.* Adaptado de sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas, CONCREMAX, (2005).

Para poder retirar el apuntalado, la resistencia mínima que debe tener un concreto para desencofrar con seguridad es de 140 kg/cm<sup>2</sup>. En la Tabla 7 se muestran las indicaciones del proveedor.

**Tabla 7**

*Desapuntalamiento de aligerado*

<b>Vigueta 11 x 10</b>		
<b>Luces de los paños</b>	<b>Entrepiso</b>	<b>Azotea</b>
0.00 – 3.00 m	1.50 m	4 días
3.00 – 4.50 m	Hasta 2.00 m	4 días
4.50 – 5.50 m	Hasta 2.00 m	5 días
5.50 – 7.00 m	1.80 m	6 días
7.00 – 8.40 m	1.80 m	7 días

*Nota.* Adaptado de sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas, CONCREMAX, (2005).

Este desapuntamiento no incluye el retiro de puntales en las vigas, estas aún deben permanecer apuntaladas, la losa se debe empezar a desencofrar por el centro.

#### **5.2.5. Vaciado de concreto en losa con viguetas prefabricadas**

En este caso el vaciado de concreto en losa con viguetas prefabricadas será monolítico, pese a haber realizado una sectorización, puesto que en este tipo de edificaciones no es conveniente realizar diversos vaciados de concreto en losa, porque el alquiler de los equipos y el tiempo que estos demoran en estar listos, el beneficio que se obtendría al realizar vaciados de losa por sectores no compensa el gasto que realizara en el alquiler de equipos, a diferencia de otros tipos de edificaciones en los cuales el área de losa sectorizada es grande, por lo cual libera bastante frente de trabajo y en esos casos el beneficio si compensa el gasto que se realiza.

### **5.3. Implementación de la producción ajustada en una vivienda multifamiliar**

Se presentarán los pasos detallados para llevar a cabo la implementación de la producción ajustada en la obra de estudio. Mediante el análisis y la aplicación de los principios de la producción ajustada se buscará identificar y eliminar desperdicios, optimizar flujos de trabajo y promover una mayor colaboración entre los equipos involucrados.

#### **5.3.1. Elaboración de la planificación maestra (Master planning) y planificación por fases (Pull planning)**

Consiste la programación inicial del proyecto en la que se consideran los siguientes aspectos:

- a. Definición del alcance
- b. Análisis de stakeholders o partes interesadas
- c. Definición de la estructura de desglose del trabajo (WBS)
- d. Definición de la estructura de organización del proyecto (OBS)
- e. Análisis de riesgos del proyecto
- f. Definición de la estrategia de trabajo a seguir
- g. Identificación de recursos críticos
- h. Identificación de hitos
- i. Programación general de la obra
- j. Coste de las actividades
- k. Etc.

##### **5.3.1.1. Análisis de stakeholders o partes interesadas**

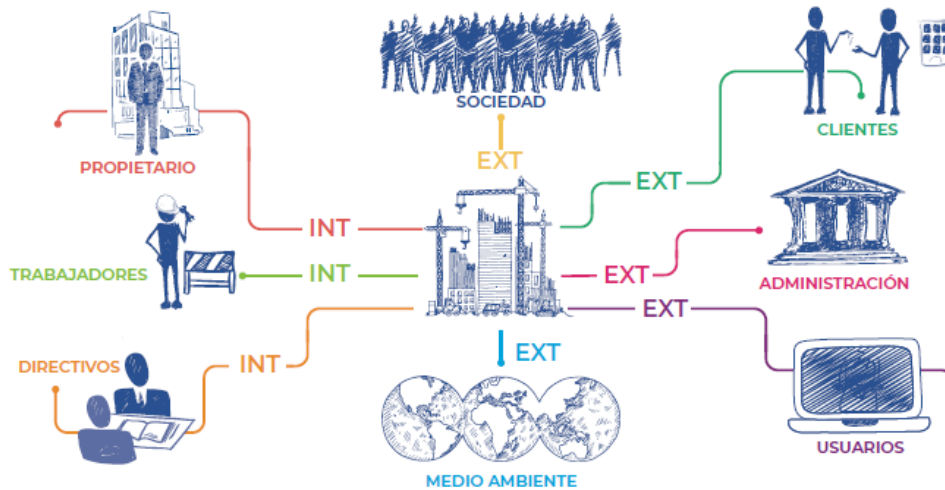
Este primer análisis consiste en identificar a todas las partes involucradas en el proyecto (cliente, proveedores, subcontratas, equipo de diseño, usuarios, entre otros) con sus

respectivas influencias e intereses hacia el proyecto.

La Figura 10 representa la conectividad existente entre todos los interesados del proyecto.

### Figura 10

Mapa genérico de stakeholders



*Nota.* Lean construction y la planificación colaborativa (p-38), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

En la Tabla 8 se definen todos los interesados en el proyecto objeto de estudio, la clasificación A corresponde a un nivel de interés/influencia “Alto” y la B a un nivel “Bajo”

**Tabla 8***Análisis de Stakeholders o interesados*

Interesado	Influencia	Interés	Estrategia
Municipalidad Distrital de VMT	A	A	Gestionar de cerca
Cliente	A	A	Informar
Delegado jefe de obra	A	A	Gestionar de cerca
Residente de obra	B	A	Informar
Jefe administrativo (Personal, contabilidad, facturación, almacén)	B	A	Mantener satisfecho
Jefe de producción	B	A	Informar
Jefe de oficina técnica (Planificación, proyectos, gestión Lean)	B	A	Informar
Subcontratistas	B	A	Informar
Proveedores	B	A	Informar
Asesores externos	B	A	Informar
Mano de obra	B	A	Monitorear
Sindicato	B	B	Monitorear

*Nota.* Elaboración propia.

### **5.3.1.2. Definición de la estructura de desglose del trabajo (WBS)**

La estructura de desglose de trabajo (EDT), también conocida como Work Breakdown Structure (WBS), es importante porque nos da una visión general de las actividades y el grado de complejidad del proyecto, en lo que a proceso constructivo se refiera, además ya se puede ir mapeando o tener una idea aproximada de cuáles serán las actividades más críticas en lo que a tiempo y costo se refiera.

En la Tabla 9 se presentarán todas las actividades que forman parte del plan maestro de la obra del proyecto “Edificación multifamiliar y comercial” y en la Figura 11 muestra la estructura de la WBS.

**Tabla 9**

*Actividades del plan maestro*

<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>
<b>01.01.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>
<b>01.01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>
01.01.01.01	CERCOS
<b>01.01.02</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>
<b>01.01.03</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>
01.01.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO
<b>01.01.04</b>	<b>DEMOLICIONES</b>
<b>01.01.05</b>	<b>MOVILIZACIÓN</b>
<b>01.01.06</b>	<b>TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO</b>
01.01.06.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR
01.01.06.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO
<b>01.02.00</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>
<b>01.02.01</b>	<b>ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>
01.02.01.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL
01.02.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA
<b>02.00</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>
<b>02.02.01</b>	<b>EXCAVACIONES</b>
02.02.01.01	EXCAVACIONES SIMPLES (CC Y VC HASTA 1.40 M)
02.02.01.02	EXCAVACIONES SIMPLES (ZAPATA AISLADA HASTA 1.70M)
02.02.01.03	EXCAVACIONES SIMPLES (CISTERNA HASTA 2.00M)
<b>02.02.02</b>	<b>RELLENOS</b>
02.02.02.01	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO
<b>02.02.03</b>	<b>NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO</b>
<b>02.02.04</b>	<b>ACARREO DEL MATERIAL EXCEDENTE</b>
<b>02.02.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>
02.02.01	SOLADO DE ZAPATAS 1:12 E=10 CM
02.02.02	CIMIENTO CORRIDO F'C=175 KG/CM2 + 30% P.G.
02.02.03	CIMIENTO CORRIDO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.02.04	BASE DE CONCRETO
<b>02.02.05</b>	<b>SOBRECIMIENTO</b>

02.02.06.01	SOBRECIMIENTO: CONCRETO F'C= 145 KG/CM2
02.02.06.02	SOBRECIMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
<b>02.03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>
<b>02.03.01</b>	<b>ZAPATAS</b>
02.03.01.01	ZAPATAS: CONCRETO F'C= 175 KG/CM2
02.03.01.02	ZAPATAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.01.03	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.02</b>	<b>VIGA DE CIMENTACIÓN</b>
02.03.02.01	VIGA DE CIMENTACIÓN: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.02.02	VIGA DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.02.03	VIGA DE CIMENTACIÓN: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.03</b>	<b>MUROS DE CONCRETO</b>
02.03.03.01	MUROS DE CONCRETO: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.03.02	MUROS DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (1 CARA)
02.03.03.03	MUROS DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (2 CARAS)
02.03.03.04	MUROS DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.04</b>	<b>COLUMNAS</b>
02.03.04.01	COLUMNAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.04.02	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.04.03	COLUMNAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.05</b>	<b>COLUMNETAS</b>
02.03.05.01	COLUMNETAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.05.02	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.05.03	COLUMNETAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.06</b>	<b>VIGAS</b>
02.03.06.01	VIGAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.06.02	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.06.03	VIGAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.07</b>	<b>VIGAS DE AMARRE</b>
02.03.07.01	VIGAS DE AMARRE: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.07.02	VIGAS DE AMARRE: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.07.03	VIGAS DE AMARRE: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.08</b>	<b>LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL</b>
02.03.08.01	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.08.02	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

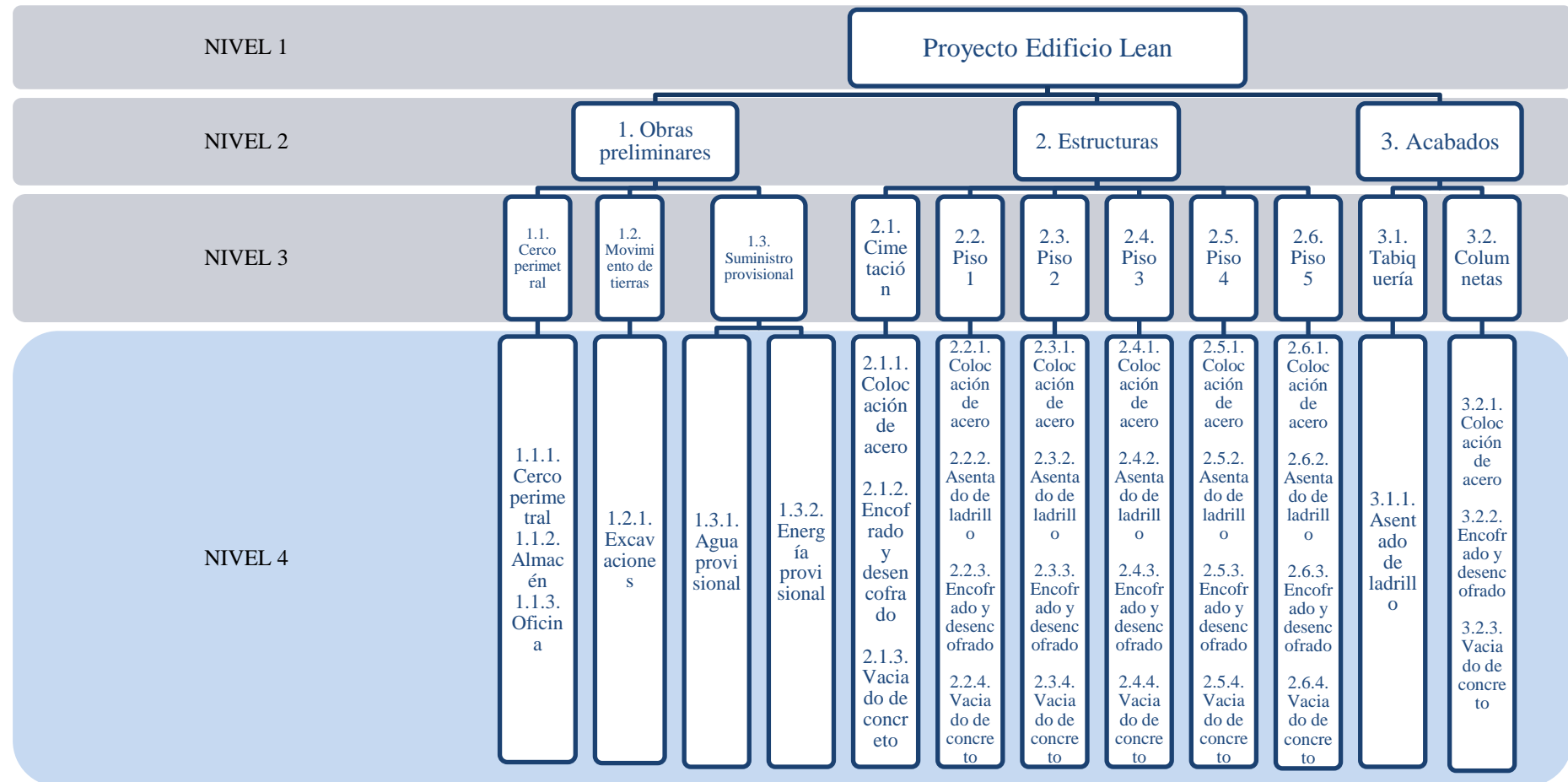


02.03.08.03	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
02.03.08.04	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: LADRILLO DE ARCILLA
<b>02.03.09</b>	<b>LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS</b>
02.03.09.01	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.09.02	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.09.03	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
02.03.09.04	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: BOVEDILLAS DE CONCRETO DE 40x20x15 CM
02.03.09.05	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: VIGUETAS PREFABRICADAS
<b>02.03.10</b>	<b>LOZA MACIZA</b>
02.03.10.01	LOZA MACIZA: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.10.02	LOZA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.10.03	LOZA MACIZA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.11</b>	<b>ESCALERAS</b>
02.03.11.01	ESCALERAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2
02.03.11.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.11.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.03.12</b>	<b>CISTERNA SUBTERRÁNEA</b>
02.03.12.01	CISTERNA SUBTERRÁNEA: CONCRETO F'C= 140 KG/CM2
02.03.12.02	CISTERNA SUBTERRÁNEA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
02.03.12.03	CISTERNA SUBTERRÁNEA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2
<b>02.04.00</b>	<b>ARQUITECTURA</b>
02.04.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA Mo. C.A.: 1:4, e=1.5 cm
02.04.02	MURO DE PANDERETA SOGA Mo. C.A.: 1:4, e=1.5 cm
02.04.04	TARRAJEO DE CISTERNA
<b>02.05.00</b>	<b>VARIOS</b>
02.05.03	INSTALACIONES SANITARIAS
02.05.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 11**

*Esquema de la estructura de desglose del trabajo*



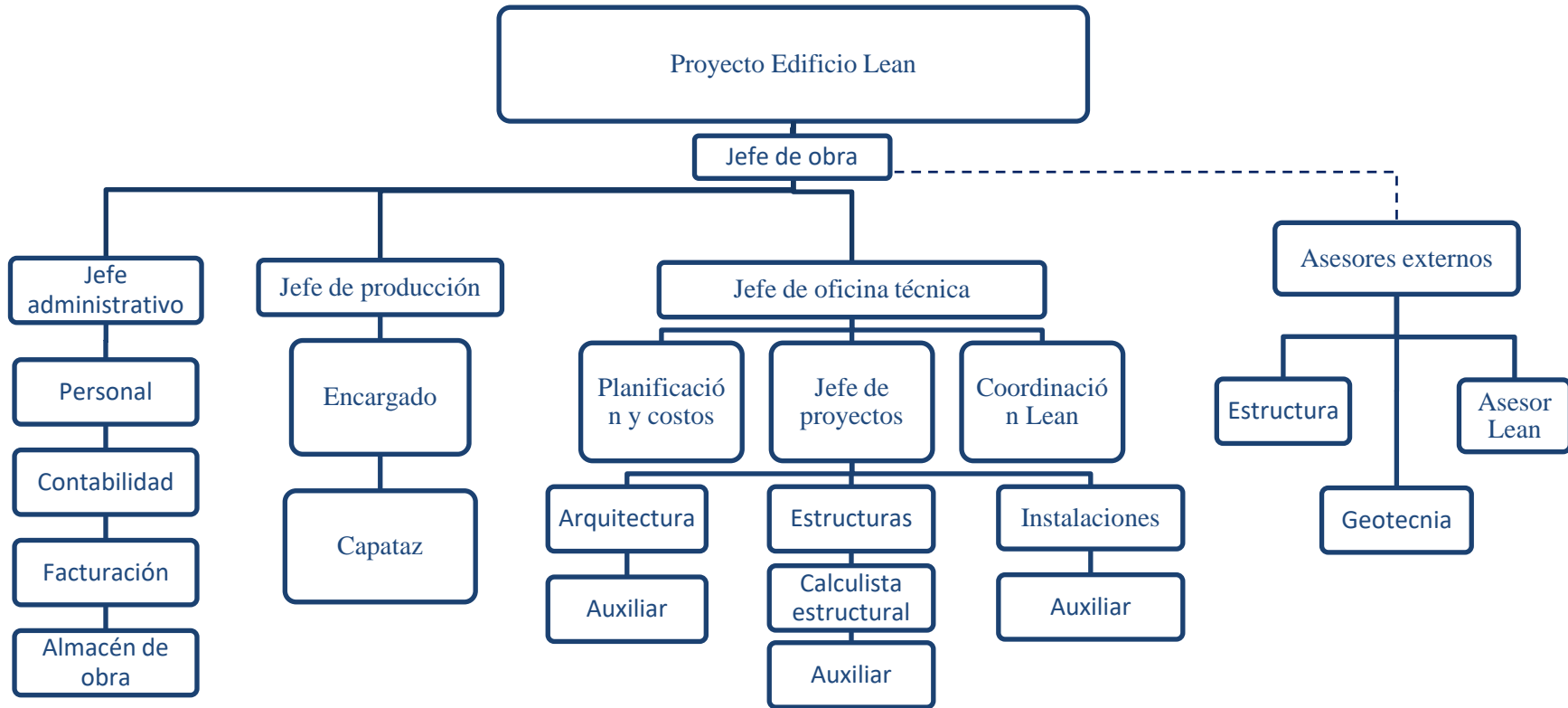
*Nota.* Elaboración propia.

### **5.3.1.3. Definición de la estructura de organización del proyecto (OBS)**

También conocido como Organizational breakdown structure (OBS), es importante porque, al desglosar el equipo del proyecto en pequeñas unidades organizativas, nos da una visión específica de las funciones que ocupara el personal involucrado en el proyecto. La Figura 12 muestra el OBS del proyecto objeto de estudio.

**Figura 12**

*Estructura de organización del proyecto*



*Nota.* Elaboración propia

#### **5.3.1.4. Sectorización**

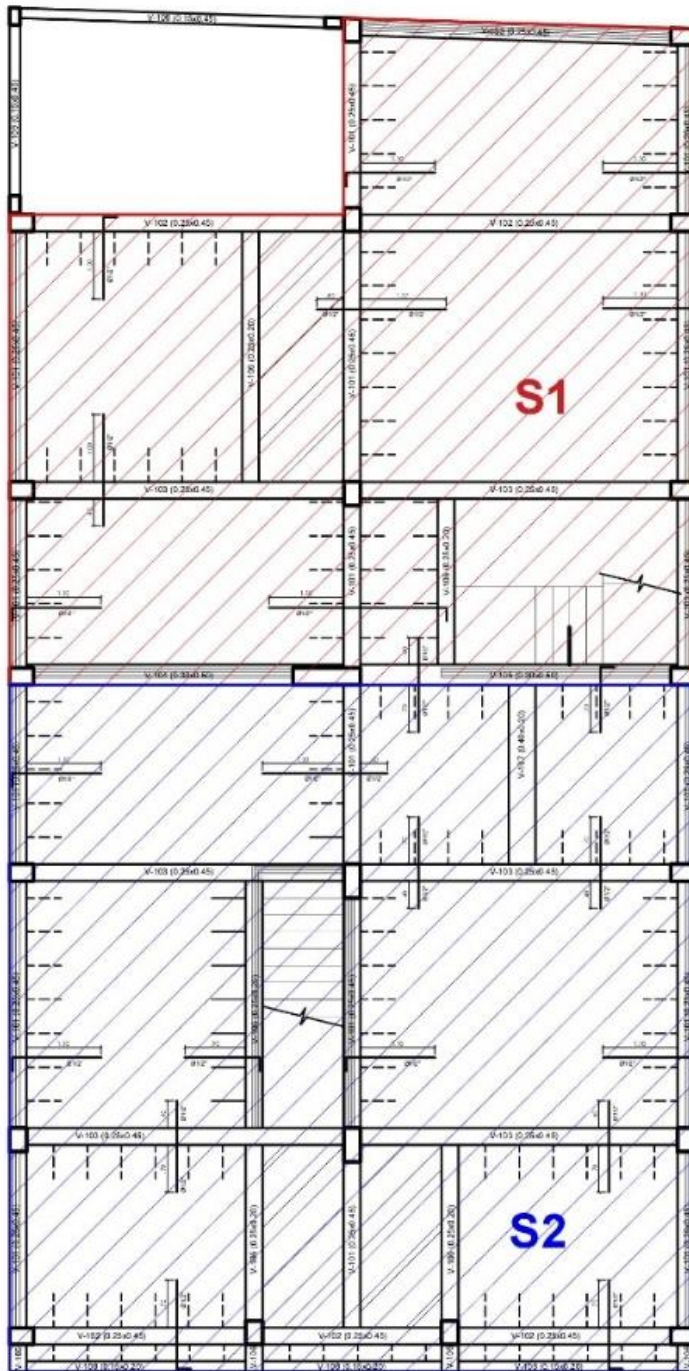
La metodología last planner system nos indica que sectorizar es un procedimiento importante y previo a la programación intermedia y a corto plazo, inclusive a la definición de hitos. En el plan maestro se establece en cuantos sectores se va a ejecutar la obra y se define la planificación en base a los metrados de cada sector.

Previo a la selección del número de sectores, se realizan propuestas preliminares en función al área del terreno y del proyecto. Actividades como el encofrado son importantes de conocer ya que son los que mayor tiempo requieren en la jornada laboral y determinan el ritmo de trabajo.

En nuestro proyecto, una vez realizado los metrados totales, se establecieron 02 escenarios: 02 sectores (Figuras 13 y 15) y 04 sectores (Figuras 14 y 16), con características similares entre sus elementos, manteniendo un orden lógico y uniformidad entre metrados.

**Figura 13**

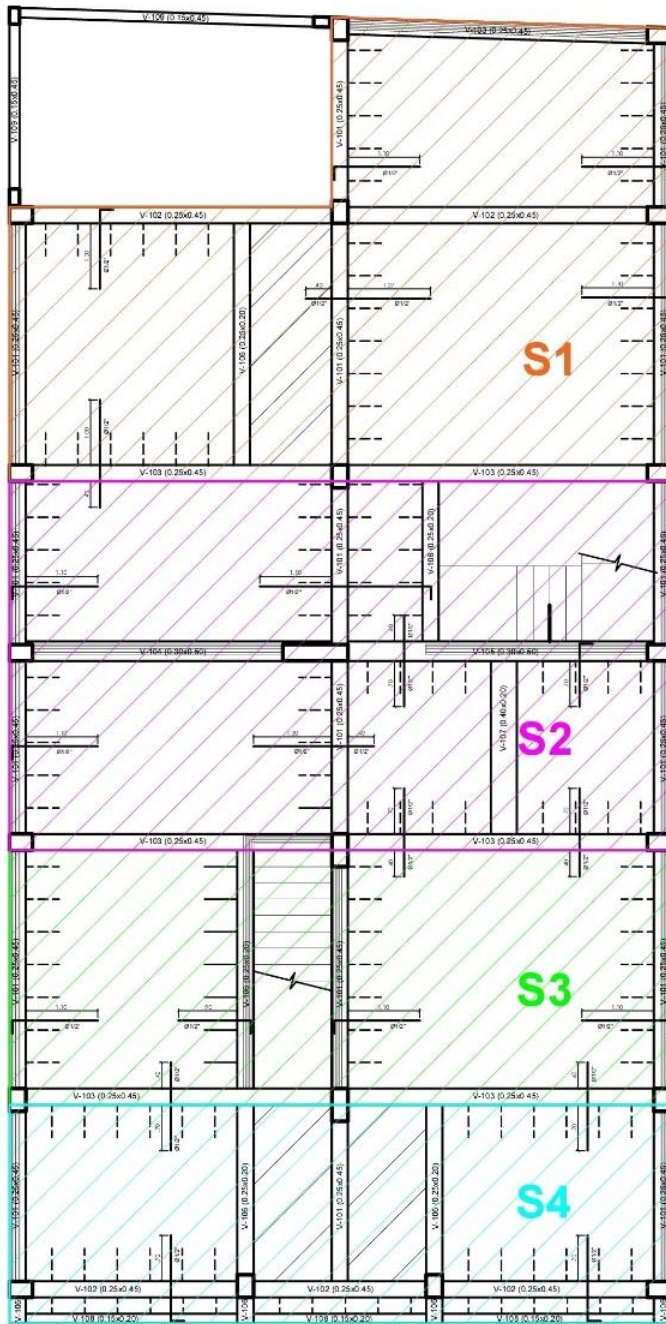
*Sectorización de encofrado en 2 sectores.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 14**

*Sectorización de encofrado en 4 sectores*

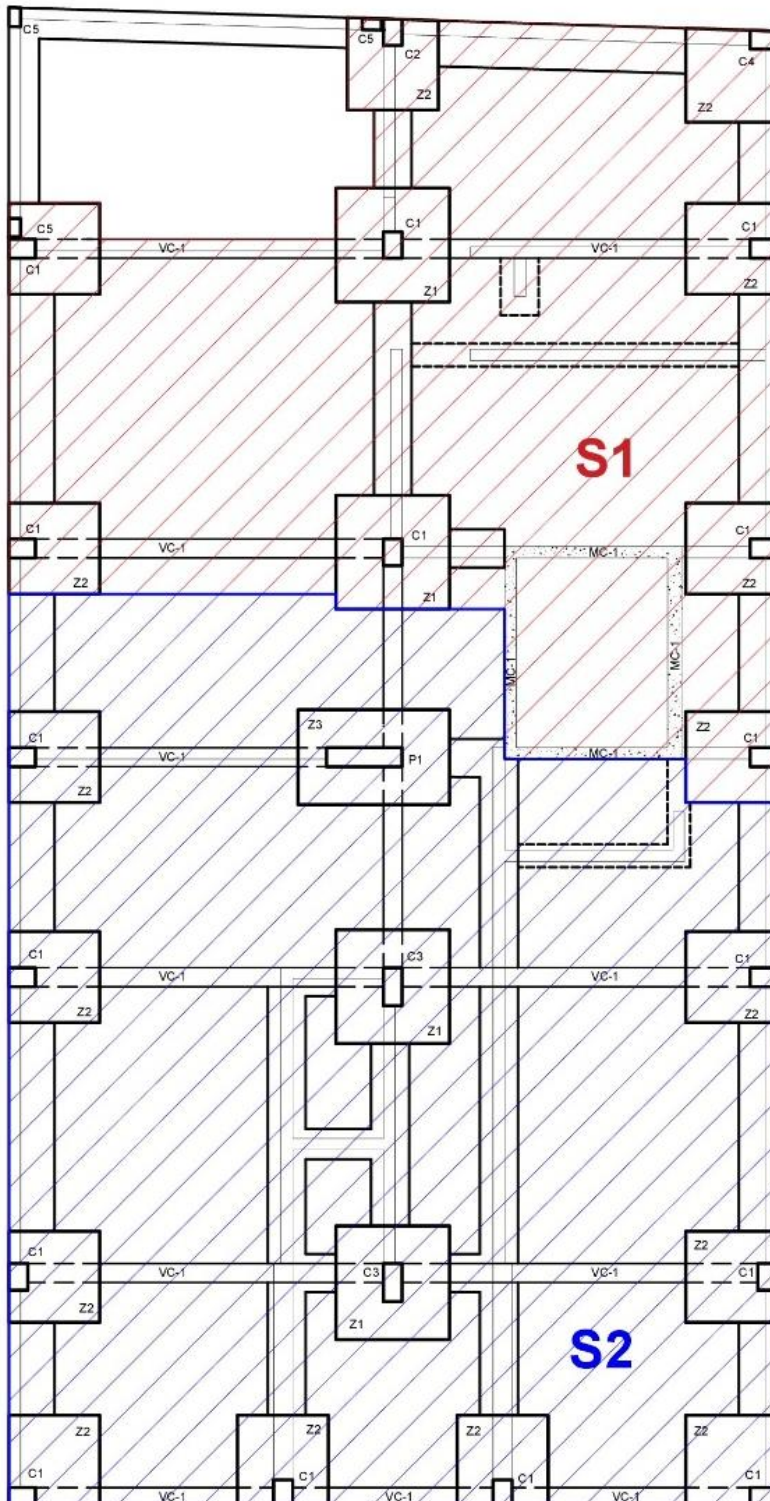


*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 15**

*Sectorización de cimentación en 2 sectores*

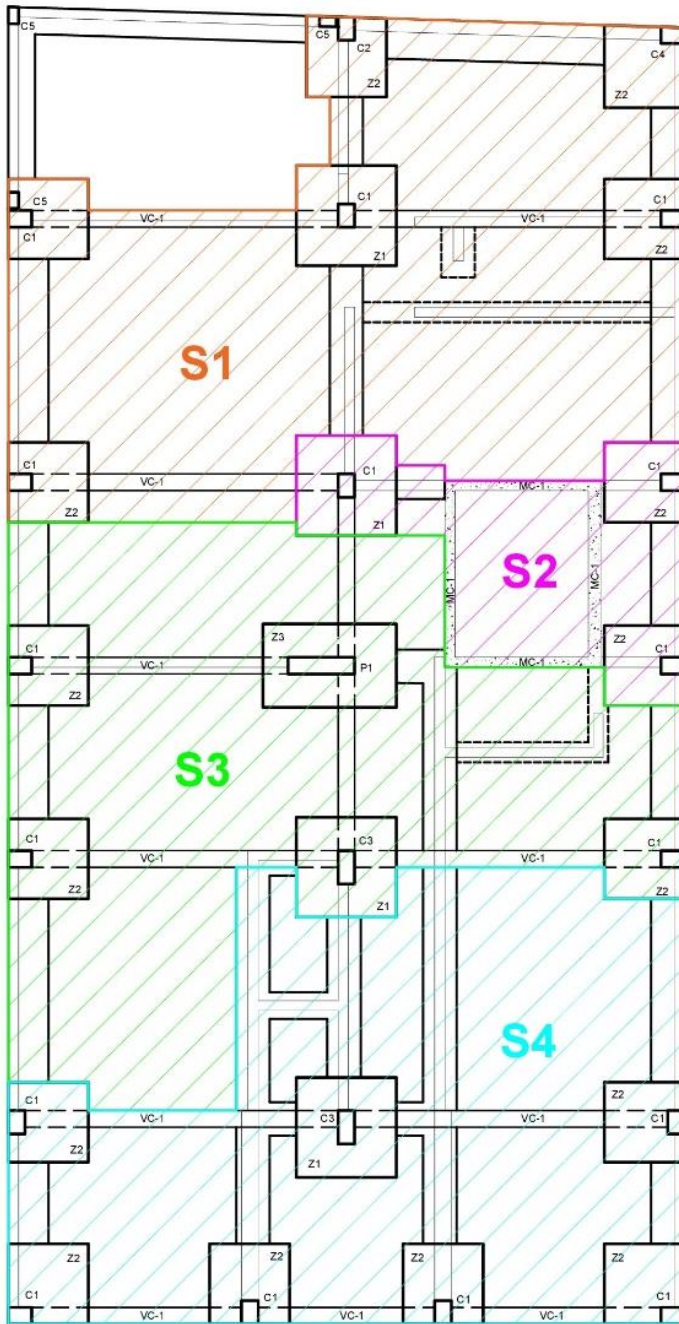


*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 16**

*Sectorización de cimentación en 2 sectores*



*Nota.* Elaboración propia.

### 5.3.1.5. Plan de hitos principales (Milestone planning)

El plan de hitos nos es útil en esta etapa, porque simplifica la información en plazos de entrega, como qué entregables contractuales y en qué fecha se deben presentar.

En este caso se apegó los hitos a la parte contractual de entregables, y sirve para tener claro las fechas y nuestra estrategia de planificación.

Las fechas establecidas en los hitos, generalmente, son propensos a su incumplimiento, y, en consecuencia, el plazo de entrega presentado por la constructora hacia el cliente. Por tanto, se opta por establecer un primer calendario de ventas (ver Tabla 10) en el cual el contratista está obligado a cumplir.

**Tabla 10**

*Calendario de ventas*

Plan de fases	Movimiento de tierras	Cimentación	Estructuras	Instalaciones	Acabados
Inicio	03/01/22	03/01/22	07/01/22	17/01/22	21/04/22
Fin	02/02/22	02/02/22	22/07/22	31/08/22	31/08/22

*Nota.* Elaboración propia

Seguido a esto, el contratista prepara un calendario objetivo (ver Tabla 11), cuyos plazos son más fieles al calendario original y puede diferir de este unas 03 a 06 semanas al calendario presentado al cliente. El calendario que se utilizará para seguir el avance de las obras y de los subcontratistas durante la construcción se conoce como calendario objetivo. El jefe del proyecto o el residente de obra aprueba este calendario cuando lo crea el director de obra.

**Tabla 11**

*Calendario interno*

Plan de fases	Movimiento de tierras	Cimentación	Estructuras	Instalaciones	Acabados
Inicio	03/01/22	03/01/22	06/01/22	11/01/22	07/04/22
Fin	26/01/22	26/01/22	01/07/22	10/08/22	10/08/22

*Nota.* Elaboración propia

Una vez establecidos los hitos, se asignan los recursos pertinentes para cada uno de ellos (ver Tabla 12).

**Tabla 12***Asignación de recursos por hito (Costo directo)*

Hito 1 (Excavaciones)	Hito 2 (Cimentaciones)	Hito 3 (Estructuras)	Hito 4 (Acabados)	Total
				S/.
S/. 6,523.92	S/. 47,355.12	S/. 363,282.90	S/. 70,301.86	487,463.81

*Nota.* Elaboración propia.**5.3.1.6. Planificación por fases**

En esta etapa se busca identificar las fases de la obra, así como definir el trabajo correspondiente por cada fase de la obra. Esto es importante debido que, podremos ver de manera general, que restricciones importantes hay entre fases, que puedan en un futuro afectar la programación.

En este caso, tal como se observa en la Tabla 13, la fase 1 abarca desde movimiento de tierras hasta estructura, la fase 2 que abarca desde instalaciones hasta acabados húmedos, como podemos ver la fase 2 comienza en el mes de febrero debido que se plantea que el casco de como mínimo el primer nivel este culminado, liberando la restricción para que la fase 2 pueda entrar y así ir subiendo hasta llegar al último nivel. En promedio cada fase tiene una duración de 06 meses.

**Tabla 13***Plan de fases*

Fases	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Mov. de tierras	■							
Cimentación	■	■						
Estructura		■	■	■	■	■	■	
Instalaciones		■	■	■	■	■	■	■
Acabados húmedos			■	■	■	■	■	■

*Nota.* Elaboración propia.

Al finalizar esta etapa se tendrán identificadas las restricciones más importantes del proyecto así como a los involucrados comprometidos en cada parte; todo esto definido en

un plan de trabajo.

### **5.3.1.7. Planificación pull**

Una vez definidos todos los hitos y fases, se inicia la planificación pull. Esta metodología de planificación se utiliza para planificar cada fase de forma más detallada, en la cual definimos el último entregable de cada fase, y se va estableciendo la secuencia de actividades en reversa hasta definir el primer entregable.

Los objetivos de la planificación pull a diferencia del plan de fases, con esta metodología se busca un plan de trabajo más detallado de cada una de las fases y en un periodo de tiempo más corto. La Tabla 14 desarrolla los objetivos de la Planificación pull o pull sesión.

**Tabla 14**

*Objetivos de la pull session*

<b>Objetivos de la pull session</b>
1. Construir un plan de trabajo consentido y consensuado por todas las partes
2. Identificar restricciones.
3. Adquirir conciencia de como el trabajo de unos afecta a los demás.
4. Identificar conflictos en la secuenciación de actividades de tareas del plan maestro.
5. Identificar la duración de las contingencias.
6. Identificar las superposiciones reales de las tareas.
7. Concienciar a las subcontratas y al equipo de posibles problemas y riesgos.
8. Conocer la duración efectiva de cada tarea suponiendo que no habrá restricciones.
9. Identificar nuevo camino crítico, y mover las tareas si es necesario.
10. Identificar las nuevas formas de mejorar el flujo continuo.

*Nota.* Tomado de Lean construction y la planificación colaborativa (p-50), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

### 5.3.1.8. Tren de actividades

Es una herramienta visual utilizada en el Last Planner System. Representa el flujo de trabajo como un tren en movimiento, donde cada actividad es un vagón que avanza a través de las etapas del proyecto. Sus características principales son:

- Planificación colaborativa con el equipo involucrado.
- Secuenciación visual para identificar dependencias y conflictos.
- Compromiso con fechas de entrega establecidas para cada actividad.
- Identificación temprana de problemas o retrasos en el proyecto.
- Reuniones de seguimiento regulares para ajustar el plan según sea necesario.
- Promueve la mejora continua del proceso de gestión de proyectos.

Esta herramienta permite una mejor planificación, seguimiento y eficiencia en el proyecto. La Figura 17 muestra el tren de actividades correspondiente al mes de enero realizado en nuestro caso de estudio. Véase en el Anexo 2 el tren de actividades completo.

**Figura 17**

*Tren de actividades de enero*

	ENERO																														
	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4									
	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L
CIMENTACION																															
Excavacion Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2				S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Solado de Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2				S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Acero de Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2				S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Acero de Zapata y Cisterna			S1	S1			S1	S2	S2	S2				S3	S3	S3			S4	S4	S4										
Encofrado de Zapata y cisterna			S1	S1			S1	S2	S2	S2				S3	S3	S3			S4	S4	S4										
Vaciado de Zapata y cisterna			S1	S1			S1	S2	S2	S2				S3	S3	S3			S4	S4	S4										
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)							S1	S1	S1	S2			S2	S2				S3	S3	S3	S4	S4									S4
Encofrado de elementos horizontales							S1	S1	S1	S2			S2	S2				S3	S3	S3	S4	S4									S4
Acero de elementos Horizontales							S1	S1	S1	S2			S2	S2				S3	S3	S3	S4	S4									S4
Vaciado de elementos Horizontales							S1	S1	S1	S2			S2	S2				S3	S3	S3	S4	S4									S4
ESTRUCTURA																															
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																S1		S1	S1	S1	S2	S2									S2
Vaciado de Horizontales																S1		S1	S1	S1	S2	S2									S2
Acero de Verticales Columna, columneta y placas				S1	S1			S1	S2	S2	S2				S3	S3	S3			S4	S4	S4	S1	S1							S1
Asentamiento de Ladrillos K.K																							S1	S1							
Encofrado de Verticales																															
Vaciado de Verticales																															
Encofrado de Horizontales (Vigas)																															
Acero de Horizontales																															
Encofrado de Losa																															
Colocacion de Viguetas																															
Colocacion de Bovedillas																															
Acero de Losa																															
Escalera Econfrado																															
Escalera Acero																															
Instalaciones																															
Vaciado																															
ACABADOS																															
Asentamiento de Ladrillos pandereta																															
Acero de columnetas																															
Encofrado de columnetas																															
Vaciado de columnetas																															

*Nota.* Elaboración propia

### 5.3.2. Elaboración de la planificación intermedia (Lookahead Planning)

#### 5.3.2.1. Gestión de las restricciones

En la gestión de las restricciones, se debe identificar todas las restricciones de la obra, luego agrupar las restricciones para ver a que categoría pertenecen y así tener un panorama más claro de que áreas tenemos que dar prioridad. La Figura 18 muestra

ejemplos de formatos utilizados para la identificación de restricciones.

**Figura 18**

*Principales áreas o categorías de donde podemos identificar restricciones para generar Inventario de Trabajo Ejecutable*



*Nota.* Lean construction y la planificación colaborativa (p-34), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

### 5.3.2.2. Análisis de las restricciones

En el análisis de las restricciones, ya se compromete una estrategia para resolver las restricciones que producirán entre actividades sean tanto provocadas por los mismos proveedores de la obra y estos puedan generar alertas tempranas en caso se complique la entrega planificada, por esta misma razón en las reuniones de planificación, las personas encargadas de las cuadrillas de trabajo serán los que manifiesten a sus superiores la necesidad o problemas que surjan en su cuadrilla de trabajo.




Se debe llevar un registro de restricciones en el que todas vayan registradas para llevar a cabo el seguimiento de la persona comprometida con la liberación de la restricción. Cada registro debe contener al menos la siguiente información:



- Identificación de la restricción
- Actividad que se ve afectada por la restricción
- Descripción de la restricción
- Determinación o acción para eliminar la limitación
- Responsable de liberación de la restricción
- Fecha de identificación de la restricción
- Fecha comprometida para liberar la restricción
- Fecha real de liberación de la restricción

En la Figura 19 se muestra un formato de restricción utilizado en el proyecto con información del levantamiento de información de la semana 5.

**Figura 19**

*Plantilla de gestión de restricciones*

LISTADO DE RESTRICCIONES								
	Obra: Edificación multifamiliar y comercial			Fecha control:		SEMANA 5		
ID	Descripción de la restricción / problema	Impacto / actividad que se ve afectada	Acción	Prioridad	Responsable de liberarla	Fecha		Estado
					Responsable	Fecha compromiso	Fecha real liberación	Abierta / cerrada
#01	Acumulación de desmonte en el sector 1	Excavación cimentaciones	Eliminar desmonte		Ing. Residente	1/12/2022	1/12/2022	Cerrada
#02	Mal funcionamiento de Rotomartillo	Excavación cimentaciones	Dar mantenimiento al equipo		Jefe del almacén	1/10/2022	1/10/2022	Abierta
#03	Impedimento de libre	Todas las actividades de la	Habilitar un espacio		Ing. De Prevención de	1/10/2022	1/10/2022	Cerrada

	tránsito por puntales	semana			riesgos			
#04	La acumulaci on masiva de bolsas de cemento	Todas las actividade s de la semana	Habilitar un espacio		Logística	1/10/202 2	1/10/202 2	Cerrada
#05	Incorporac ion de personal del sindicato	Sobrecarg a de personal en actividade s	Habilitar mas actividad es		Ing. Resident e	1/11/202 2	1/11/202 2	Cerrada

*Nota.* Elaboración propia

### 5.3.3. *Plan a corto plazo*

En esta fase se debe tener claro, las actividades a realizar y las restricciones de estas mismas deben haber sido liberadas, porque si no tendría caso programar actividades que se saben que no se cumplirán.

La Figura 20 muestra el desarrollo de un plan semanal extraído del tren de actividades mostrado en el Anexo 2.



**Figura 20**

*Plan semanal*

PLAN SEMANAL														
ID.	Actividad	Fechas		UD.	Meta		Comple- tada	Semana	Enero					
		Inicio	Termino		Comprometida	Alcanzada			L	M	M	J	V	
									7	8	9	10	11	
<b>Edificación Multifamiliar</b>														
<b>Sector 01</b>														
	Muro de ladrillo kk tipo iv sogá mo. c.a.: 1:4, e=1.5 cm	07/03/2022	07/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : encofrado y desencofrado	07/03/2022	07/03/2022	m2	100.00%	100.00%								
	Columnas : concreto fc= 175 kg/cm2	07/03/2022	07/03/2022	m3	100.00%	66.67%								
	Vigas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	11/03/2022	11/03/2022	kg	100.00%	75.00%	0							
	Vigas : encofrado y desencofrado	11/03/2022	11/03/2022	m2	100.00%	80.00%	0							
<b>Sector 02</b>														
	Columnas : encofrado y desencofrado	07/03/2022	07/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : concreto fc= 210 kg/cm2	07/03/2022	07/03/2022	m3	100.00%	100.00%	1							
	Muro de ladrillo kk tipo iv sogá mo. c.a.: 1:4, e=1.5 cm	08/03/2022	08/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Placas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	08/03/2022	08/03/2022	kg	100.00%	100.00%	1							
	Placas : encofrado y desencofrado	08/03/2022	08/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Placas : concreto fc= 210 kg/cm2	08/03/2022	08/03/2022	m3	100.00%	100.00%	1							
<b>Sector 03</b>														
	Columnas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	07/03/2022	08/03/2022	kg	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : encofrado y desencofrado	08/03/2022	09/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : concreto fc= 210 kg/cm2	08/03/2022	09/03/2022	m3	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	09/03/2022	09/03/2022	kg	100.00%	100.00%								
	Columnas : encofrado y desencofrado	09/03/2022	09/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : concreto fc= 175 kg/cm2	09/03/2022	09/03/2022	m3	100.00%	100.00%	1							
	Muro de ladrillo kk tipo iv sogá mo. c.a.: 1:4, e=1.5 cm	09/03/2022	09/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
<b>Sector 04</b>														
	Columnas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	07/03/2022	07/03/2022		100.00%	100.00%	1							
	Columnas : acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	09/03/2022	09/03/2022	kg	100.00%	100.00%	1							
	Muro de ladrillo kk tipo iv sogá mo. c.a.: 1:4, e=1.5 cm	10/03/2022	10/03/2022	m2	100.00%	100.00%	1							
	Columnas : encofrado y desencofrado	10/03/2022	11/03/2022	m2	100.00%	80.00%	0							
	Columnas : concreto fc= 210 kg/cm2	10/03/2022	11/03/2022	m3	100.00%	0.00%	0							
	Columnas : encofrado y desencofrado	11/03/2022	11/03/2022	m2	100.00%	80.00%	0							
	Columnas : concreto fc= 175 kg/cm2	11/03/2022	11/03/2022	m3	100.00%	0.00%	0							
Resumen: Total completadas (18) / Total actividades (25) = 72.00%														

*Nota.* Elaboración propia.

### **5.3.3.1. Carta balance**

El sistema Last Planner utiliza una herramienta visual denominada “carta balance” para seguir el desarrollo de las operaciones de un proyecto de construcción. Ofrece una representación visual fácil de entender de todas las tareas programadas y terminadas en un plazo determinado. Para mantener el proyecto dentro del calendario previsto, resulta útil detectar las desviaciones y adoptar medidas correctoras. Es un componente del proceso de la producción ajustada fomenta el trabajo en equipo y la productividad en la administración del proyecto.

La carta balance tiene relación con el PPC debido que, a través de esta herramienta, se muestra claramente el progreso real de las actividades en comparación con lo que se había planificado. Si el porcentaje cumplido de las actividades es alto y se acerca a lo planificado, la carta balance respalda la eficacia y el éxito del plan. Por otro lado, si el porcentaje cumplido es bajo o hay desviaciones significativas, la carta balance resalta las áreas de mejora y permite tomar acciones correctivas para ajustar la planificación y mejorar la ejecución del proyecto. En resumen, la carta balance justifica los resultados del plan de porcentaje cumplido al proporcionar una representación visual de la ejecución real de las actividades y permitir una evaluación objetiva del desempeño del proyecto.

En la Figura 21 y 22 se muestran la carta balance y el resumen de la carta balance de las cuadrillas de vaciado de concreto al inicio de la obra.

**Figura 21**

*Carta balance de la cuadrilla de vaciado de concreto del primer nivel*

CARTA BALANCE DE LA CUADRILLA DE VACIADO DE CONCRETO DEL PRIMER NIVEL						
TIEMPO (min)	Op1	Op2	Ofi	Pe1	Pe2	Pe3
08:00	IO	IO	HA	AM	AM	AM
08:15	PM	NV	HA	AM	ED	AM
08:30	PM	VC	LJ	AM	AM	VI
08:45	VIC	VC	PM	PM	PM	PM
09:00	VIC	ED	PM	PM	VC	ED
09:15	ED	TR	ED	TM	ED	PM
09:30	VIC	VC	PM	ED	VC	PM
09:45	PM	PM	LJ	VC	TM	VI
10:00	PM	NC	PM	VC	VI	TM
10:15	PM	NC	ED	VI	CP	VC
10:30	NC	VC	VI	PM	TM	ED
10:45	VIC	VC	PM	TM	PM	VI
11:00	VIC	ED	VC	L	L	AM
11:15	VI	PM	VC	VI	AM	AM
11:30	VIC	VC	VC	AM	VI	PM
11:45	VIC	VC	LJ	TM	TM	PM
12:00	VIC	VC	VC	VC	VC	ED
<b>ALMUERZO</b>						
13:00	IO	IO	LJ	AM	AM	AM
13:15	NV	PM	LJ	VI	AM	VI
13:30	VC	PM	LJ	AM	ED	AM
13:45	VC	VIC	PM	PM	PM	PM
14:00	ED	VIC	PM	ED	VC	VI
14:15	TR	ED	ED	PM	ED	TM
14:30	VC	VIC	PM	VI	PM	TM
14:45	PM	PM	LJ	VI	TM	VC
15:00	ED	PM	PM	TM	ED	VC
15:15	NC	PM	VI	VC	CP	VI
15:30	VC	NC	VI	ED	TM	PM
15:45	VC	VIC	PM	PM	VC	ED
16:00	ED	VIC	VC	AM	L	L
16:15	PM	VI	ED	AM	L	AM
16:30	VC	VIC	VC	PM	AM	VI
16:45	VC	VIC	LJ	PM	VC	TM
17:00	VC	VC	VC	ED	VC	VC

TRABAJO PRODUCTIVO (TP)	
VC	Vaciado de concreto
VIC	Vibrado de concreto
NC	Nivelación de concreto

TRABAJO CONTRIBUTORIO (TC)	
IO	Instrucciones de Obra (Recibir/Dar)
L	Lampear
AM	Acarreo de Materiales
TM	Traslado de mezcla
PM	Preparación de Mezcla
NV	Niveles de vaciado
LJ	Limpieza de juntas frías
HA	Habilitación de Andamios

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (TNC)	
ED	Esperas y descanso
VI	Viajes improductivos
CP	Colocación de pasas
TR	Trabajo rehecho



	TIPO DE TRABAJADOR	NOMBRE
I	OPERARIO	YIM BARETO MANDUJANO
II	OPERARIO	JOSE WILLIAM ROMERO BUENO
III	OFICIAL	WILVER CHAHVEZ INUACARI
IV	AYUDANTE	LUIS ALBERTO OSCCO ASTUCHADO
V	AYUDANTE	LUCIO ANTHONI TORRES BENTO
VI	AYUDANTE	GABRIEL ANTONIO PINEDO TORRES

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 22***Resumen de carta balance del primer nivel*

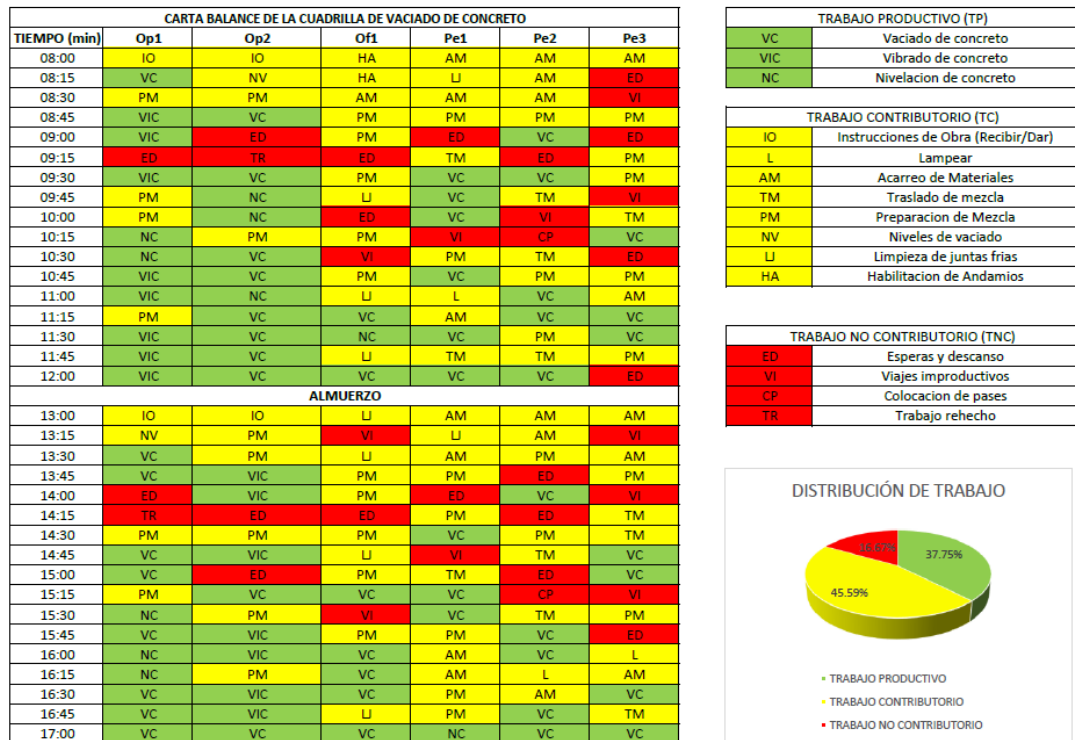
Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Total	Incid. Por trabajo	%
TRABAJO PRODUCTIVO	VC	Vaciado de concreto	39	59	19.12%	66.10%	28.92%
	VIC	Vibrado de concreto	15		7.35%	25.42%	
	NC	Nivelacion de concreto	5		2.45%	8.47%	
TRABAJO CONTRIBUTORIO	IO	Instrucciones de Obra (Recibir/Dar)	4	98	1.96%	4.08%	48.04%
	L	Lampear	5		2.45%	5.10%	
	AM	Acarreo de Materiales	21		10.29%	21.43%	
	TM	Traslado de mezcla	13		6.37%	13.27%	
	PM	Preparacion de Mezcla	43		21.08%	43.88%	
	NV	Niveles de vaciado	2		0.98%	2.04%	
	LJ	Limpieza de juntas frias	8		3.92%	8.16%	
	HA	Habilitacion de Andamios	2		0.98%	2.04%	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	ED	Esperas y descanso	24	47	11.76%	51.06%	23.04%
	VI	Viajes improductivos	19		9.31%	40.43%	
	CP	Colocacion de pases	2		0.98%	4.26%	
	TR	Trabajo rehecho	2		0.98%	4.26%	
TOTAL				204			

*Nota. Elaboración propia*

En las Figuras 23 y 24 se puede observar la transición que tuvo en el periodo final de la ejecución del proyecto, se ve un incremento de mejora en la carta balance por lo tanto en el PPC se reflejara con un mayor porcentaje de tareas cumplidas, en el Anexo 4 se observara un resumen de todas las muestras tomadas.

**Figura 23**

*Carta balance de la cuadrilla de vaciado de concreto del quinto nivel*



	TIPO DE TRABAJADOR	NOMBRE
I	OPERARIO	YIM BARETO MANDUJANO
II	OPERARIO	JOSE WILLIAM ROMERO BUENO
III	OFICIAL	WILVER CHAVEZ INUACARI
IV	AYUDANTE	LUIS ALBERTO OSCCO ASTUCHADO
V	AYUDANTE	LUCIO ANTHONI TORRES BENTO
VI	AYUDANTE	GABRIEL ANTONIO PINEDO TORRES

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 24**

*Resumen de carta balance del quinto nivel*

Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Total	Incid. Por trabajo	%
TRABAJO PRODUCTIVO	VC	Vaciado de concreto	52	77	25.49%	67.53%	37.75%
	VIC	Vibrado de concreto	15		7.35%	19.48%	
	NC	Nivelacion de concreto	10		4.90%	12.99%	
TRABAJO CONTRIBUTORIO	IO	Instrucciones de Obra (Recibir/Dar)	4	93	1.96%	4.30%	45.59%
	L	Lampear	3		1.47%	3.23%	
	AM	Acarreo de Materiales	19		9.31%	20.43%	
	TM	Traslado de mezcla	12		5.88%	12.90%	
	PM	Preparacion de Mezcla	42		20.59%	45.16%	
	NV	Niveles de vaciado	2		0.98%	2.15%	
	LJ	Limpieza de juntas frias	9		4.41%	9.68%	
HA	Habilitacion de Andamios	2	0.98%	2.15%			
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	ED	Esperas y descanso	19	34	9.31%	55.88%	16.67%
	VI	Viajes improductivos	11		5.39%	32.35%	
	CP	Colocacion de pases	2		0.98%	5.88%	
	TR	Trabajo rehecho	2		0.98%	5.88%	
TOTAL				204			

*Nota.* Elaboración propia

### 5.3.3.2. Porcentaje del plan completado (PPC)

Se obtiene a partir de la programación semanal y sirve para cuantificar el cumplimiento de todas las actividades, ya sean cumplidas o no cumplidas.

La Figura 25 y 26 muestran el PPC a lo largo de toda la obra.

#### Figura 25

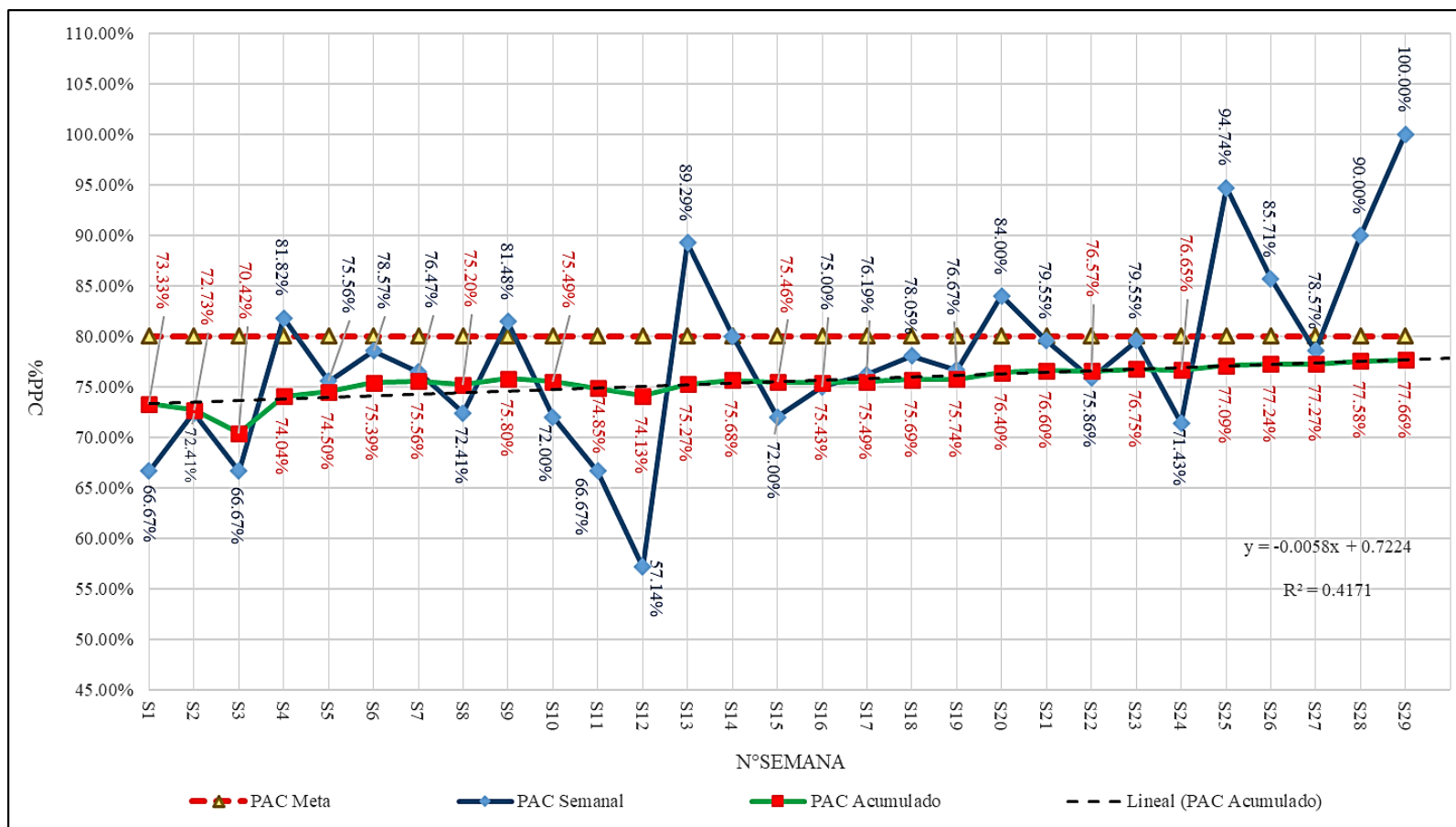
Tabla de PPC

Semana N°	Fecha Inicio	Fecha Término	N° Activ. Planificadas	N° Acumulado Activ. Planif.	N° Activ. Ejecutadas	N° Acumulado Activ. Eject.	PAC Semanal	PAC Acumulado	PAC Meta
Semana 1	3/01/2022	9/01/2022	15	15	10	11	66.67%	73.33%	80.00%
Semana 2	10/01/2022	16/01/2022	29	44	21	32	72.41%	72.73%	80.00%
Semana 3	17/01/2022	23/01/2022	27	71	18	50	66.67%	70.42%	80.00%
Semana 4	24/01/2022	30/01/2022	33	104	27	77	81.82%	74.04%	80.00%
Semana 5	31/01/2022	6/02/2022	45	149	34	111	75.56%	74.50%	80.00%
Semana 6	7/02/2022	13/02/2022	42	191	33	144	78.57%	75.39%	80.00%
Semana 7	14/02/2022	20/02/2022	34	225	26	170	76.47%	75.56%	80.00%
Semana 8	21/02/2022	27/02/2022	29	254	21	191	72.41%	75.20%	80.00%
Semana 9	28/02/2022	6/03/2022	27	281	22	213	81.48%	75.80%	80.00%
Semana 10	7/03/2022	13/03/2022	25	306	18	231	72.00%	75.49%	80.00%
Semana 11	14/03/2022	20/03/2022	24	330	16	247	66.67%	74.85%	80.00%
Semana 12	21/03/2022	27/03/2022	14	344	8	255	57.14%	74.13%	80.00%
Semana 13	28/03/2022	3/04/2022	28	372	25	280	89.29%	75.27%	80.00%
Semana 14	4/04/2022	10/04/2022	35	407	28	308	80.00%	75.68%	80.00%
Semana 15	11/04/2022	17/04/2022	25	432	18	326	72.00%	75.46%	80.00%
Semana 16	18/04/2022	24/04/2022	32	464	24	350	75.00%	75.43%	80.00%
Semana 17	25/04/2022	1/05/2022	42	506	32	382	76.19%	75.49%	80.00%
Semana 18	2/05/2022	8/05/2022	41	547	32	414	78.05%	75.69%	80.00%
Semana 19	9/05/2022	15/05/2022	30	577	23	437	76.67%	75.74%	80.00%
Semana 20	16/05/2022	22/05/2022	50	627	42	479	84.00%	76.40%	80.00%
Semana 21	23/05/2022	29/05/2022	44	671	35	514	79.55%	76.60%	80.00%
Semana 22	30/05/2022	5/06/2022	29	700	22	536	75.86%	76.57%	80.00%
Semana 23	6/06/2022	12/06/2022	44	744	35	571	79.55%	76.75%	80.00%
Semana 24	13/06/2022	19/06/2022	14	758	10	581	71.43%	76.65%	80.00%
Semana 25	20/06/2022	26/06/2022	19	777	18	599	94.74%	77.09%	80.00%
Semana 26	27/06/2022	3/07/2022	14	791	12	611	85.71%	77.24%	80.00%
Semana 27	4/07/2022	10/07/2022	14	805	11	622	78.57%	77.27%	80.00%
Semana 28	11/07/2022	17/07/2022	20	825	18	640	90.00%	77.58%	80.00%
Semana 29	18/07/2022	24/07/2022	3	828	3	643	100.00%	77.66%	80.00%

Nota. Elaboración propia.

**Figura 26**

Gráfica del PPC



Nota. Elaboración propia.



### 5.3.3.3. Causas de no cumplimiento (CNC)

La Figura 27 muestra las causas de no cumplimiento identificadas en la obra.

#### Figura 27

*Categorías de causas de no cumplimiento*

	Causas de No Cumplimiento
A	Mala planificación
B	Terminación de un trabajo anterior
C	Falta de materiales, equipos
D	Ausencia no planificada de mano de obra
E	Rendimiento inferior al esperado
F	Interferencias en campo / falta de supervisión
G	Estimación incorrecta de tiempo
H	Avería de maquinaria
I	Condiciones inseguras de trabajo
J	Mala calidad
K	Cambios del cliente

*Nota.* Adaptado de Lean construction y la planificación colaborativa, por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

En la Tabla 15 y la Figura 28 se observan las incidencias de cada una de las causas de no cumplimiento identificadas en la obra.

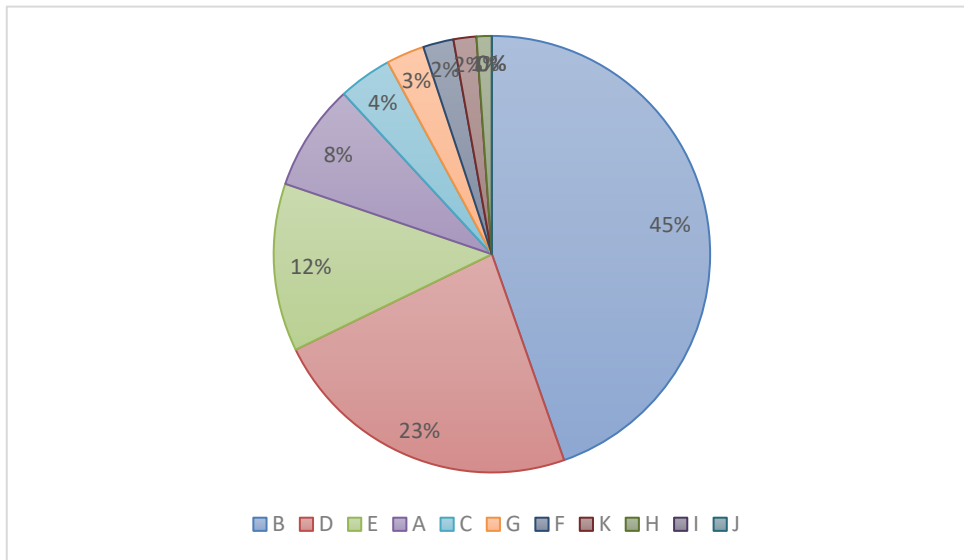
**Tabla 15***Detalles de causas de no cumplimiento*

Detalles de causas de no cumplimiento	Símbolo	Frecuencia	Incidencia	% acumulado
Terminación de un trabajo anterior	B	79	44.63%	44.63%
Ausencia no planificada de mano de obra	D	41	23.16%	67.80%
Rendimiento inferior al esperado	E	22	12.43%	80.23%
Mala planificación	A	14	7.91%	88.14%
Falta de materiales, equipos	C	7	3.95%	92.09%
Estimación incorrecta de tiempo	G	5	2.82%	94.92%
Interferencias en campo / falta de supervisión	F	4	2.26%	97.18%
Cambios del cliente	K	3	1.69%	98.87%
Avería de maquinaria	H	2	1.13%	100.00%
Condiciones inseguras de trabajo	I	0	0.00%	100.00%
Mala calidad	J	0	0.00%	100.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>177</b>	<b>100.00%</b>	

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 28**

*Incidencia de causas de no cumplimiento*



*Nota.* Elaboración propia

Este análisis de CNC es una herramienta útil para identificar los principales problemas en la ejecución de la edificación. Los porcentajes asociados a cada causa indican su incidencia en la finalización del trabajo.

La “terminación de un trabajo anterior” es la causa principal, lo que indica la importancia de gestionar adecuadamente las dependencias y secuencias de trabajos.

La “ausencia no planificada de mano de obra” es también una causa significativa, lo que sugiere que es importante mejorar la planificación del personal y la gestión de los recursos humanos en futuros proyectos.

El “rendimiento inferior al esperado” y la “mala planificación” también son factores importantes, lo que sugiere que se deben mejorar los procesos de planificación y gestión de la personal y recursos para mejorar la productividad y la eficiencia en el proyecto.

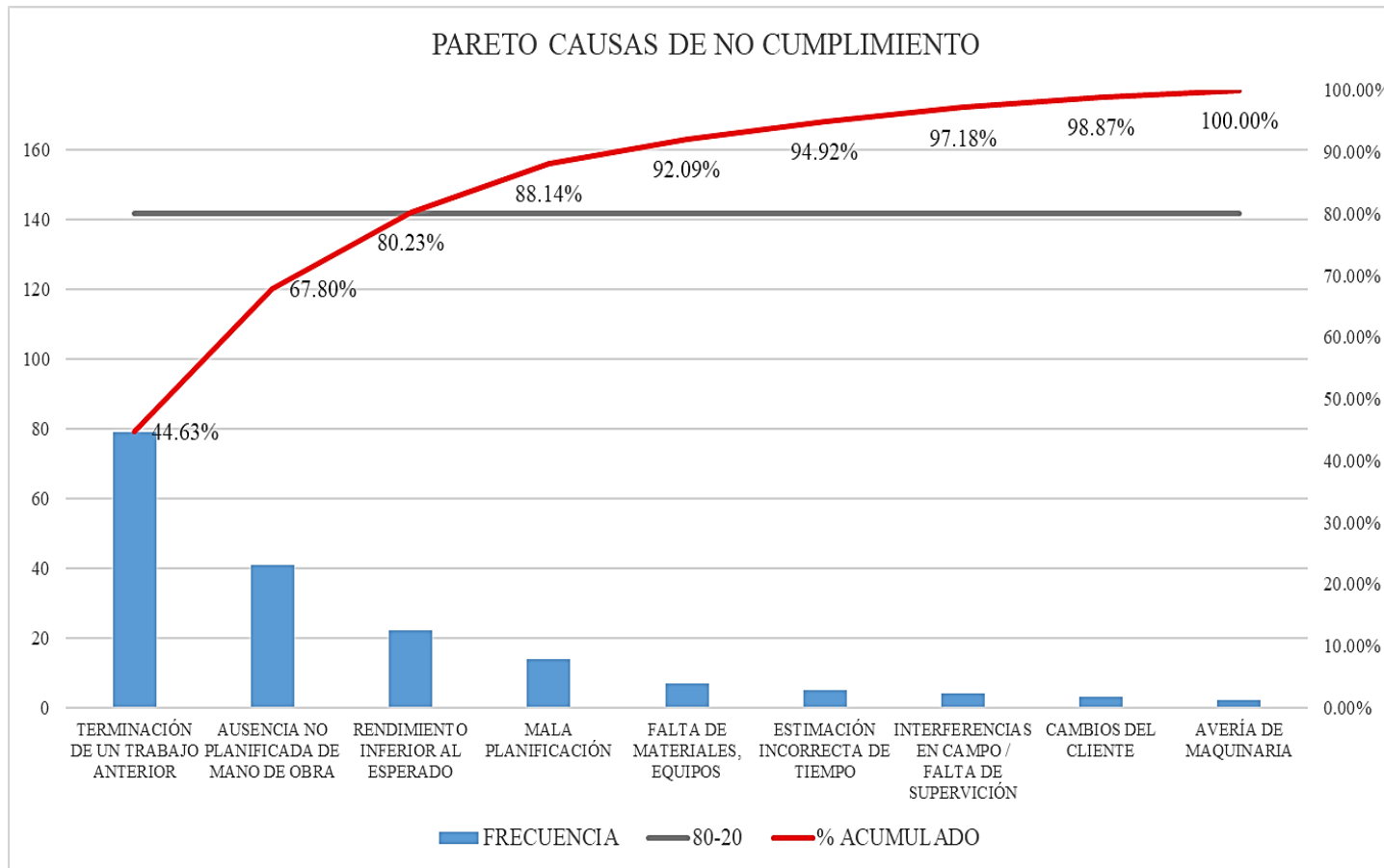
La “falta de materiales, equipos”, la “estimación incorrecta del tiempo” y las “interferencias en campo/falta de supervisión” también son factores que deben ser abordados para mejorar la eficiencia y reducir los retrasos.

Por otro lado, es positivo observar que no hay problemas relacionados con la calidad y la seguridad en el lugar de trabajo.

En resumen, este análisis sugiere que hay margen de mejora en la gestión del personal, los procesos de planificación y la gestión de los recursos en la construcción de la edificación. Ver Diagrama de Pareto en Figura 29 para mejor apreciación.

**Figura 29**

*Diagrama de Pareto*



*Nota.* Elaboración propia

Dado que la ausencia no planificada de mano de obra es el factor más significativo, representa un desafío importante para el proyecto. Es posible que haya problemas con la planificación y gestión del personal que deben abordarse para mejorar la eficiencia y reducir los retrasos.

Para abordar este problema, se pueden explorar diferentes estrategias, como mejorar los procesos de selección y contratación de personal, optimizar la programación del trabajo para maximizar la productividad de la mano de obra y considerar la formación y el desarrollo del personal para mejorar su desempeño y capacidad.

También se pueden explorar soluciones para minimizar los efectos de la ausencia no planificada de mano de obra, como la implementación de sistemas de trabajo flexible, la contratación de trabajadores temporales o subcontratistas, o la implementación de estrategias para la planificación y asignación de recursos más robustas.


En resumen, la ausencia no planificada de mano de obra es un problema importante que requiere atención y soluciones efectivas para mejorar la eficiencia y la productividad del proyecto.

### 5.3.3.4. Bases para las reuniones semanales

La Figura 30 muestra una plantilla de rutina de reuniones semanales usadas en obra.

**Figura 30**

*Ejemplo de rutina de la reunión semanal del LPS*

Rutina para reunión SEMANAL de LPS	
 <p><b>DURACIÓN:</b> 30 - 90 minutos. <b>FRECUENCIA:</b> Semanal <b>DÍA:</b> Jueves, Viernes o Lunes mañana. <b>HORA:</b> 10:00 de la mañana. <b>LUGAR:</b> En la obra o local próximo.</p>	<p><b>PARTICIPANTES</b></p> <p>Quién lidera la reunión: Jefe de obra (en su ausencia un encargado). O un facilitador experimentado las primeras veces. Asistentes a la reunión: Con carácter general los responsables de las tareas (subcontratistas o industriales), y siempre que sea posible, el equipo de gestión de proyecto: DF, Propietario, etc.</p>
<p><b>OBJETIVOS / ORDEN DEL DÍA</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Evaluar la cantidad real de trabajo realizado frente a lo planificado (PPC).</li><li>2. Analizar la causa raíz de las NO Conformidades.</li><li>3. Tomar acciones para mitigar las "Razones de No Cumplimiento".</li><li>4. Actualizar el Plan Intermedio. Qué actividades nuevas entran en el Plan.</li><li>5. Actualizar listado de restricciones.</li><li>6. Actualizar cronograma y nueva fecha de terminación.</li><li>7. Promover nuevas acciones de mejora para recuperar o adelantar el plan.</li><li>8. Determinar nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)</li><li>9. Definir plan de producción para la siguiente semana.</li><li>10. Actualizar el Plan de Acción y diagrama de Pareto.</li><li>11. Revisión de indicadores generales de la obra (avance parcial y general, seguridad, calidad, etc.).</li></ol>	<p><b>HERRAMIENTAS Y PLANTILLAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Software de Planificación.</li><li>2. Visualizador BIM</li><li>3. Plantillas en Excel: plan de acción, rutinas, indicadores clave, restricciones, Pareto de razones de no cumplimiento, etc.</li></ol>
<p><b>ENTRADAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Lista de los Problemas inmediatos.</li><li>2. Estado actual de la situación.</li></ol> <p><b>SALIDAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Compromiso de la gente.</li><li>2. Actualización de la lista de los Problemas inmediatos.</li><li>3. Actualización de la planificación a corto, medio y largo plazo.</li></ol>	<p><b>COMPORTAMIENTOS Y ACTITUD ESPERADOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Cada subcontratista escribirá sus propias tarjetas según el estándar facilitado, y las colocará en el panel.</li><li>2. No conversaciones Paralelas. No interrumpiré.</li><li>3. Pediré mi turno y daré comentarios constructivos.</li><li>4. No uso de móviles ni otro tipo de distracciones.</li><li>5. Me involucraré, apoyaré a mi equipo y me abriré a nuevas ideas.</li><li>6. Analizaré la causa raíz y pensaré en el plan de recuperación.</li><li>7. Reconoceré y celebraré el éxito con los miembros del equipo.</li><li>8. Pediré ayuda si no puedo solucionar un problema o no puedo cumplir con el plan.</li><li>9. Haré frente a cualquier problema relacionado con el rendimiento, plazos de entrega, recursos disponibles, etc.</li><li>10. Que cada participante prepare la información con anticipación.</li></ol>

*Nota.* Lean construction y la planificación colaborativa (p-62), por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, (2019).

En la gestión de las restricciones, se debe identificar todas las restricciones de la obra, luego agrupar las restricciones para ver a que categoría pertenecen y así tener un panorama más claro de que áreas tenemos que dar prioridad.

### 5.3.4. Análisis estadístico de resultados para la implementación de la producción ajustada

La Tabla 16 muestra la comparación de gastos proyectados y reales de obra.

**Tabla 16**

*Gasto proyectado vs gasto real (Costo directo)*

Tipo de gasto	Hito 1 (Excavaciones)	Hito 2 (Cimentaciones)	Hito 3 (Estructuras)	Hito 4 (Acabados)	Total
Gasto proyectado	S/. 6,523.92	S/. 47,355.12	S/. 363,282.90	S/. 69,872.98	S/. 487,034.93
Gasto real	S/. 5,520.00	S/. 43,224.90	S/. 339,905.43	S/. 66,817.07	S/. 455,467.40

*Nota.* Elaboración propia.

Esto sugiere que la gestión del proyecto y la planificación financiera fueron efectivas para mantener los costos bajo control.

La Tabla 17 muestra los gastos administrativos de la obra.

**Tabla 17**

*Gastos administrativos*

Gastos administrativos	Semanal	Semanas	Subtotal
Arquitecto	S/. 450.00	19	S/. 8,550.00
Ingeniero residente	S/. 675.00	28	S/. 18,900.00
Ayudante ingeniero	S/. 350.00	28	S/. 9,800.00
Oficina técnica	S/. 350.00	28	S/. 9,800.00
Total			S/. 47,050.00

*Nota.* Elaboración propia.

El semanal de oficina técnica corresponde a un porcentaje de la planilla asignada debido a que no era el único proyecto en cartera.

La Tabla 18 muestra el margen esperado al inicio y al final de obra.

**Tabla 18**

*Margen final de obra*

Gastos administrativos	Inicial	Final
Costo directo	S/. 503,866.25	S/. 455,467.40
Gastos generales (10%)	S/. 50,386.63	S/. 47,050.00
Utilidades (8%)	S/. 40,309.30	S/. 92,044.78
Presupuesto	S/. 594,562.18	S/. 594,562.18
Margen	6.78%	15.48%

*Nota.* Elaboración propia.

Se observa en la Tabla 19 el tiempo proyectado en la Pull Sesión y en tiempo real al finalizar el proyecto.

**Tabla 19**

*Comparación de tiempo*

Tiempo	Pull Sesión	Real
Total	32 semanas	28 semanas

*Nota.* Elaboración propia.

#### **5.4. Contrastación de hipótesis**

##### **5.4.1. Demostrar cómo la sectorización y trenes de trabajo mejoran el proceso constructivo de viviendas multifamiliares.**

Para contrastar la hipótesis 1 de la presente investigación, primeramente, se evaluó la distribución de normalidad de los datos de Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (Ver Tabla 20), que permitió comprobar la siguiente hipótesis:

H0: Los datos de la muestra se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos de la muestra no se ajustan a una distribución normal.

Se empleó el criterio del rechazo de la hipótesis nula, por lo cual el nivel de significancia de la hipótesis nula debe ser menor a 0.050 (Ver Tabla 21).



**Tabla 20***Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

i	PPC ( $x_i$ )	$(x_i - \bar{X})^2$	$a_i$	$x_i(i)$	$x_i - x_i(i)$
1	0.5714	0.04242	0.4291	1.0000	-0.4286
2	0.6667	0.01226	0.2968	0.9474	-0.2807
3	0.6667	0.01226	0.2499	0.9000	-0.2333
4	0.6667	0.01226	0.2150	0.8929	-0.2262
5	0.7143	0.00398	0.1864	0.8571	-0.1429
6	0.7200	0.00329	0.1616	0.8400	-0.1200
7	0.7200	0.00329	0.1395	0.8182	-0.0982
8	0.7241	0.00284	0.1192	0.8148	-0.0907
9	0.7241	0.00284	0.1002	0.8000	-0.0759
10	0.7500	0.00075	0.0822	0.7955	-0.0455
11	0.7556	0.00048	0.0650	0.7955	-0.0399
12	0.7586	0.00035	0.0483	0.7857	-0.0271
13	0.7619	0.00024	0.0320	0.7857	-0.0238
14	0.7647	0.00016	0.0159	0.7805	-0.0158
15	0.7667	0.00012		0.7667	
16	0.7805	0.00001		0.7647	
17	0.7857	0.00007		0.7619	
18	0.7857	0.00007		0.7586	
19	0.7955	0.00033		0.7556	
20	0.7955	0.00033		0.7500	
21	0.8000	0.00051		0.7241	
22	0.8148	0.00140		0.7241	
23	0.8182	0.00166		0.7200	
24	0.8400	0.00392		0.7200	
25	0.8571	0.00636		0.7143	
26	0.8929	0.01333		0.6667	
27	0.9000	0.01503		0.6667	
28	0.9474	0.02889		0.6667	
29	1.0000	0.04955		0.5714	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 21***Nivel de significación*

i	$\bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$	$a_i^* x_i - x_i(i)$	SW c (Estadístico)	SW t	p-value (Significancia)
1	0.7774	0.2190	-0.4609	0.9701	0.9260	0.6025

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 21 se observa que el valor de significación de los PPC tuvo un valor mayor a 0.050, por lo cual no se rechaza la hipótesis nula, es decir, este grupo de datos tiene una distribución normal.

A continuación, para observar si hubo diferencia significativa en el PPC entre el inicio y el final de la obra, se aplicó la prueba de t-student para medias de dos muestras emparejadas (ver Tabla 22). Al igual que en la prueba de normalidad, se aplicó el criterio de rechazo de la hipótesis nula para un valor de significancia menor a 0.050.

Entonces, para evaluar cómo la sectorización y trenes de trabajo mejoran el proceso constructivo de viviendas multifamiliares, se evaluó la hipótesis 1.

H0: La sectorización y trenes de trabajo no mejoran significativamente el proceso constructivo de viviendas multifamiliares.

H1: La sectorización y trenes de trabajo mejoran significativamente el proceso constructivo de viviendas multifamiliares.

**Tabla 22***Prueba de t-student para medias de dos muestras emparejadas*

	PPC inicial	PPC final
Media	0.71891327	0.87255639
Varianza	0.00511365	0.00470971
Muestras	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.22226324	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-3.51515366	
P(T<=t) una cola	0.01952646	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	

*Nota.* Elaboración propia.

De la Tabla 22, se observa que se obtuvieron valores de significancia para una sola cola igual a 0.019, siendo menor a 0.050, por este motivo se rechaza la hipótesis nula, confirmando que la sectorización y trenes de trabajo mejoran significativamente el proceso constructivo de viviendas multifamiliares.

#### **5.4.2. Demostrar cómo la gestión Lean mejora la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares**

Para contrastar la hipótesis 2 de la presente investigación, primeramente, se evaluó la distribución de normalidad de los datos de presupuesto meta y presupuesto real, para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, que permitió comprobar la siguiente hipótesis:

H0: Los datos de la muestra se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos de la muestra no se ajustan a una distribución normal.

En las Tablas 23 y 25 se observa que la distribución normal tuvo un valor menor a 0.050, por lo cual se rechaza la hipótesis nula, es decir, este grupo de datos no tiene una distribución normal.

Entonces, para demostrar que existe una diferencia significativa entre ambos presupuestos se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, para lo cual se empleó el criterio del rechazo de la hipótesis nula, por lo cual el nivel de significancia de la hipótesis nula debe ser menor a 0.050 (ver Tabla 24 y 26).

**Tabla 23**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el presupuesto meta*

i	Presupuesto meta (x <sub>i</sub> )	(x <sub>i</sub> - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	a <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> (i)	x <sub>i</sub> - x <sub>i</sub> (i)
1	6523.92	1.33E+10	0.6872	70301.86	-63777.94
2	47355.12	5.55E+09	0.1677	363282.90	-315927.79
3	363282.90	5.83E+10		47355.12	
4	70301.86	2.66E+09		6523.92	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 24***Nivel de significación para el presupuesto meta*

i	$\bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$	$a_i * x_i - x_i(i)$	SW c (Estadístico)	SW t	p-value (Significancia)
1	121865.95	7.98E+10	- 96809.29	0.1174	0.7480	0.0017

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 25***Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el presupuesto real*

i	Presupuesto real ( $x_i$ )	$(x_i - \bar{X})^2$	$a_i$	$x_i(i)$	$x_i - x_i(i)$
1	5520.00	1.35E+10	0.6872	66817.07	-61297.07
2	43224.90	6.18E+09	0.1677	339905.43	-296680.53
3	339905.43	4.75E+10		43224.90	
4	66817.07	3.03E+09		5520.00	

*Nota.* Elaboración propia.**Tabla 26***Nivel de significación para el presupuesto real*

i	$\bar{X}$	$(x_i - \bar{X})^2$	$a_i * x_i - x_i(i)$	SW c (Estadístico)	SW t	p-value (Significancia)
1	113866.85	7.03E+10	- 91876.67	0.1201	0.7480	0.0017

*Nota.* Elaboración propia.

Para evaluar cómo la gestión Lean mejoran la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares, se evaluó la hipótesis 2 (ver Tabla 27).

H0: La gestión Lean no mejora significativamente la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares.

H1: La gestión Lean mejora significativamente la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares.

**Tabla 27***Rangos de Wilcoxon de hipótesis 2*

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Costo Real -	Rangos negativos	4a	2,50	10,00
Costo Meta	Rangos positivos	0b	,00	,00
	Empates	0c		
	Total	4		

a. Costo Real &lt; Costo meta

b. Costo Real &gt; Costo meta

c. Costo Real = Costo meta

*Nota.* Elaboración propia.

De la Tabla 28, se observa que se obtuvieron un valor de significancia asintónica igual a 0.000, siendo menor a 0.050, por este motivo se rechaza la hipótesis nula, confirmando que la gestión Lean mejora significativamente la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares.

**Tabla 28***Prueba de rangos con signo de Wilcoxon*

	Costo Real – Costo Meta
Z	,000
Significancia asintónica (bilateral)	,000
b. Se basa en rangos positivos	

*Nota.* Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Se llevó a cabo la implementación de la producción ajustada mediante la metodología Last Planner System para mejorar la productividad y proceso constructivo de la construcción de una vivienda multifamiliar.

Sectorizar la obra puede tener varios beneficios, como una mejor gestión de los recursos humanos y materiales, una mayor eficiencia y flexibilidad en la asignación de tareas y una mejor coordinación y comunicación entre los diferentes equipos y actores involucrados en el proyecto, lo que contribuyó a mantener un ritmo de trabajo constante y evitar retrasos significativos.

Sin embargo, es fundamental reconocer que la sectorización por sí sola no es una solución completa. Es necesario seguir monitoreando y mejorando los procesos de gestión de proyectos en futuros proyectos de construcción. La identificación temprana de posibles riesgos y la implementación de medidas preventivas serán esenciales para minimizar los impactos negativos de eventos imprevistos en el futuro.

Los análisis de Causas de No Cumplimiento indicaban que la ausencia no planificada de mano de obra era el factor más significativo que afectaba la construcción del edificio multifamiliar, es posible que la planificación sectorizada de la obra haya sido eficaz para mitigar los efectos negativos de esta causa y lograr una finalización anticipada de la obra. Además, a pesar de los desafíos identificados en el análisis de CNC, se observa que la sectorización

Se logró ejecutar la obra en 28 semana, lo cual es más rápido que la planificación original de 32 semanas, esto puede ser considerado un éxito. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque el análisis de CNC previo no identificó problemas significativos relacionados con la calidad y la seguridad en el lugar de trabajo, estas cuestiones también deben ser consideradas durante la ejecución de la obra.

Es importante destacar que el ahorro en costos no debe ser considerado como el único indicador de éxito en un proyecto de construcción. También se deben considerar otros factores, como la calidad de la construcción, la seguridad en el lugar de trabajo y el cumplimiento de los plazos.

Dado que la ejecución del proyecto se completó antes de lo previsto, esto también puede haber contribuido a los ahorros en costos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, es importante tener en cuenta que la eficiencia en la gestión de costos no debe ser lograda a expensas de la calidad o la seguridad del proyecto.

En resumen, el ahorro en costos en cada hito es una buena noticia y sugiere que la gestión del proyecto y la planificación financiera fueron efectivas. No obstante, es importante seguir monitoreando y mejorando los procesos de gestión de proyectos en futuros proyectos de construcción.

## CONCLUSIONES

1. La implementación de la filosofía de la producción ajustada mediante el uso de la sectorización y trenes de trabajo como herramienta del Last Planner System tienen un impacto significativo en la mejora del proceso constructivo de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura en Villa María del Triunfo. Los análisis estadísticos, incluidas la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba t-student, confirman de manera concluyente que estas prácticas conducen a un aumento sustancial en el Porcentaje de Plan Cumplido, evidenciando una estrategia efectiva para optimizar la eficiencia y la productividad en proyectos similares en el futuro.
2. La implementación de la filosofía de la producción ajustada mediante el uso de la gestión Last Planner tienen un impacto positivo y significativo en la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares de pequeña envergadura en Villa María del Triunfo. Los análisis estadísticos, incluidas la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, confirman de manera concluyente que la Gestión Lean conduce a una diferencia significativa entre el Presupuesto meta y el Presupuesto real, donde este último es menor al primero, indicando una mejora en la eficiencia y el control de costos en el proceso de construcción.
3. El Last Planner System fue ampliamente utilizado durante aproximadamente el 40% del proyecto, lo que fue fundamental para lograr los resultados finales. Siendo las herramientas de gestión más destacadas durante nuestro proceso: El nivel de actividad (TP, TC, TNC), las lecciones aprendidas (diagrama de Pareto y mejora continua), la sectorización, los trenes de trabajo, la carta balance y el sistema Kanban (pull sesión y planificación a medio plazo).



## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar un análisis exhaustivo de los factores que contribuyen a las causas de no cumplimiento y buscar oportunidades de mejora en la planificación y programación de recursos humanos. Esto puede incluir evaluaciones más precisas de las necesidades de la mano de obra, una mejor coordinación con posibles contratistas y subcontratistas, así como desarrollo de planes de contingencia más sólidos que aborden posibles escenarios de ausencia de mano de obra.
2. Es recomendable implementar otros indicadores clave en la mejora del proceso constructivo bajo el enfoque de la producción ajustada, tales como la calidad y la seguridad en obra, ya que esta filosofía no solo busca aumentar la eficiencia, sino también mejorar la calidad del trabajo y garantizar un entorno de trabajo seguro, generando así una visión integral del proyecto. Esto permitirá obtener una comprensión más completa de los beneficios y desafíos de la implementación de la producción ajustada.
3. Es recomendable contar con un maestro de obra familiarizado con la producción ajustada, esto permitirá una mayor eficiencia en la implementación de cambios y mejoras en los procesos de construcción. El maestro de obra podrá liderar el cambio cultural y brindar la orientación necesaria para que el equipo comprenda y se comprometa con los principios lea. Esto acelerará el proceso de mejora continua y facilitará la adopción de nuevas prácticas y metodologías por parte del personal de construcción.
4. Se recomienda la subcontratación selectiva de ciertas actividades que permitan aprovechar los recursos de manera más eficientes, ya sea el caso de la cisterna, se pueden asignar recursos internos a tareas esenciales para el logro de los hitos del proyecto. Este enfoque estratégico permite mantener al personal interno en las actividades clave y los hitos establecidos, evitando distracciones o retrasos innecesarios; permite aprovechar la experiencia y capacidad de los subcontratistas especializados; por último, al reducir la carga de trabajo interna, se puede lograr una mayor eficiencia y productividad en general.

5. Se recomienda fomentar una cultura de aprendizaje y retroalimentación, donde todo el personal involucrado en el proyecto esté dispuesto a revisar y aplicar los conocimientos adquiridos en cada experiencia. Esto contribuirá a un enfoque de mejora continua en la ejecución de proyectos, impulsando la eficiencia y la calidad en el sector. En resumen, se insta a utilizar los registros, conocimientos y experiencias obtenidas como una base sólida para futuras obras.

## REFERENCIAS

- Ballard, G. y Howell, G. (1994). *Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow*.  
[https://1.16804\\_ballard\\_howell\\_2000-libre.pdf](https://1.16804_ballard_howell_2000-libre.pdf) (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)
- Besser (2019). *¿Qué es el Last Planner System?* <https://Last Planner System – Besser Lean Construction Monterrey>
- CONCREMAX. (2005). Sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas.  
<http://VIGUETAS PRETENSADAS – CONCREMAX>
- Costa, F. (2018). *INEI. Censos Nacionales XII de Población y VII de Vivienda, 22 de octubre del 2017, Perú Resultados Definitivos*, Lima.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)
- Cruz-Machado, Virgilio, & Rosa, Pedro. (2007). *Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración*. Información tecnológica, 18(1),107-118. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000100015>
- Forbes, L. y Ahmed, S. (2011). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Taylor and Francis Group, Boca Raton.  
<https://doi.org/10.1201/b10260>
- Gomez, J., Mendoza, D. y Perez, J., (2015). *Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. caso práctico “Edificio Maurtua iii”*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2229>
- Hamed, U. (2013). *Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time*. Alexandria Engineering Journal, 52, volumen 52, Issue 4. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.07.003>.
- Hinostroza, D. y Manosalva, O. (2015). *Aplicación de Last Planner en Edificaciones Multifamiliares*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2224>
- Hoyos, M. y Botero, L. (2018). *Revisión a la aplicación del last planner system en empresas de construcción colombianas* [Tesis de pregrado, Universidad EAFIT].  
<http://hdl.handle.net/10784/13024>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Reglamento Nacional de*

- Edificaciones*, Capítulo 6, Ítem 6.4, pág. 38. [http://NTE E.060 Concreto Armado \(vivienda.gob.pe\)](http://NTE E.060 Concreto Armado (vivienda.gob.pe))
- Lázala, F. (2003). *Industria Automovilística*,  
<http://www.ecobachillerato.com/trabajosecono/tuning.pdf>
- Pérez, G., et al. (2019). *Evaluación de la gestión en la construcción de una tienda de conveniencia por medio de lean construction*, Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 3, pp. 1-13. cEvaluación de la gestión en la construcción de una tienda de conveniencia por medio de lean construction. (redalyc.org)
- Project Management Institute (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos y el estándar para la dirección de proyectos*, Capítulo 2, Ítem 2.5.7, pág. 171.  
[https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok?sc\\_camp=D750AAC10C2F4378CE6D51F8D987F49D](https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok?sc_camp=D750AAC10C2F4378CE6D51F8D987F49D)
- Ponce, E., et al. (2018). *Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia*.  
<https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.25.5968>
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.<https://Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>  
(juanfelipepons.com)
- Pons, J. y Rubio, I. (2019). *Lean construction y la planificación colaborativa*, por Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.  
[https://Leanconstructioni\(cgate.es\)](https://Leanconstructioni(cgate.es))
- Porrás Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. Avances Investigación En Ingeniería, 11(1), 32–53.  
<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Torres (2016) Gomez, J., et al. (2015). *Implementación del sistema Last Planner para la mejora de la productividad de las obras de la empresa Corporación Inmobiliaria F&F de la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad privada Antenor Orrego – UPAO]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4418>
- Valencia, R. and Pereira, C. (2016). *Los Pros y contras al implementar el sistema last planner en un proyecto de edificación: Un Caso de Estudio*, Dialnet.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6089823>

## ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia.....	88
Anexo B: Plan maestro .....	89
Anexo C: Presupuesto estimado .....	93
Anexo D: Clasificación de los tiempos de trabajo.....	97
Anexo E: Permiso de la empresa .....	98

## Anexo A: Matriz de consistencia

<b>TEMA: APLICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN EL DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO</b>					
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>METODOLOGIA</b>
¿De qué manera la aplicación de herramientas Lean Construction influyen en la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo?	Adaptar la aplicación de herramientas Lean Construction para mejorar la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.	Al adaptar la aplicación de herramientas Lean Construction se mejora la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.	Aplicación de herramientas Lean Construction	- Sectorización y trenes de trabajo.  - Gestión lean.	La presente investigación emplea un método deductivo, porque reconoce e identifica las variables de estudio, plantea las hipótesis para cada uno de sus objetivos,
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>		
¿En qué medida la sectorización y trenes de trabajo del last planner system influyen en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María del Triunfo?	Adaptar la sectorización y trenes de trabajo del last planner system para mejorar el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María del Triunfo.	Al adaptar la sectorización y trenes de trabajo del last planner system se mejora el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María del Triunfo.	Construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo	- Proceso constructivo de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.  -Gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo	operacionaliza las variables y propone una solución al problema de la investigación. Es de tipo descriptivo, explicativo y correlacional. Es de nivel descriptivo. Es de diseño observacional, longitudinal, prospectivo y retrospectivo.
¿En qué medida la gestión Lean influye en la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo?	Adaptar la gestión Lean para mejorar la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.	Al adaptar la gestión Lean se mejora la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar de pequeña envergadura en el distrito de Villa María Del Triunfo.			

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo B: Plan maestro

	ENERO																																	
	Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4												
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
<b>CIMENTACION</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
Excavacion Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2							S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Solado de Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2							S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Acero de Zapata y Cisterna	S1	S1	S1	S2	S2							S3			S3	S3	S4	S4	S4															
Acero de Zapata y Cisterna				S1	S1					S1	S2	S2	S2						S3	S3	S3		S4	S4	S4									
Encofrado de Zapata y cisterna				S1	S1					S1	S2	S2	S2						S3	S3	S3		S4	S4	S4									
Vaciado de Zapata y cisterna				S1	S1					S1	S2	S2	S2						S3	S3	S3		S4	S4	S4									
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)									S1	S1	S1	S2			S2	S2					S3	S3	S3	S4	S4					S4				
Encofrado de elementos horizontales									S1	S1	S1	S2			S2	S2					S3	S3	S3	S4	S4					S4				
Acero de elementos Horizontales									S1	S1	S1	S2			S2	S2					S3	S3	S3	S4	S4					S4				
Vaciado de elementos Horizontales									S1	S1	S1	S2			S2	S2					S3	S3	S3	S4	S4					S4				
<b>ESTRUCTURA</b>																																		
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																			S1				S1	S1	S1	S2	S2			S2				
Vaciado de Horizontales																			S1				S1	S1	S1	S2	S2			S2				
Acero de Verticales Columna, columneta y placas				S1	S1			S1	S2	S2	S2							S3	S3	S3		S4	S4	S4	S1	S1			S1					
Asentamiento de Ladrillos K.K																										S1	S1			S1				
Encofrado de Verticales																																		
Vaciado de Verticales																																		
Encofrado de Horizontales (Vigas)																																		
Acero de Horizontales																																		
Encofrado de Losa																																		
Colocacion de Viguetas																																		
Colocacion de Bovedillas																																		
Acero de Losa																																		
Escalera Econfrado																																		
Escalera Acero																																		
Instalaciones																																		
Vaciado																																		
<b>ACABADOS</b>																																		
Asentamiento de Ladrillos pandereta																																		
Acero de columnetas																																		
Encofrado de columnetas																																		
Vaciado de columnetas																																		

	FEBRERO																												
	Semana 6							Semana 7							Semana 8														
	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	
<b>CIMENTACION</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Excavacion Zapata y Cisterna																													
Solado de Zapata y Cisterna																													
Acero de Zapata y Cisterna																													
Acero de Zapata y Cisterna																													
Encofrado de Zapata y cisterna																													
Vaciado de Zapata y cisterna																													
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																													
Encofrado de elementos horizontales																													
Acero de elementos Horizontales																													
Vaciado de elementos Horizontales																													
<b>ESTRUCTURA</b>																													
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)	S3	S3	S3	S4			S4	S4																					
Vaciado de Horizontales	S3	S3	S3	S4			S4	S4																					
Acero de Verticales Columna, columneta y placas	S2	S2	S2	S3			S3	S3	S4	S4	S4																		
Asentamiento de Ladrillos K.K	S2	S2	S2	S3			S3	S3	S4	S4	S4																		
Encofrado de Verticales							S1	S1	S1					S2	S2	S2	S3	S3				S3	S4	S4	S4				
Vaciado de Verticales							S1	S1	S1					S2	S2	S2	S3	S3				S3	S4	S4	S4				
Encofrado de Horizontales (Vigas)														S1	S1	S1	S2	S2				S2	S3	S3	S3	S4			S4
Acero de Horizontales														S1	S1	S1	S2	S2				S2	S3	S3	S3	S4			S4
Encofrado de Losa																												S1	
Colocacion de Viguetas																												S1	
Colocacion de Bovedillas																												S1	
Acero de Losa																												S1	
Escalera Econfrado																												S1	
Escalera Acero																												S1	
Instalaciones																												S1	
Vaciado																												S1	
<b>ACABADOS</b>																												S1	
Asentamiento de Ladrillos pandereta																												S1	
Acero de columnetas																												S1	
Encofrado de columnetas																												S1	
Vaciado de columnetas																												S1	

	MARZO																																			
	Semana 10							Semana 11							Semana 12							Semana 13														
	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	S				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
<b>CIMENTACION</b>																																				
Excavacion Zapata y Cisterna																																				
Solado de Zapata y Cisterna																																				
Acero de Zapata y Cisterna																																				
Acero de Zapata y Cisterna																																				
Encofrado de Zapata y cisterna																																				
Vaciado de Zapata y cisterna																																				
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																																				
Encofrado de elementos horizontales																																				
Acero de elementos Horizontales																																				
Vaciado de elementos Horizontales																																				
<b>ESTRUCTURA</b>																																				
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																																				
Vaciado de Horizontales																																				
Acero de Verticales Columna, columneta y placas													S1	S1	S2	S2	S3				S3	S4	S4													
Asentamiento de Ladrillos K.K												S1	S1	S2	S2	S3				S3	S4	S4														
Encofrado de Verticales													S1	S1	S2					S2	S3	S3	S4	S4												
Vaciado de Verticales													S1	S1	S2					S2	S3	S3	S4	S4												
Encofrado de Horizontales (Vigas)	S4																						S1	S1		S2	S2	S3	S3							
Acero de Horizontales	S4																						S1	S1		S2	S2	S3	S3							
Encofrado de Losa	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4																		S1	S1	S2	S2						
Colocacion de Viguetas	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4																		S1	S1	S2	S2						
Colocacion de Bovedillas	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4																		S1	S1	S2	S2						
Acero de Losa		S1	S1	S2			S2	S3	S3	S4	S4																									
Escalera Econfrado							S	S	S																											
Escalera Acero							S	S	S																											
Instalaciones							S	S																												
Vaciado									S																											
<b>ACABADOS</b>																																				
Asentamiento de Ladrillos pandereta																																				
Acero de columnetas																																				
Encofrado de columnetas																																				
Vaciado de columnetas																																				

	ABRIL																																			
	Semana 14							Semana 15							Semana 16							Semana 17														
	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30							
<b>CIMENTACION</b>																																				
Excavacion Zapata y Cisterna																																				
Solado de Zapata y Cisterna																																				
Acero de Zapata y Cisterna																																				
Acero de Zapata y Cisterna																																				
Encofrado de Zapata y cisterna																																				
Vaciado de Zapata y cisterna																																				
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																																				
Encofrado de elementos horizontales																																				
Acero de elementos Horizontales																																				
Vaciado de elementos Horizontales																																				
<b>ESTRUCTURA</b>																																				
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																																				
Vaciado de Horizontales																																				
Acero de Verticales Columna, columneta y placas													S1	S1	S2	S2	S3				S3	S4	S4													
Asentamiento de Ladrillos K.K												S1	S1	S2	S2	S3				S3	S4	S4														
Encofrado de Verticales													S1	S1	S2					S2	S3	S3	S4	S4												
Vaciado de Verticales													S1	S1	S2					S2	S3	S3	S4	S4												
Encofrado de Horizontales (Vigas)	S4				S4																		S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4						
Acero de Horizontales	S4				S4																		S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4						
Encofrado de Losa	S3			S3	S4	S4																				S1	S1	S2	S2	S3						
Colocacion de Viguetas	S3			S3	S4	S4																				S1	S1	S2	S2	S3						
Colocacion de Bovedillas	S3			S3	S4	S4																				S1	S1	S2	S2	S3						
Acero de Losa	S2			S2	S3	S3	S4	S4																												
Escalera Econfrado					S	S	S																													
Escalera Acero					S	S	S																													
Instalaciones					S	S																														
Vaciado							S																													
<b>ACABADOS</b>																																				
Asentamiento de Ladrillos pandereta								S1	S1			S1	S1	S2	S2	S2				S2	S3	S3	S3	S3		S4	S4	S4	S4							
Acero de columnetas								S1	S1			S1	S1	S1	S2					S2	S2	S2	S3	S3		S3	S3	S4	S4	S4						
Encofrado de columnetas								S1	S1			S1	S1	S1	S2					S2	S2	S2	S3	S3		S3	S3	S4	S4	S4						
Vaciado de columnetas								S1	S1			S1	S1	S1	S2					S2	S2	S2	S3	S3		S3	S3	S4	S4	S4						



	MAYO																														
	Semana 18							Semana 19							Semana 20							Semana 21									
	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>CIMENTACION</b>																															
Excavacion Zapata y Cisterna																															
Solado de Zapata y Cisterna																															
Acero de Zapata y Cisterna																															
Encofrado de Zapata y cisterna																															
Vaciado de Zapata y cisterna																															
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																															
Encofrado de elementos horizontales																															
Acero de elementos Horizontales																															
Vaciado de elementos Horizontales																															
<b>ESTRUCTURA</b>																															
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																															
Vaciado de Horizontales																															
Acero de Verticales Columna, columneta y placas									S1	S1	S2	S2	S3		S3	S4	S4														
Asentamiento de Ladrillos K.K									S1	S1	S2	S2	S3		S3	S4	S4														
Encofrado de Verticales										S1	S1	S2		S2	S3	S3	S4	S4													
Vaciado de Verticales										S1	S1	S2		S2	S3	S3	S4	S4													
Encofrado de Horizontales (Vigas)		S4															S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4					S4		
Acero de Horizontales		S4															S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4					S4		
Encofrado de Losa		S3	S4	S4																S1	S1	S2	S2	S3					S3	S4	
Colocacion de Viguetas		S3	S4	S4																S1	S1	S2	S2	S3					S3	S4	
Colocacion de Bovedillas		S3	S4	S4																S1	S1	S2	S2	S3					S3	S4	
Acero de Losa		S2	S3	S3	S4	S4															S1	S1	S2					S2	S3		
Escalera Econfrado		S	S	S																											
Escalera Acero		S	S	S																											
Instalaciones		S	S	S																											
Vaciado				S																											
<b>ACABADOS</b>																															
Asentamiento de Ladrillos pandereta			S1	S1	S1	S1			S2	S2	S2	S2	S3		S3	S3	S3	S4	S4				S4	S4			S1		S1	S1	
Acero de columnetas		S4		S1	S1				S1	S1	S2	S2	S2		S2	S3	S3	S3	S3				S4	S4	S4					S1	
Encofrado de columnetas		S4		S1	S1				S1	S1	S2	S2	S2		S2	S3	S3	S3	S3				S4	S4	S4					S1	
Vaciado de columnetas		S4		S1	S1				S1	S1	S2	S2	S2		S2	S3	S3	S3	S3				S4	S4	S4					S1	

	JUNIO																																	
	Semana 23						Semana 24						Semana 25						Semana 26															
	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
<b>CIMENTACION</b>																																		
Excavacion Zapata y Cisterna																																		
Solado de Zapata y Cisterna																																		
Acero de Zapata y Cisterna																																		
Encofrado de Zapata y cisterna																																		
Vaciado de Zapata y cisterna																																		
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																																		
Encofrado de elementos horizontales																																		
Acero de elementos Horizontales																																		
Vaciado de elementos Horizontales																																		
<b>ESTRUCTURA</b>																																		
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																																		
Vaciado de Horizontales																																		
Acero de Verticales Columna, columneta y placas								S1	S1	S2	S2	S3		S3	S4	S4																		
Asentamiento de Ladrillos K.K								S1	S1	S2	S2	S3		S3	S4	S4																		
Encofrado de Verticales								S1	S1	S2			S2	S3	S3	S4	S4																	
Vaciado de Verticales								S1	S1	S2			S2	S3	S3	S4	S4																	
Encofrado de Horizontales (Vigas)																	S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4			S4							
Acero de Horizontales																	S1	S1		S2	S2	S3	S3	S4			S4							
Encofrado de Losa		S4																		S1	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4					
Colocacion de Viguetas		S4																		S1	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4					
Colocacion de Bovedillas		S4																		S1	S1	S2	S2	S3			S3	S4	S4					
Acero de Losa		S3	S4	S4																	S1	S1	S2				S2	S3	S3	S4				
Escalera Econfrado		S	S																															
Escalera Acero		S	S																															
Instalaciones		S	S																															
Vaciado			S																															
<b>ACABADOS</b>																																		
Asentamiento de Ladrillos pandereta		S1	S2	S2			S2	S2	S3	S3	S3		S3	S4	S4	S4	S4						S1	S1	S1		S1	S2	S2	S2				
Acero de columnetas		S1	S1	S1			S2	S2	S2	S2	S3		S3	S3	S3	S4	S4					S4	S4			S1	S1	S1	S1	S2				
Encofrado de columnetas		S1	S1	S1			S2	S2	S2	S2	S3		S3	S3	S3	S4	S4					S4	S4			S1	S1	S1	S1	S2				
Vaciado de columnetas		S1	S1	S1			S2	S2	S2	S2	S3		S3	S3	S3	S4	S4					S4	S4			S1	S1	S1	S1	S2				

	JULIO																													
	Semana 27									Semana 28							Semana 29							Semana 30						
	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>CIMENTACION</b>																														
Excavacion Zapata y Cisterna																														
Solado de Zapata y Cisterna																														
Acero de Zapata y Cisterna																														
Acero de Zapata y Cisterna																														
Encofrado de Zapata y cisterna																														
Vaciado de Zapata y cisterna																														
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																														
Encofrado de elementos horizontales																														
Acero de elementos Horizontales																														
Vaciado de elementos Horizontales																														
<b>ESTRUCTURA</b>																														
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																														
Vaciado de Horizontales																														
Acero de Verticales Columna, columneta y placas																														
Asentamiento de Ladrillos K.K																														
Encofrado de Verticales																														
Vaciado de Verticales																														
Encofrado de Horizontales (Vigas)																														
Acero de Horizontales																														
Encofrado de Losa																														
Colocacion de Viguetas																														
Colocacion de Bovedillas																														
Acero de Losa		S4																												
Escalera Econfrado																														
Escalera Acero																														
Instalaciones																														
Vaciado		S																												
<b>ACABADOS</b>																														
Asentamiento de Ladrillos pandereta	S2			S3	S3	S3	S3	S4			S4	S4	S4				S1	S1	S1	S1	S2			S2	S2	S2	S3	S3		
Acero de columnetas	S2		S2	S2	S3	S3	S3				S3	S4	S4	S4	S4				S1	S1	S1			S1	S2	S2	S2	S2		
Encofrado de columnetas	S2		S2	S2	S3	S3	S3				S3	S4	S4	S4	S4				S1	S1	S1			S1	S2	S2	S2	S2		
Vaciado de columnetas	S2		S2	S2	S3	S3	S3				S3	S4	S4	S4	S4				S1	S1	S1			S1	S2	S2	S2	S2		

	AGOSTO																													
	Semana 31						Semana 32						Semana 33						Semana 34						Semana 35					
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>CIMENTACION</b>																														
Excavacion Zapata y Cisterna																														
Solado de Zapata y Cisterna																														
Acero de Zapata y Cisterna																														
Acero de Zapata y Cisterna																														
Encofrado de Zapata y cisterna																														
Vaciado de Zapata y cisterna																														
Excavacion de elementos horizontales (cc y vc)																														
Encofrado de elementos horizontales																														
Acero de elementos Horizontales																														
Vaciado de elementos Horizontales																														
<b>ESTRUCTURA</b>																														
Encofrado de elemento horizontal (SOBRECIMIENTO)																														
Vaciado de Horizontales																														
Acero de Verticales Columna, columneta y placas																														
Asentamiento de Ladrillos K.K																														
Encofrado de Verticales																														
Vaciado de Verticales																														
Encofrado de Horizontales (Vigas)																														
Acero de Horizontales																														
Encofrado de Losa																														
Colocacion de Viguetas																														
Colocacion de Bovedillas																														
Acero de Losa																														
Escalera Econfrado																														
Escalera Acero																														
Instalaciones																														
Vaciado																														
<b>ACABADOS</b>																														
Asentamiento de Ladrillos pandereta	S3	S3	S4	S4	S4			S4																						
Acero de columnetas	S3	S3	S3	S3	S4			S4	S4	S4																				
Encofrado de columnetas	S3	S3	S3	S3	S4			S4	S4	S4																				
Vaciado de columnetas	S3	S3	S3	S3	S4			S4	S4	S4																				

## Anexo C: Presupuesto estimado



### PROYECTOS 3H EIRL

ARQUITECTURA E INGENIERIA

Obra: EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR Y COMERCIAL  
 Propietario: DORA  
 Ubicación: AV. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI 2032, VILLA MARÍA DEL TRIUNFO  
 Fecha: NOVIEMBRE DE 2021

PPTO

PRESUPUESTO GENERAL - 1ER PISO

Item	Descripción	UND.	METRADO	P.U.	SUBTOTAL
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				
01.01.01.07	CERCCOS	M	10.10	5.70 S/	1,733.02
01.01.03	TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	200.00	2.48 S/	498.00
01.01.08	MOVILIZACIÓN				
01.01.08.01	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	VEZ	2.00	720.00 S/	1,440.00
01.01.07	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.07.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	200.00	3.61 S/	721.00
01.01.07.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	200.00	3.61 S/	721.00
01.02.00	SEGURIDAD Y SALUD				
01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
01.02.01.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND	24.00	54.25 S/	1,304.40
01.02.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	GLB	1.00	500.00 S/	500.00
02.00	ESTRUCTURAS				
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.02.01	EXCAVACIONES				
02.02.01.01	EXCAVACIONES SIMPLES (CC Y VC HASTA 1.40 M)	M3	62.34	29.40 S/	1,832.12
02.02.01.03	EXCAVACIONES SIMPLES (ZAPATA AISLADA HASTA 1.70M)	M3	27.85	47.04 S/	1,700.01
02.02.01.04	EXCAVACIONES SIMPLES (CISTERNA HASTA 2.00M)	M3	20.88	47.04 S/	985.77
02.02.02	RELLENOS				
02.02.02.01	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M8	54.14	18.60 S/	1,007.94
02.02.03	NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO	M2	200.00	3.11 S/	622.00
02.02.05	ACARREO DEL MATERIAL EXCEDENTE	M3	88.00	18.00 S/	1,584.00
02.02.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.02.01	SOLADO DE ZAPATAS 1:12 E=10 CM	M2	34.87	40.55 S/	1,412.86
02.02.02	CIMENTO CORRIDO FC=175 KG/CM2 + 30% P.G.	M8	17.80	177.48 S/	3,158.04
02.02.03	CIMENTO CORRIDO; ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	11.79	45.68 S/	538.12
02.02.07	BASE DE CONCRETO	M8	8.63	198.14 S/	1,706.70
02.02.04	SOBRECIMIENTO				
02.02.04.01	SOBRECIMIENTO: CONCRETO FC= 145 KG/CM2	M3	8.47	318.42 S/	2,686.89
02.02.04.02	SOBRECIMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	70.40	60.66 S/	4,270.44
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.03.01	ZAPATAS				
02.03.01.01	ZAPATAS: CONCRETO FC= 175 KG/CM2	M3	20.72	437.73 S/	9,070.75
02.03.01.03	ZAPATAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	2.88	77.34 S/	224.80
02.03.01.04	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	884.74	6.28 S/	5,556.06
02.03.03	VIGA DE CIMENTACIÓN				
02.03.03.01	VIGA DE CIMENTACIÓN: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.11	431.26 S/	3,500.00
02.03.03.02	VIGA DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	48.81	81.51 S/	3,980.79
02.03.03.03	VIGA DE CIMENTACIÓN: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	81.81	6.28 S/	5,138.21
02.03.07	MUROS DE CONCRETO				
02.03.07.01	MUROS DE CONCRETO: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.78	437.07 S/	3,828.23
02.03.07.03	MUROS DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (2 CARAS)	M2	7.75	84.75 S/	657.19
02.03.07.04	MUROS DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	150.53	6.28 S/	946.16
02.03.09	COLUMNAS				
02.03.09.01	COLUMNAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	4.97	500.68 S/	2,489.78
02.03.09.02	COLUMNAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	98.70	84.75 S/	8,365.22
02.03.09.03	COLUMNAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1042.08	6.28 S/	6,556.41
02.03.10	COLUMNETAS				
02.03.10.01	COLUMNETAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	3.29	541.0 S/	1,789.24
02.03.10.02	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	85.8	88.62 S/	7,585.22
02.03.10.03	COLUMNETAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	281.13	6.28 S/	1,765.85



## PROYECTOS 3H EIRL

### ARQUITECTURA E INGENIERIA

Obra: EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR Y COMERCIAL  
 Propietario: DORA  
 Ubicación: AV. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI 2032, VILLA MARIA DEL TRIUNFO  
 Fecha: NOVIEMBRE DE 2021

PPTO

PRESUPUESTO GENERAL - 1ER PISO

Item	Descripción	UND.	METRADO	P.U.	SUBTOTAL	
02.08.11	<b>VIGAS</b>					
02.03.11.01	VIGAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	13.07	381.83	5.017.00	
02.03.11.02	VIGAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	93.15	76.43	7.205.83	
02.03.11.03	VIGAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	246.79	6.29	13.487.26	
02.08.12	<b>VIGAS DE AMARRE</b>					
02.03.12.01	VIGAS DE AMARRE : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	0.29	423.20	122.76	
02.03.12.02	VIGAS DE AMARRE : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	1.91	76.43	150.00	
02.03.12.03	VIGAS DE AMARRE : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	37.96	6.29	239.60	
02.08.13	<b>LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL</b>					
02.03.13.04	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: LADRILLO DE ARCILLA	UND.	18.00	3.79	71.97	
02.08.14	<b>LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS</b>					
02.03.14.01	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	12.74	404.85	5.157.74	
02.03.14.02	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	131.20	16.08	2.109.63	
02.03.14.03	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	213.37	6.29	1.344.14	
02.03.14.04	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: BONDILLAS DE CONCRETO DE 40x20x15 CM	UND.	1288.38	3.80	4.923.88	
02.03.14.05	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: VIGUETAS PREFABRICADAS	ML	257.08	25.56	6.571.22	
02.08.15	<b>LOZA MACIZA</b>					
02.03.15.01	LOZA MACIZA: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	0.82	305.31	245.09	
02.03.15.02	LOZA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	9.11	51.14	597.97	
02.03.15.03	LOZA MACIZA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	80.24	6.29	504.34	
02.08.16	<b>ESCALERAS</b>					
02.03.16.01	ESCALERAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	2.79	388.66	1.072.26	
02.03.16.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	20.92	71.82	1.498.25	
02.03.16.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	375.00	6.29	2.357.00	
02.08.18	<b>CISTERNA SUBTERRÁNEA</b>					
02.03.18.01	CISTERNA SUBTERRÁNEA: CONCRETO FC= 140 KG/CM2	M3	5.23	434.18	2.270.75	
02.03.18.02	CISTERNA SUBTERRÁNEA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	31.47	56.16	1.767.39	
02.03.18.03	CISTERNA SUBTERRÁNEA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	594.80	6.29	3.737.43	
02.04	<b>ARQUITECTURA</b>					
02.04.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA Mo. C.A.: 1/4, e=1.5 cm	M2	160.19	53.94	8.621.11	
02.04.02	MURO DE PANDERETA SOGA Mo. C.A.: 1/4, e=1.5 cm	M2	17.77	50.23	894.51	
02.06.00	<b>VARIOS</b>					
02.05.03	INSTALACIONES SANITARIAS	UND	1.00	2.205.12	2.205.12	
02.05.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	UND	1.00	1.877.70	1.877.70	
<b>COSTO DIRECTO</b>					S/	150.918.05
<b>IG. (10%)</b>					S/	15.091.80
<b>UTILIDAD (2%)</b>					S/	3.018.36
<b>SUB-TOTAL</b>					S/	178.028.21



# PROYECTOS 3H EIRL

ARQUITECTURA E INGENIERIA

Obra: EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR Y COMERCIAL  
 Propietario: DORA  
 Ubicación: AV. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI 2032, VILLA MARÍA DEL TRIUNFO  
 Fecha: NOVIEMBRE DE 2021

PPTO

PRESUPUESTO GENERAL - 2DO PISO

Item	Descripción	UND.	METRADO	P.U.	SUBTOTAL
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.03	TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	100.00	\$/ 2.40	240.00
01.01.07	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.07.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	100.00	\$/ 3.80	380.00
01.01.07.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	100.00	\$/ 3.80	380.00
01.02.00	SEGURIDAD Y SALUD				
01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
01.02.01.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND	8.00	\$/ 54.25	434.00
01.02.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	OLB	1.00	\$/ 500.00	500.00
02.00	ESTRUCTURAS				
02.08	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.08.07	MUROS DE CONCRETO				
02.08.07.01	MUROS DE CONCRETO: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.58	\$/ 457.07	391.00
02.08.04.03.03	MUROS DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (2 CARAS)	M2	5.88	\$/ 64.75	380.80
02.08.07.03	MUROS DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	11.87	\$/ 8.29	98.42
02.08.09	COLUMNAS				
02.08.09.01	COLUMNAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	4.58	\$/ 500.00	2,290.00
02.08.09.02	COLUMNAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	91.21	\$/ 64.75	5,905.48
02.08.09.03	COLUMNAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	981.27	\$/ 8.29	8,136.73
02.08.10	COLUMNETAS				
02.08.10.01	COLUMNETAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	4.84	\$/ 541.00	2,618.44
02.08.10.02	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	82.23	\$/ 68.82	5,639.00
02.08.10.03	COLUMNETAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	723.84	\$/ 8.29	5,980.35
02.08.11	VIGAS				
02.08.11.01	VIGAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	11.01	\$/ 387.80	4,268.18
02.08.11.02	VIGAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	108.84	\$/ 78.43	8,516.80
02.08.11.03	VIGAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1,017.15	\$/ 8.29	8,432.16
02.08.13	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL				
02.08.13.04	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: LADRILLO DE ARCILLA	UND.	18.00	\$/ 3.78	68.04
02.08.14	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS				
02.08.14.01	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.38	\$/ 404.85	3,392.82
02.08.14.02	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	118.30	\$/ 81.08	9,612.40
02.08.14.03	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1,071.82	\$/ 8.29	8,885.39
02.08.14.04	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: BOVEDILLAS DE CONCRETO DE 40x20x15 CM	UND.	1,183.00	\$/ 3.89	4,601.87
02.08.14.05	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: VIGUETAS PREFABRICADAS	ML	252.72	\$/ 25.58	6,464.52
02.08.16	LOZA MACIZA				
02.08.16.01	LOZA MACIZA: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	2.22	\$/ 385.30	855.37
02.08.16.02	LOZA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	8.11	\$/ 91.14	739.27
02.08.16.03	LOZA MACIZA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	80.24	\$/ 8.29	665.39
02.08.18	ESCALERAS				
02.08.18.01	ESCALERAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	1.40	\$/ 389.88	545.83
02.08.18.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	10.48	\$/ 71.82	752.71
02.08.18.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	82.40	\$/ 8.29	683.10
02.04	ARQUITECTURA				
02.04.01	MURO DE LADRILLO NK TIPO IV SOGA Mo. C.A.: 1/4, e=1.5 cm	M2	85.55	\$/ 53.84	4,585.83
02.04.02	MURO DE PANDERETA SOGA Mo. C.A.: 1/4, e=1.5 cm	M2	127.38	\$/ 53.23	6,780.83
02.06.00	VARIOS				
02.06.03	INSTALACIONES SANITARIAS	UND	1.00	\$/ 2,205.12	2,205.12
02.06.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	UND	1.00	\$/ 1,877.70	1,877.70
			COSTO DIRECTO	\$/	89,810.49
			GG. (10%)	\$/	8,981.05
			UTILIDAD (8%)	\$/	7,184.84
			SUB-TOTAL	\$/	105,976.38



# PROYECTOS 3H EIRL

## ARQUITECTURA E INGENIERIA

Obra: EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR Y COMERCIAL  
 Propietario: DORA  
 Ubicación: AV. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI 2032, VILLA MARÍA DEL TRIUNFO  
 Fecha: NOVIEMBRE DE 2021

PPTO

PRESUPUESTO GENERAL - PISO TÍPICO (3RO, 4TO & 5TO)

Item	Descripción	UND.	METRADO	P.U.	SUBTOTAL
01.00.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01.00	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.03	TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO	M2	180.00	2.40	448.20
01.01.07	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.07.01	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	180.00	3.91	648.62
01.01.07.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	180.00	3.91	648.62
01.02.00	SEGURIDAD Y SALUD				
01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
01.02.01.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND	8.00	54.25	434.00
01.02.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	GLB	1.00	500.00	500.00
02.00	ESTRUCTURAS				
02.08	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.08.07	MUROS DE CONCRETO				
02.08.07.01	MUROS DE CONCRETO: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.58	457.07	262.81
02.08.07.03	MUROS DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (2 CARAS)	M2	5.75	64.75	372.20
02.08.07.04	MUROS DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	177.38	6.28	727.82
02.08.09	COLUMNAS				
02.08.09.01	COLUMNAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	4.47	500.68	2,229.58
02.08.09.02	COLUMNAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	59.12	64.75	3,244.83
02.08.09.03	COLUMNAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	932.21	6.28	5,859.52
02.08.10	COLUMNETAS				
02.08.10.01	COLUMNETAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	3.77	541.0	2,040.83
02.08.10.02	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	59.03	68.82	3,989.69
02.08.10.03	COLUMNETAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	648.77	6.28	4,080.45
02.08.11	VGAS				
02.08.11.01	VGAS : CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	12.83	387.63	5,102.27
02.08.11.02	VGAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	105.85	78.43	8,298.18
02.08.11.03	VGAS : ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1958.78	6.28	16,770.97
02.08.13	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL				
02.08.13.04	LOSAS ALIGERADA CONVENCIONAL: LADRILLO DE ARCILLA	UND.	18.00	3.78	71.97
02.08.14	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS				
02.08.14.01	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	8.88	404.85	3,599.88
02.08.14.02	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	120.85	18.08	2,202.20
02.08.14.03	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	167.82	6.28	1,054.94
02.08.14.04	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: BONDILLAS DE CONCRETO DE 40x20x15 CM	UND.	1255.94	3.88	4,889.22
02.08.14.05	LOSAS ALIGERADA CON VIGUETAS PREFABRICADAS: VIGUETAS PREFABRICADAS	ML	282.45	25.58	6,708.22
02.08.15	LOZA MACIZA				
02.08.15.01	LOZA MACIZA: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	2.22	385.21	877.88
02.08.15.02	LOZA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	8.11	59.14	589.87
02.08.15.03	LOZA MACIZA: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	80.24	6.28	504.26
02.08.18	ESCALERAS				
02.08.18.01	ESCALERAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	1.40	389.66	556.03
02.08.18.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	10.48	71.62	749.12
02.08.18.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	82.40	6.28	580.79
02.04	ARQUITECTURA				
02.04.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA Mo. C.A.: 14, e=1.5 cm	M2	71.87	53.84	3,854.88
02.04.02	MURO DE PANDERETA SOGA Mo. C.A.: 14, e=1.5 cm	M2	128.71	50.23	6,529.75
02.06.00	VARIOS				
02.05.03	INSTALACIONES SANITARIAS	UND	1.00	2,305.12	2,305.12
02.05.04	INSTALACIONES ELECTRICAS	UND	1.00	1,807.70	1,807.70
			COSTO DIRECTO	S/	87,719.57
			GG. (10%)	S/	8,771.96
			UTILIDAD (8%)	S/	7,017.01
			SUB-TOTAL	S/	103,508.53

### Anexo D: Clasificación de los tiempos de trabajo

Clasificación de los tiempos de trabajo				
Obra	Edificación multifamiliar y comercial			
	Tiempos recolectados en obra			
Muestra	Productivo	Contributivo	No contributivo	Total
1	56	103	45	204
2	58	102	44	204
3	59	98	47	204
4	62	102	40	204
5	66	96	42	204
6	58	107	39	204
7	60	101	43	204
8	59	108	37	204
9	68	96	40	204
10	67	94	43	204
11	69	98	37	204
12	63	102	39	204
13	68	95	41	204
14	70	98	36	204
15	74	92	38	204
16	72	96	36	204
17	76	93	35	204
18	75	92	37	204
19	75	94	35	204
20	77	93	34	204
Promedio	66.60	98.00	39.40	204



## Anexo E: Permiso de la empresa



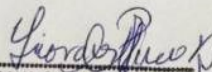
**Proyectos 3H E.I.R.L.**  
RUC: 20520920782  
DIRECCION: AV. PROGRESO NRO. 151 P.J. SAN GABRIEL  
LIMA - VILLA MARIA DEL TRIUNFO  
CELULAR: 985326058  
EMAIL: [gpinedo@proyectos3h.com](mailto:gpinedo@proyectos3h.com)

Lima, 23 de junio del 2022

Quien suscribe **DALIA PINEDO DURAND** con DNI 08151413 hace constar que:

Por la presente, se le autoriza al Sr. **Luis Franco Cañazaca Perez**, identificado con DNI 76323876, y **Roberto Sebastián Torres Pinedo** identificado con DNI 74710598, a fin de que puedan utilizar los datos, figuras, o fotografías de la empresa para la realización de su tesis.

Atentamente,



DALIA G. PINEDO DURAND  
APODERADA  
PROYECTOS 3H E.I.R.L.