

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ADAPTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM AL CONTROL DE
MANO DE OBRA PARA PEQUEÑAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS
DE EDIFICACIONES INMOBILIARIAS EN LIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

**KEREN CESIA AGUILAR MEDINA
ID: 0009-0001-2396-6700**

ASESOR

**Mag. MARCK STEEWAR REGALADO ESPINOZA
ID: 0000-0002-6752-0196**

LIMA - PERÚ

2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**
AGUILAR MEDINA, Keren Cesia
kaguilarm@uni.pe
+51 947 123 534

DEDICATORIA:

A Dios

Mi fortaleza y guía

A mis padres

Por su grande amor y apoyo incondicional

A mi familia

Por su grande apoyo y amor siempre presente

A mis amistades

Por su apoyo en esta etapa académica

A mi asesor

Por todo el apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por haberme dado la vida y todo lo necesario para seguir adelante, Él ha sido mi fortaleza en todo este largo camino, mi guía y auxilio en las adversidades, le agradezco infinitamente todo lo que ha hecho por mí, reconozco que sin Él nada lo que tengo ahora lo tendría.

A mis amados padres, Alicia y Agustín, por enseñarme y criarme en un hogar con valores, respeto, disciplina, por su amor, sacrificios e inquebrantable apoyo incondicional que han sido fundamentales en este camino académico. Agradezco profundamente todo lo que han hecho por mí, que, sin su amor y apoyo incondicional, este logro no habría sido posible. Agradezco también a mi familia por siempre apoyarme, aconsejarme, y brindarme todo su apoyo.

A mis compañeros de estudio que siempre me apoyaron, me acompañaron en este largo proceso y compartieron conocimientos y experiencias conmigo. A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por enseñarme aparte de lo académico, gracias a sus experiencias y conocimientos profundizados en las materias, el valor de un profesional y disciplina a lo largo del periodo académico.

Al ing. Marck Steewar Regalado Espinoza, docente de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, por su excelente profesionalismo y dedicación en la enseñanza de sus alumnos, además agradecerle en especial por apoyarme y direccionarme en el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract	5
Prólogo	6
Lista de Tablas	7
Lista de Figuras	8
Lista de símbolos y siglas	11
Capítulo I: Introducción	12
1.1 Generalidades.....	12
1.2 Análisis del Problema de Investigación	12
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos.....	17
1.3 Objetivos del Estudio	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 Hipótesis	17
1.4.1 Hipótesis general.....	17
1.4.2 Hipótesis específicas.....	18
1.5 Antecedentes Investigativos.....	18
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	25
2.1. Productividad de la Mano de Obra	25
2.2. Lean Construction	25
2.2.1. Definición de Valor	26
2.2.2. Definición de Desperdicio	26
2.2.3. Concepto de Perdida en una Obra	26
2.3. Los Principios de Lean Construction	27
2.4. Los 8 Desperdicios de Lean Construcción	28
2.5. Los 7 Flujos de Lean Construction	31
2.6. Herramientas Lean Construction	32
2.6.1. Cartas Balance	32
2.6.2. Sectorización	33
2.6.3. Last Planner System.....	34
2.7. Empresa pequeña	40
2.8. Proyecto pequeño	41
Capítulo III: Contexto actual de construcción de edificios en empresas constructoras pequeñas	42
3.1. Análisis del contexto actual de las empresas constructoras pequeñas que desarrollan proyectos de pequeña envergadura	42

3.2.	Caso de estudio de empresa constructora pequeña	44
3.3.	Otros proyectos de la empresa	44
3.4.	Proyecto de edificación multifamiliar de pequeña envergadura evaluado	52
Capítulo IV: Propuesta de metodología adaptando el Last Planner System en empresas constructoras pequeñas.....		64
4.1.	Sectorización del proyecto	65
4.2.	Secuencia Constructiva.....	66
4.3.	Acero de Elementos Verticales	67
4.3.1.	Requerimiento de Mano de Obra.....	67
4.3.2.	Requerimiento de Información.....	67
4.4.	Asentado de Ladrillo	68
4.4.1.	Requerimiento de Mano de Obra.....	68
4.4.2.	Requerimiento de Herramientas	68
4.4.3.	Requerimiento de Información.....	68
4.5.	Encofrado de Columnas.....	69
4.5.1.	Requerimiento de Mano de Obra.....	69
4.5.2.	Requerimiento de Materiales	69
4.5.3.	Requerimiento de Información.....	69
4.6.	Vaciado de Columnas	70
4.6.1.	Requerimiento de Calidad	70
4.7.	Planificación Maestra	71
4.8.	Planificación por Fases	73
4.9.	Planificación a Mediano Plazo.....	75
4.10.	Análisis de Restricciones.....	76
4.11.	Planificación Semanal	80
4.12.	Planificación Diaria	81
Capítulo V: Identificación de propuestas de mejora mediante la aplicación de la metodología Last Planner System.....		82
5.1.	Avance realizado antes de la implementación.....	82
5.2.	Planificación con Last Planner System.....	82
5.3.	Avance real después de la implementación	83
5.4.	Ratios de Productividad	84
5.5.	Análisis de Restricciones	86
5.5.1.	Cantidad de restricciones del piso 3 por tipo	86
5.5.2.	Cantidad de restricciones identificadas por partida	86
5.5.3.	Confiabilidad de liberación de restricciones por partida	87
5.5.4.	Restricciones no liberadas a tiempo	88
5.5.5.	Capacidad de compromisos vigentes por responsable	89

5.6.	Causas de No Cumplimiento.....	89
5.6.1.	Histograma de causas de no cumplimiento	89
5.7.	Análisis de la causa raíz.....	91
5.7.1.	Falta de personal.....	91
5.7.2.	Falta de herramientas, materiales, equipos	93
5.7.3.	Terminación de un trabajo anterior	93
5.7.4.	Falta de un trabajo colaborativo.....	94
5.7.5.	Mano de obra no calificada.....	95
5.8.	Propuestas de mejora	95
5.8.1.	Incentivos para el personal	95
5.8.2.	Contrato inicial.....	96
5.8.3.	Contratación del personal.....	96
	Conclusiones	97
	Recomendaciones	99
	Referencias bibliográficas	101
	Anexos	104

Resumen

La presente tesis tiene como fin mostrar la adaptación de la metodología Last Planner System (LPS) a un proyecto de pequeña envergadura ejecutado por una empresa constructora pequeña, con el fin de mejorar el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas.

En el capítulo I, se menciona sobre la descripción del problema de investigación, los objetivos de estudio, hipótesis y antecedentes investigativos.

En el capítulo II, se menciona sobre los conceptos de la productividad del trabajo de las cuadrillas y la filosofía Lean Construction, en especial se centra en la metodología del LPS; por último, se menciona también sobre los conceptos de una empresa y proyecto pequeños.

En el capítulo III, se menciona sobre el contexto actual de los proyectos de construcción en empresas constructoras pequeñas. Aquí, se marca la diferencia entre un proyecto de edificación grande y pequeño, cantidad de personas que se trabaja en cada proyecto y roles de trabajo; también, se detalla el proyecto en estudio, su estructura, presupuesto, la estructura de desglose del proyecto y de los involucrados.

En el capítulo IV, se menciona sobre la propuesta de la metodología adaptando el LPS en empresas constructoras pequeñas en el proyecto en estudio. Aquí, se presenta la sectorización del proyecto, la secuencia constructiva y la planificación maestra (por fases, a mediano y a corto plazo).

En el capítulo V, se menciona el análisis y resultados de la implementación del LPS, el avance real antes y después de la implementación, el análisis de restricciones, las causas de no cumplimiento. Por último, las causas raíz de los no cumplimientos y propuestas de mejora para la productividad del trabajo de las cuadrillas.

Abstract

The purpose of this thesis is to show the adaptation of the Last Planner System (LPS) methodology to a small project executed by a small construction company, in order to improve the control of labor productivity.

Chapter I mentions the description of the research problem, the study objectives, the hypotheses, and the research background.

Chapter II mentions the concepts of labor productivity and the Lean Construction methodology, especially focusing on the LPS methodology. Lastly, it also mentions the concepts of a small company and building project.

Chapter III mentions the current context of construction projects in small construction companies. Here, the difference is made between a large and a small building project, the number of people working on each project, and work roles are mentioned. It shows details about the project under study, its structure, budget, the breakdown structure of the project and those involved.

Chapter IV mentions the proposal of the methodology adapting the LPS in small construction companies in the project under study. Here, the sectorization of the project, the construction sequence and the master planning are presented (by phases, in the medium and short term).

Chapter V mentions the analysis and results of the implementation of the LPS, the real progress before and after implementation, the analysis of restrictions, and the causes of non-compliance. Finally, the root causes of non-compliance and proposals for improvement in labor productivity.

Prólogo

La sociedad requiere distintos tipos de infraestructura civil para su desarrollo constante, ya sea en los sectores de transporte, educación, saneamiento, entre otros. Entre estos, el sector vivienda adopta un papel importante, ya que todo ciudadano requiere de un hogar digno, que haya sido correctamente diseñado bajo las normativas y reglamentos locales, lo cual asegurará su comodidad y bienestar. De la misma manera, estas viviendas deben ser construidas reflejando lo estipulado en el expediente técnico, y respetando un límite de presupuesto para su ejecución.

Si bien existen grandes empresas constructoras que manejan de forma correcta distintas metodologías para controlar los recursos implicados en la construcción de grandes proyectos inmobiliarios (como el caso de la metodología Last Planner System), resulta necesario abordar la problemática de los proyectos de edificaciones multifamiliares de pequeña envergadura, ya que representan una realidad en distintas ubicaciones de la ciudad de Lima, Perú. De la misma manera, es importante desarrollar este tipo de metodologías tomando en cuenta la realidad de una empresa constructora pequeña, desde las limitaciones tecnológicas y el reducido equipo de trabajo con el que comúnmente se trabaja.

En este sentido, el desarrollo de la presente tesis resulta ideal para trabajar esta problemática, ya que muestra la manera de cómo adaptar la metodología Last Planner System a proyectos de construcción de edificios multifamiliares de pequeña envergadura, que sean desarrollados por empresas constructoras pequeñas. En la tesis, se comienza entendiendo bien el contexto de este tipo de proyectos y empresas, respecto a los supuestos que comúnmente se suele trabajar en otras investigaciones (una empresa con un gran equipo capacitado y roles específico).

Se trabaja la metodología en un caso de estudio para demostrar su aplicación en cuanto a la generación de sectores de trabajo, planes maestros, look ahead, planes semanales y análisis de restricciones. Después, se realiza el seguimiento durante un periodo de la obra, con el fin de demostrar la importancia en la identificación de problemas en la planificación de estas obras, la manera de cómo encontrar las causas raíces (por ejemplo, con la herramienta de los 5 porqués) y con ello poder proponer opciones de mejora en el control de la mano de obra.

ASESOR

Lista de Tablas

Tabla N° 1: Stock, alta, baja, tasa de altas, tasa de bajas y tasa neta de las empresas, según actividad económica en el I trimestre del 2023 en el Perú.	13
Tabla N° 2: Altas y Bajas de empresas, según actividad económica en el Perú, 2022-2023	14
Tabla N° 3: Ejemplo de plantilla del Registro de Restricciones.	37
Tabla N° 4: Ingresos anuales de una empresa pequeña, mediana y grande.	41
Tabla N° 5: Presupuesto del Proyecto.	46
Tabla N° 6: Presupuesto del Proyecto.	49
Tabla N° 7: Obras de la Empresa.	51
Tabla N° 8: Cuadro de variabilidad del Presupuesto.	51
Tabla N° 9: Cuadro de variabilidad del Plazo.	51
Tabla N° 10: Presupuesto de Obras preliminares.	55
Tabla N° 11: Presupuesto del Primer Piso- Estructura.	56
Tabla N° 12: Presupuesto del Primer Piso- Obras húmedas e instalaciones.	57
Tabla N° 13: Cronograma maestro por semanas.	72
Tabla N° 14: Hitos Principales del proyecto.	73
Tabla N° 15: Fases y partidas del proyecto.	73
Tabla N° 16: Cronograma maestro- Hitos del proyecto.	74
Tabla N° 17: Fase N°3 – Cronograma del casco de superestructura	75
Tabla N° 18: Fecha de inicio y fin provisto en la fase N° 3.	75
Tabla N° 19: Look Ahead Planning 4 semanas.	76
Tabla N° 20: Cuadro de restricciones para el proceso de acero de columna.	77
Tabla N° 21: Cuadro de restricciones del proceso de asentado de ladrillo.	78
Tabla N°22: Cuadro de restricciones para el proceso de encofrado de columnas.	79
Tabla N° 23: Plan semanal de la semana 11 del proyecto.	80
Tabla N° 24: Plan diario del día 51.	81
Tabla N° 25: Avance real ejecutado para el piso 2.	82
Tabla N° 26: Planificación con Last Planner System para el piso 3 o segundo sector.	83
Tabla N° 27: Avance real para el piso 3 o sector 2	83
Tabla N° 28: Ratio de productividad Real del piso 2	84
Tabla N°29: Ratio de productividad programado con aplicación del Last Planner System para el piso 3 o segundo sector.	84
Tabla N° 30: Ratio de productividad real con aplicación del Last Planner System del piso 3 o sector 2	85
Tabla N° 31: Restricciones no liberadas a tiempo del piso 3.	88
Tabla N° 32: Responsables y números de restricciones a su cargo.	89
Tabla N° 33: Cantidad de restricciones totales por responsable.	89
Tabla N° 34: Leyenda de la Gráfica % de las causas de no cumplimiento.	90
Tabla N° 35: Causas de no cumplimiento en el casco de la superestructura.	91
Tabla N° 36: Beneficio en soles por operario.	96

Lista de Figuras

Figura 1: Los 5 principios de Lean Construction.	27
Figura 2: Los 8 desperdicios.	30
Figura 3: Los 7 flujos de Lean Construction.	32
Figura 4: Sectorización de un proyecto. Vista en planta.	33
Figura 5: Tren de trabajo de las actividades.	34
Figura 6: Leyenda del Tren de trabajo de las actividades.	34
Figura 7: Ejemplo de metodología de los 5 porqués.	40
Figura 8: Categorías de causas de no cumplimiento.	40
Figura 9: Ejemplo de la Estructura Organizacional del proyecto para una empresa y proyecto grande.	42
Figura 10: Organigrama del Proyecto (EDO)	45
Figura 11: Estructura de desglose del proyecto (EDT).	45
Figura 12: Losa aligerada del 2do piso del proyecto 1.	47
Figura 13: Organigrama del Proyecto (EDO)	48
Figura 14: Estructura de desglose del proyecto (EDT).	48
Figura 15: Losa aligerada del 2do piso del proyecto 2.	50
Figura 16: Modelo del Proyecto.	53
Figura 17: Estructura de desglose del proyecto (EDT).	53
Figura 18: Organigrama del Proyecto (EDO)	54
Figura 19: Áreas y responsables de áreas del proyecto.	55
Figura 20: Plano de ubicación del proyecto.	57
Figura 21: Cimentación del proyecto.	58
Figura 22: Losa aligerada del 2do piso.	59
Figura 23: Losa aligerada 3er piso.	60
Figura 24: Arquitectura 2do piso.	61
Figura 25: Arquitectura 3er piso.	62
Figura 26: Encofrado de losa aligerada. Piso 1.	63
Figura 27: Armado de vigas del segundo nivel.	63
Figura 28: Ejemplo de sectorización para un proyecto de 945m ²	64
Figura 29: Área de cada sector del ejemplo de sectorización de un proyecto de 945m ²	64
Figura 30: Sectorización del proyecto.	65
Figura 31: Acero de elementos verticales.	67
Figura 32: Asentado de ladrillo.	68
Figura 33: Limpieza de acero de columna.	70
Figura 34: Colocación de dados de concreto prefabricado.	70
Figura 35: Cangrejas en columnas.	71
Figura 36: Leyenda del Look Ahead Planning 4 semanas.	76
Figura 37: Leyenda de Plan semanal de la semana 11 del proyecto.	80
Figura 38: Distribución de trabajo de la actividad de Asentado de ladrillo KK 18 huecos.	81
Figura 39: Leyenda de la Planificación con Last Planner System para el piso 3 o segundo sector	82
Figura 40: Leyenda del Avance real para el piso 3 o sector 2.	84
Figura 41: Gráfica Ratio de productividad por actividad.	85
Figura 42: Leyenda del gráfico: "Ratio de productividad por actividad".	85
Figura 43: Cantidad de restricciones del piso 3 por tipo.	86
Figura 44: Cantidad de restricciones identificadas por partida para el piso 3 o sector 2.	87

Figura 45: Confiabilidad de las restricciones en porcentaje para el piso 3 o sector 2 por partidas.....	87
Figura 46: Gráfica % de las causas de no cumplimiento.....	90
Figura 47: Causas de incumplimiento de la Falta de personal en el proyecto.	91
Figura 48: Causa raíz del “Retiro del personal” y “Dificultad para la contratación del personal”.	92
Figura 49: Causa Raíz de la adquisición de materiales y herramientas.	93
Figura 50: Causa raíz de la no terminación del trabajo anterior.	93
Figura 51: Causa raíz de una planificación no colaborativa al 100%.....	94
Figura 52: Causa raíz de los atrasos de obra aun liberado las restricciones.....	95

Lista de símbolos y siglas

LC: Lean Construction

LPS: Last Planner System

VSM: Value Stream Mapping

PPC: Porcentaje de Plan Cumplido

TP: Trabajo Productivo

TC: Trabajo Contributorio

TNC: Trabajo No Contributorio

LCI: Lean Construction Institute

CLR: Confiabilidad de la liberación de restricciones

CRI: Cantidad de restricciones identificadas por semana

DA: Días de anticipación

CGE: Capacidad de gestión del equipo

CCR: Cantidad de compromisos vigentes por responsable

CNC: Causas de No Cumplimiento

EDT: Estructura de desglose del proyecto

EDO: Organigrama del Proyecto

VAN: Valor actual neto

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

CAPECO; Cámara Peruana de la Construcción

ADI: Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú

IGLC: International Group for Lean Construction

UIT: Unidades Impositivas Tributarias

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

Capítulo I: Introducción

1.1 Generalidades

El sector construcción en el Perú presenta bajos índices de productividad en comparación con países vecinos, altos índices de variabilidad en el presupuesto y cronograma de obra (Cedano et al., 2016). La ventaja de estos países radica en la implementación de herramientas o metodologías que dinamizan los procesos desde su planificación hasta su control (Herrera, 2018).

La medición de la productividad permite establecer la efectividad de los procesos y determinar los factores que generan los mayores tiempos improductivos para que el administrador del proyecto pueda establecer políticas de cambio y controles sobre los recursos empleados en las actividades de la obra, con el fin de minimizar el costo de cada uno de los recursos (Padilla, 2016). El avance de las actividades de la construcción está determinado por el recurso del trabajo de las cuadrillas y de este recurso depende la productividad de los demás recursos, por esta razón es de gran importancia prestar atención a la productividad y rendimientos mediante una medición de su desempeño, que permita identificar factores que afectan el desempeño y de esta manera implementar acciones correctivas para mejorar y optimizar el desempeño del trabajo de las cuadrillas (Botero y Álvarez, 2004).

1.2 Análisis del Problema de Investigación

Según cifras de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en el Perú el 80% de las viviendas son construcciones informales y de ese total la mitad son altamente vulnerables a un terremoto severo. Además, la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú (ADI) estima que al año se construyen 50 mil viviendas informales en Lima a través de la autoconstrucción, construcciones que no cuentan con una supervisión técnica ni cumplen con los reglamentos de construcción establecidos, solo el 6% consulta con un profesional (Canahualpa et al., 2021). Asimismo, el Grupo de Análisis para el Desarrollo (Grade) informa que en el Perú se construyen más de 127 mil viviendas nuevas al año, de las cuales cerca de 84 mil son informales, y solo 43 mil son formales (Guzmán, 2021). Estas construcciones informales afectan la planificación urbana y el ordenamiento territorial de la ciudad generando un crecimiento desordenado de Lima. Esta situación no solo genera que gran parte de las viviendas limeñas sean inseguras

para ser habitadas, sino también puede incurrir a sobrecostos al propietario, por reparaciones futuras de los daños ocasionados en su vivienda.

Además, el no contar con especialistas en la construcción de la vivienda puede llevar a una falta de planificación y falta de gestión de obra, lo que generaría sobrecostos y plazos de ejecución extensos.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en su boletín “Demografía Empresarial en el Perú: I Trimestre del 2023” informa sobre la creación y cierre de empresas a nivel nacional. En el Perú al 31 de marzo del 2023 existen 3 millones 190 mil 661 empresas activas registradas en el Directorio Central de Empresas y Establecimientos. Según la actividad económica, de 102,141 empresas del sector privado del sector de la construcción, 170 empresas se dieron de baja, entendiéndose por las empresas que dejan de operar por el cierre o cese definitivo de sus actividades, suspensión temporal, fallecimiento en el caso de personas naturales y fusión por escisión en el caso de personas jurídicas; y altas de empresa a las empresas que se crean, reactivan o empiezan a realizar una actividad económica.

Tabla N° 1: Stock, alta, baja, tasa de altas, tasa de bajas y tasa neta de las empresas, según actividad económica en el I trimestre del 2023 en el Perú.



Fuente: INEI (2023)

Leyenda:

1/ Es la relación de la variación neta (diferencia entre el número de empresas creadas o reactivadas y las que se dieron de baja) con el stock al final del período.

2/ Es la relación de altas de empresas con el stock al final del período.

3/ Es la relación de bajas de empresas con el stock al final del período.

4/ Incluye otras actividades de servicios personales, actividades de salud humana, actividades inmobiliarias, administración pública, artísticas, de esparcimiento y recreativas, enseñanza, financieras y de seguros, entre otras.

En el I Trimestre de 2023, se registra un aumento de bajas en las empresas de construcción en el sector privado que equivale a un 77.1% con respecto al similar periodo del año anterior en esa actividad, siendo la actividad económica con el porcentaje mayor con respecto a las bajas de las empresas a nivel nacional.

Tabla N° 2: Altas y Bajas de empresas, según actividad económica en el Perú, 2022-2023

Actividad económica	Altas			Bajas		
	2022 I Trim.	2023 I Trim.	Var. % I Trim. 2023/22	2022 I Trim.	2023 I Trim.	Var. % I Trim. 2023/22
Total	62 275	69 901	12,2	9 302	10 617	14,1
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1 591	1 528	-4,0	120	153	27,5
Explotación de minas y canteras	418	369	-11,7	29	32	10,3
Industrias manufactureras	4 483	4 992	11,4	609	700	14,9
Construcción	2 590	3 441	32,9	96	170	77,1
Venta y reparación de vehículos	1 984	2 374	19,7	257	262	1,9
Comercio al por mayor	8 368	9 571	14,4	1 792	1 825	1,8
Comercio al por menor	17 901	18 957	5,9	3 158	3 622	14,7
Transporte y almacenamiento	4 172	4 204	0,8	811	956	17,9
Actividades de alojamiento	519	484	-6,7	68	94	38,2
Actividades de servicio de comidas y bebidas	5 424	6 357	17,2	713	846	18,7
Información y comunicaciones	801	812	1,4	60	88	46,7
Servicios prestados a empresas	5 540	6 779	22,4	460	526	14,3
Salones de belleza	889	1 007	13,3	109	119	9,2
Otros servicios 1/	7 595	9 026	18,8	1 020	1 224	20,0

Fuente: INEI (2023)

Leyenda:

1/ Incluye otras actividades de servicios personales, actividades de salud humana, de asociaciones, actividades inmobiliarias, actividades deportivas, de esparcimiento y recreativas, enseñanza y financieras, entre otras.

Las bajas de las empresas se pueden dar por cierre o cese definitivo de las actividades económicas y como se menciona en esta tesis este cierre se puede deber a una mala gestión empresarial.

Los problemas que podrían afectar a la productividad del trabajo de las cuadrillas se podrían dar por factores internos de la empresa (Chingay, 2015), que pueden ser:

- Planos de diseño e ingeniería entregados tardíamente.
- Errores en los planos.
- Omisiones de los planos.
- Tiempo de espera de las solicitudes de información muy altos.
- Cambios de diseño.

Por otro lado, los costos elevados en el proceso constructivo en la ejecución del proyecto se deben a los plazos superiores a los proyectados, la existencia de tiempos muertos en las cuadrillas en la espera de materiales, del retraso y/o paralización en la ejecución por falla de equipos, y de las restricciones que puedan ocurrir en obra (Mamani, 2016).

Kaizen institute ha analizado los problemas de gestión de proyectos en construcción, los plazos de la gestión de obra se alargan en 115%, más de 50% de los problemas se repiten en los proyectos una y otra vez, y el 28% de los proyectos fracasan por una mala comunicación (Kaizen Lab, 2020).

Se destaca cuatro principales causas del fracaso de la gestión de obra:

- Una planificación de proyecto poco detallada, que impide identificar rápidamente los desvíos en el proyecto y reaccionar ante ellos.
- Una mala gestión de riesgo, poder anticipar potenciales problemas que normalmente acaban apareciendo y que a través de una previa reflexión antes de la ejecución de obra podrían evitar múltiples atrasos.
- Calidad de obra, los proyectos enfocados a avanzar sin tener en cuenta la calidad están condenados a asumir retrasos y sobrecostos al final del proyecto, incluso a volver a ejecutar varias partidas de este, siendo la calidad algo que debe ir de la mano del proyecto desde su concepción.
- Dificultad en la coordinación, en el proyecto intervienen distintos oficios, proveedores y contratistas, se debe considerar aspirar a trabajar como uno solo para así evitar interferencias entre los distintos trabajos que suelen aparecer a lo largo del proyecto, más del 25% de los recursos se desaprovechan debido a una descoordinación entre los oficios.

Los principales problemas generados en la construcción radican de una desacertada planificación del proyecto, esta por lo general se realiza por un profesional el cual no tiene relación directa con la ejecución de trabajos, lo que genera que se omitan ciertas situaciones de gran relevancia que deberían ser considerados en la planificación.

La mayoría de proyectos no cuentan con un sistema de planificación, las programaciones son realizadas el mismo día, o en su defecto son guiadas del cronograma maestro generando una programación desacertada y el no cumplimiento de las actividades, esto genera una pérdida de horas hombre, perdida en materiales, generando de esta manera que la utilidad esperada se reduzca e inclusive llegue a ser negativa. El incumplimiento de las actividades se debe a la falta de seguimiento adecuado y una planificación a corto y largo plazo, lo cual trae consigo una variabilidad en lo planificado que termina afectando al presupuesto de obra y tiempo de ejecución.

Por lo expuesto, es necesario medir la productividad para saber si está dando resultados correctos, o analizar las mejoras ideales para evitar sobrecostos y conseguir el éxito en un proyecto. La implementación de técnicas basadas en la filosofía Lean Construction permitiría la mejora en el control de la productividad, así como la reducción de la variabilidad en el cronograma de obra y costos por adicionales. El LPS busca solucionar los problemas en los proyectos de construcción hacia el logro de una buena gestión. Las empresas constructoras pequeñas todavía están en camino de identificar las mejores herramientas de gestión, por ello en esta tesis se realiza y analiza la aplicación del LPS para una empresa constructora pequeña en el sector de construcción en una obra pequeña.

1.2.1 Problema general

Ante lo anteriormente expuesto, la aplicación del Last Planner System permitirá en gran medida mejorar la productividad del trabajo mediante una mejora en el planeamiento, programación, seguimiento y control de obra, frente al método tradicional, por lo cual, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas en obras de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, ejecutadas por empresas constructoras pequeñas?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el contexto en el que operan las empresas constructoras pequeñas para ejecutar edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura?
- ¿Cómo adaptar la metodología Last Planner System en el contexto en el que operan las empresas constructoras pequeñas para ejecutar edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura?
- ¿En qué medida es posible mejorar el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas en obras de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, ejecutadas por empresas constructoras pequeñas por medio de la metodología Last Planner System?

1.3 Objetivos del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Proponer una metodología que adapte el Last Planner System para la construcción de proyectos de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, ejecutados por empresas constructoras pequeñas, para identificar mejoras en el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el contexto en el que operan las empresas constructoras pequeñas para construir edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura.
- Proponer una metodología que adapte el método Last Planner System (LPS) a proyectos de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, ejecutados por empresas constructoras pequeñas.
- Analizar los resultados de la implementación del LPS para orientar propuestas de mejora en el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas en obras de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura ejecutadas por empresas constructoras pequeñas, por medio de la metodología Last Planner System.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Luego de adecuarse al contexto en el que operan los proyectos de construcción de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura realizados por empresas constructoras pequeñas y al calibrarse con su aplicación en un caso de

estudio, es posible adaptar la metodología Last Planner System en este tipo de proyectos, para analizar propuestas de mejora en el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Las empresas constructoras pequeñas, al construir edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, trabajan con un equipo de ingenieros reducido y con un limitado conocimiento de metodologías de gestión.
- Al entender el contexto en el que operan las empresas constructoras pequeñas para ejecutar edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, se puede adaptar la metodología Last Planner System.
- Luego de aplicar la metodología Last Planner System, identificar las restricciones y causas probables, es posible identificar propuestas para mejorar el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas en obras de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura ejecutadas por empresas constructoras pequeñas.

1.5 Antecedentes Investigativos

En investigaciones realizadas en el Perú se puede observar el estudio de la productividad y su mejora, a continuación, se citan las siguientes referencias:

En el trabajo de investigación “Mejora de la productividad implementando el sistema Lean Construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas” (De la Vega et al., 2018) se realizaron mediciones aleatorias del tiempo productivo durante 11 días para determinar el nivel de desempeño de la obra y detectar las principales pérdidas, cuantificarlas y eliminarlas, además de compararlo con otros estudios antes estudiados. Obtuvo como resultado un trabajo productivo (TP) de 35% en la actividad de acero, encofrado y concreto, encontrándose muy por debajo del TP óptimo, el cual es del 60%. Para la mejora de la productividad se realizó programaciones semanales y programaciones diarias, además de la utilización de otras herramientas Lean Construction las cuales permitieron el aumento del TP.

Asimismo, en la tesis “Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar” (Vilca, 2014) se consiguió mediante el cambio de sectorización y cambio en la cuadrilla de trabajo de un edificio multifamiliar en Miraflores, un aumento del trabajo

productivo en la actividad de tarrajeo de cielo raso, de un 32% a un 43%. Por consiguiente, se obtuvo una reducción en el plazo de ejecución del proyecto de 242 días útiles a 229 días útiles, lo que equivale a un ahorro de 13 días útiles. Esto representa una disminución del 5.4 % en el plazo de ejecución de la obra.

Como se puede observar existen estudios realizados los cuales muestran un aumento en la productividad en la construcción, esto conlleva a la reducción de tiempos no contributorios, y desperdicios, no contribuyendo a los sobrecostos en los presupuestos y dado que es necesario la entrega del proyecto en el plazo establecido en el cronograma y sabiendo además que el sector construcción se está volviendo cada vez más competitivo es que se debe tomar importancia al aumento de la productividad, y a la disminución de desperdicios.

En la tesis “Gestión de la productividad en la implementación de Herramientas Lean en Proyectos de Edificación en Lima Metropolitana, 2018” (Ortiz, 2018), tiene como objetivo mejorar la gestión de la productividad con la implementación de herramientas Lean en la etapa de acabados en proyectos de edificación de Lima, optimizando los tiempos del ciclo de las partidas y de la mano de obra. Se utilizaron cartas balance, diagramas de flujo de procesos, se tuvo que medir las horas hombre, el metrado y los tiempos de realización de las actividades. Se obtuvo como resultado un contraste entre la toma de datos con las cartas balance antes y después de la aplicación de las propuestas presentadas. En la partida de tarrajeo, se muestra una mejora del 12% en el trabajo productivo, así como una reducción del trabajo contributorio del 9% y finalmente una reducción del trabajo no contributorio del 3%. Esto se debió a un mejor dimensionamiento de la cuadrilla y a una rigurosa observación acerca de las deficiencias que se presentan tanto en el abastecimiento de materiales como en la distribución de tiempos de ciclo por parte de los trabajadores.

En la tesis “Uso de herramientas Lean Construction para la identificación del nuevo flujo del proceso constructivo de la losa de piso con la implementación de los protocolos covid-19 y análisis del impacto en la planificación durante la pandemia en un taller industrial ubicado en la joya, Arequipa, 2020” (Ayala y Quispe, 2020), tiene como objetivo utilizar herramientas Lean Construction para identificar el nuevo flujo del proceso constructivo de la losa de piso con la implementación de los protocolos COVID-19 y analizar el impacto en la

planificación durante la pandemia en un taller industrial ubicado en la Joya (Arequipa). Para ello, se realizó encuestas a los trabajadores, entrevistas dirigidas a la ingeniera de producción y seguridad, para conocer si los protocolos COVID-19 en campo afectaban al flujo de las actividades, recolectando la información en gráficos estadísticos. Se recopila información de la planificación inicial del caso de estudio, y mediante la información obtenida de campo y de la oficina se compara la planificación inicial (antes de la pandemia) y durante la pandemia. Finalmente, se analizan los datos obtenidos para proponer herramientas de mejora: cartas balance, nivel general de actividad, VSM (Mapeo del flujo de valor) Futuro y Last Planner System (se deberá tener en cuenta el plan maestro, trenes de trabajo y programación Look Ahead). Los resultados de la investigación llegan a la conclusión que la planificación actual en campo ha cambiado con la llegada de la pandemia y con los protocolos COVID-19, se muestra en los resultados que las actividades dejaron de programarse en paralelo para pasar a realizar en serie por la reducción de aforo por parte del personal, con el fin de evitar aglomeraciones en las áreas de trabajo. Al realizar el flujo de proceso por medio de la herramienta del VSM, se obtuvo un valor de tiempo agregado de 55.5%, y se puede concluir que la productividad no es buena, debiendo mejorar el tiempo de ciclo de 540 minutos, ya que, si se mejora, se mejora la productividad del proyecto.

En la tesis “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos” (Guzmán, 2014), el proyecto analizado es de 3 sótanos, 2 torres de 10 pisos más azotea y área correspondiente a 6,723 m² para las torres. Tiene como objetivo, mediante herramientas Lean (Last Planner, Sectorización, Trenes de Actividades, Cartas Balance, etc.) generar ahorros en el costo debido al incremento de la productividad. Además, propone implementar un control de costos para los proyectos, como el resultado operativo, ya que la productividad va de la mano con el ahorro de mano de obra. Tiene como resultado un 75% de cumplimiento de la programación, y una reducción de 7 a 6 personas en la cuadrilla debido al análisis de las cartas balance, el cual representa un ahorro del 13% de la mano de obra, y recomienda la utilización de los 5 whys para el análisis de no cumplimiento de la programación.

En la tesis “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en una obra de edificación (Caso: condominio Casa Club Recrea – El Agustino)” (Chávez y De la Cruz, 2014)

El proyecto queda en el Agustino, se analizan las partidas referentes a la parte de la subestructura de la obra (Rellenos, sótanos, estacionamientos, cisternas y cuarto de bombas), se utilizó la herramienta de LPS como instrumento para mejorar la productividad. Se concluye que el uso del LPS ayudó a mejorar el porcentaje de cumplimiento de las partidas de 64% a 85%, evitando retrasos dentro del proceso constructivo. Se da además como recomendación que la aplicación LPS no es única tarea del jefe de planteamiento, sino una tarea de todos los involucrados del proyecto, ya que el cumplimiento de la programación se refleja en el PPC, y se da como resultado conocido para todos los miembros de la obra.

En la tesis “Aplicación de herramientas Lean: Kanban, Carta Balance y Value Stream Mapping para la mejora de la productividad en el edificio multifamiliar, Cayma-Arequipa” (Palero, 2021) tiene como objetivos específicos optimizar los procesos constructivos de las 6 partidas más incidentes en el costo del proyecto, mediante la aplicación de las cartas balance, identificar los tipos de desperdicios en el flujo de valor y tomar medidas correctivas para reducirlos mediante el uso de la herramienta VSM, y calcular el PPC de acuerdo al seguimiento y control que se realiza por medio del tablero Kanban. El proyecto está ubicado en el distrito de Cayma, en la ciudad de Arequipa, el área del terreno es de aproximadamente de 500m², el proyecto es de 7 pisos, 1 sótano y un semisótano, desde el piso 1 al piso 6 son típicos. Se aplica las herramientas de Value Stream Mapping, Carta Balance y Tablero Kanban. La sectorización se realiza en dos partes para las partidas de encofrado y concreto de verticales, y un sector para el encofrado y concreto de elementos horizontales. Esta sectorización de un solo sector para los elementos horizontales se debió a la no confianza en un buen desarrollo de la estructura por parte del cliente si se vaciaba en dos partes. Se analizan las partidas de encofrado, acero y concreto de los elementos verticales y horizontales para el piso 2, implementando las herramientas Lean en los demás pisos, el PPC se obtuvo del tablero Kanban que se ejecuta todos los días en el proyecto. Se concluye que con la aplicación de las cartas balance y las medidas correctivas identificadas, se logra optimizar el tiempo productivo empleado en el concreto de la losa en 7.4%, en el concreto de columnas y placas en 11.04%, en el acero de la losa en 9.78%, en el acero de columnas y placas en 7.32%, en el encofrado de losa y vigas en 3.66% y en el encofrado de columnas y placas en 5.90%. Se logra

optimizar la productividad de la mano de obra de 0.64hh/m³ a 0.49hh/m³ en promedio en la partida de concreto de losa y vigas, lo que equivale a 40.21% en costos, esto se logra reduciendo la cuadrilla de 8 a 6 obreros. Así también, se encontraron un ahorro de costos en las demás partidas analizadas, se determina mediante el VSM que el tiempo del ciclo total del abastecimiento del acero en obra fue de 84 horas y se obtuvo una diferencia con el estado futuro de 2.03 horas.

En la tesis “Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco” (Araujo et al., 2019) tiene como objetivos específicos realizar un diagnóstico del sistema de gestión actual y compararlo con la metodología Lean, implementar una propuesta de mejora en base a la filosofía Lean, y analizar y comparar el impacto económico de la gestión actual con la gestión del modelo Lean. El proyecto multifamiliar es de 2 edificios de 5 pisos, 1 semisótano y 2 semisótanos con un área de terreno de 934.98 m². El proyecto está comprendido desde el inicio de obra hasta los acabados secos, teniendo un presupuesto de \$ 2,927,805.01. Antes del inicio de obra no hubo una reunión colaborativa para la planificación de la obra, la guía principal para la ejecución de trabajos fue un plan maestro que no consideraba los requerimientos de los interesados, no hubo hitos de control a lo largo de la obra, la fecha final de obra era el único hito que se contaba como alerta para el cumplimiento del cronograma. El sistema del Last Planner se fue implementando a lo largo de todo el proyecto y no desde el inicio de obra, ya que, al inicio solo se contaba con un plan maestro. Luego, para la implementación, se hizo una reprogramación, mostrándolo en el Look Ahead, y se realizó las programaciones semanales; sin embargo, esta programación tenía una baja confiabilidad que se refleja en un bajo indicador de PPC, por causa de un mal análisis de restricciones. Propone que las principales herramientas a utilizar como propuesta de mejora para un proyecto multifamiliar de densidad media son el Pull planning, LPS, VSM, A3, Carta balance, Gemba Walk y Lean Coffee. Se concluye que la implementación de las herramientas basadas en la filosofía Lean Construction logra ahorros en el proceso de construcción, en el proyecto se logra un ahorro del 6.55%. Además, mediante un análisis de la inversión inicial para la planificación del personal antes de la iniciación del proyecto, capacitaciones y talleres del personal y los ahorros estimados luego de la implementación del LPS, se pudo evaluar la rentabilidad y viabilidad de la inversión mediante el indicador

del VAN; para ello, se mostró los costos reales del proyecto y se hizo una comparación de la distribución por mes de los costos estimados con la propuesta de mejora y los costos reales. Notándose una inversión inicial en los primeros meses y unos ahorros durante los últimos meses, se pudo obtener que el análisis del VAN de la inversión para la planificación del personal antes de la iniciación del proyecto es rentable; sin embargo, los factores de su cálculo estaban sujetos a mucha variabilidad, especialmente en la proyección de los ahorros después de la implementación, debido a esto se realiza un análisis de confiabilidad mediante el programa @Risk, dando como resultado un 89.6% de probabilidad que el VAN sea mayor a cero, es decir que la inversión sea probable.

En la tesis “Relación de la calidad dentro del Last Planner System aplicado en la construcción de tres edificios multifamiliares” (Romero y Uribe, 2017) tiene como objetivo demostrar la relación entre la calidad y Last Planner System (LPS), en tres proyectos de edificios multifamiliares y como esta relación puede generar atrasos en la programación, los proyectos se ubicaban en Miraflores, Surco y Lince. Mediante protocolos se pudo realizar el control de la calidad de los procesos y se pudo identificar las no conformidades, evaluar sus causas y medidas de control. Se buscó indicadores que guarden relación entre la calidad y LPS para luego hallar la correlación y demostrar la relación de una sobre otra. Se concluye que la relación de la calidad y LPS es directa, los cuales se pudieron demostrar mediante el avance de obras, al obtener porcentajes de plan cumplido (PPC) altos, haber pocas no conformidades, al presentarse PPC bajos y haber varias no conformidades.

En la tesis “Propuesta e implementación del sistema Last Planner, en una empresa constructora pequeña, en la construcción de una agencia bancaria en Lima” (Casahuamán y Lujan, 2015) trabajó un proyecto de área total del terreno de 465.55 m² y 151.3 m² de área libre, en el cual se construirá 3 sótanos, 2 pisos y una azotea. Se implemento el sistema LPS desde el inicio del proyecto, esto es desde las obras provisionales y excavación hasta el casco de estructuras. Se sectoriza los sótanos y pisos en 4 sectores. En la implementación del LPS primero se dio la capacitación al equipo de obra, el lookahead y registro de restricciones fueron llenados por el ultimo planificador; sin embargo, estos puntos debían ser revisados por todo el equipo de obra en unas reuniones periódicas. Debido a la

implementación del LPS se obtuvo como resultado una disminución de 6 días respecto del hito de término del casco gris, el cual equivale a un 3% del periodo de estudio. Se evaluó además el afianzamiento del sistema LPS en obra, resultando la evaluación del lookahead entre el rango de regular a bueno y el nivel de compromiso del equipo de obra en el sistema LPS, en el rango de regular a bueno. Además, respecto a las barreras a la implementación, se menciona la resistencia al cambio de los involucrados del proyecto, por lo cual se da en recomendación que se debe desarrollar, además de una concientización, la aplicación de nuevas prácticas y medidas para mejorar el proceso de selección del personal.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1. Productividad de la Mano de Obra

La productividad es definida como la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados, el cual se especifica en la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados}$$

En tal sentido, una mayor productividad significa hacer una mayor cantidad producida con la misma cantidad de recursos, o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra (Alpuche, 2004), refiriéndose a estos como los recursos empleados.

La productividad está relacionada con dos aspectos: la eficiencia sobre los recursos que son utilizados en un bien en específico, dentro de un plazo y calidad específicos; y la efectividad, en la cual no se considera una cantidad producida si esta no es aceptada en términos de calidad (Serpell, 2002).

De un modo general, en una obra, la productividad hace referencia a la producción de cada trabajador, el cual se puede definir como la división de las entradas consumidas entre el tiempo de ejecución, y es considerado como la división entre la cantidad de horas hombre y el metrado producido (Ramírez, 2016), esta división es llamado también índice de productividad e indica que mientras menos sea la cantidad de horas hombre y mayor el metrado producido es más óptimo; es decir, es más óptimo si esta división disminuye, es por ello que en el presente estudio se considera, la división invertida como la productividad de la mano de obra, el cual se presenta en la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Metrado\ producido\ (m2, m3, ml, etc)}{Cantidad\ de\ Horas\ Hombre\ (HH)}$$

Las unidades del metrado dependerá de las partidas analizadas.

2.2. Lean Construction

Es una filosofía que busca resolver los contratiempos comunes en obra, reduciéndolos prácticamente hasta su eliminación. Esto incluye no solo la mejora de la productividad, sino también la mejora de las relaciones humanas y

personales entre los diferentes agentes que intervienen en todo el proceso del diseño y construcción (Pons y Rubio, 2019).

Según el Lean Construction Institute Perú, se define también como una filosofía de trabajo en la construcción que busca maximizar el valor del producto para el cliente, mediante la minimización o eliminación del desperdicio, proporcionando así varias herramientas que buscan disminuir la variabilidad, el cual incluye además una cultura de respeto y mejora continua.

En Lean Construction se habla de maximizar el valor y disminuir el desperdicio; sin embargo, para entender esta definición es necesario definir primero el valor y desperdicio, los cuales se definirán a continuación.

2.2.1. Definición de Valor

Según Pons “Lean es crear valor al cliente” (2014, p. 21). Para esto es necesario saber qué es lo que el cliente quiere; el valor se puede definir como “el aprecio que un cliente o consumidor le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado” (2014, p. 21). Una forma práctica para saber si es valor es hacerse la pregunta: ¿El cliente estará dispuesto a pagar por eso?

2.2.2. Definición de Desperdicio

Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es desperdicio, este debe ser eliminado o minimizado. El desperdicio es “toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor” (Pons, 2014, p. 18).

2.2.3. Concepto de Perdida en una Obra

Cantú et al. define una pérdida o desperdicio como “Aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra” (2018, p. 4), siendo las pérdidas más comunes, las pérdidas por esperas, pérdidas por traslado, pérdidas por trabajo lento, pérdidas por trabajo inefectivo, pérdidas por rehacer el trabajo.



Figura 1: Los 5 principios de Lean Construction.

Fuente: 360 Lean Consultores.

En la figura anterior se muestra los 5 principios de lean los cuales se basan en el respeto por las personas, este es el pilar de todo pensamiento lean y sin el cual no se podría emplear lean.

2.3. Los Principios de Lean Construction

Según el Lean Construction Institute (LCI) define 6 principios, incluyendo el respeto por las personas, los cuales se mencionan a continuación:

- **Respeto por las personas**

Las personas transforman ideas y materiales en valor, además son esenciales para la entrega de proyectos Lean, sin un respeto entre las personas no sería posible el trabajo en equipo y una colaboración óptima entre los involucrados del proyecto.

- **Optimizar el conjunto**

El segundo principio dice “optimizar el conjunto, no solo las partes”, para ello se requiere que los equipos aprendan continuamente, identifiquen el valor y eliminen el desperdicio para mejorar el proyecto en general.

- **Centrarse en el valor definido por el cliente**

Los miembros del equipo deben tener la capacidad de comprender y refinar la definición de valor desde el punto de vista del cliente, y esta definición se vuelve cada vez más clara a lo largo de la vida del proyecto.

- **Eliminación de desperdicios**

Si se enfoca en lo que tiene valor, entonces se puede dejar de hacer las cosas que no agregan valor, el desperdicio. Hay 8 categorías de desperdicio que incluyen: defectos, espera, transporte de mercancías, movimiento, inventario, sobreproducción y pasos de proceso innecesarios. No se puede eliminar los desechos hasta que sepa lo que tiene valor.

- **Centrarse en el proceso y el flujo**

Los miembros del equipo del proyecto en colaboración encuentran formas de eliminar los pasos que no agregan valor, lo que acorta el proceso, todo mientras se enfoque en la eficiencia del flujo.

- **Mentalidad de mejora continua**

Los líderes deben crear un entorno donde se fomente la experimentación dentro de las limitaciones del proyecto y halla un posible fracaso pequeño y manejable dentro de la empresa. Si el objetivo es mejorar continuamente, esta atmósfera puede impulsar la innovación que beneficiará a todo el flujo de valor. Lean es un enfoque en el aprendizaje continuo, se trata de colaborar, compartir ideas, evolucionar y refinar enfoques.

2.4. Los 8 Desperdicios de Lean Construcción

Según Felipe Pons en su libro "Introducción a Lean Construction" define 7+1 desperdicios en la construcción (Pons, 2014, p. 19), los cuales se mencionan a continuación:

- **Sobreproducción**

Cantidad de producción que es obtenida antes del momento necesario requerido o en cantidad mayor a lo requerido o solicitado, estos desperdicios pueden ser también planos poco prácticos o no esenciales, o excesivamente detallados, uso de equipos más sofisticados que lo necesario para el trabajo, o más calidad que la requerida por el cliente.

- **Esperas o tiempo de inactividad**

Las esperas debido a la falta de datos, información necesaria, mandatos, planos, materiales, equipos, esperas por la actividad antecesora, aprobaciones, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, contradicciones en documentos de diseño, falta de coordinación entre las cuadrillas, retrabajos debido a cambios en el diseño, accidentes por falta de seguridad, etc.

- **Transporte innecesario**

Se refiere al movimiento innecesario interno de recursos como materiales, mano de obra, datos, etc. en la obra, y está relacionado con la mala distribución y falta de planificación de los recursos e información.

- **Sobreprocesamiento**

Se refiere a los procesos adicionales que causan un uso adicional de materia prima, equipos, energía, etc., y a un control adicional como inspecciones excesivas, entre otros.

- **Exceso de inventario**

Se refiere al inventario adicional o antes de tiempo que conduce a pérdidas del propio material esto puede ser por condiciones inadecuadas en que se almacenan en la obra, deterioro, robo, o inclusive a gastos de personal adicional para gestionar ese exceso de material y costos financieros al requerirlo antes de tiempo.

- **Movimientos innecesarios**

Son los movimientos innecesarios o ineficientes por los trabajadores en la obra que pueden ser causados por la utilización de equipos inadecuados métodos ineficaces de trabajo, falta de estándares de trabajos o un mal acondicionamiento del lugar de trabajo.

- **Defectos de calidad**

Se puede deber a errores en el diseño, en las mediciones en el trabajo, una mala lectura de los planos, no compatibilización de planos, mano de obra poco calificada por lo que generaran una repetición de trabajo e insatisfacción del cliente.

• Talento

Se pierde el talento humano, en la pérdida de aptitudes, ideas, mejoras en los rendimientos por la desmotivación, el no saber escuchar o preguntar cuando es necesario, esto se puede deber por tener mano de obra poco cualificada, con poca formación, mal informada.



Figura 2: Los 8 desperdicios.

Fuente: 360 Lean consultores.

La filosofía Lean Construction considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción en la práctica, así como lo menciona Ghio en su diagnóstico, crítica y propuesta:

- Reducción de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo de los ciclos.
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de transparencia de procesos.
- Introducción de procesos de mejoramiento continuo dentro de los procesos.
- Balance del mejoramiento de los flujos con el mejoramiento de las conversiones.
- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa. (2001, p. 29).

Esta filosofía además de mejorar los procesos también busca mejorar los flujos, requiriendo la fortaleza de los sistemas de gestión, centrandos su labor en el manejo adecuado de los sistemas de planificación y diseño de procesos. (Ghio, 2001)

“Un flujo de trabajo predecible hará posible la reducción de la variabilidad de los requerimientos de los recursos, así como el rediseño de las operaciones subsecuentes” (Ghio, 2001, p. 32).

En los esquemas convencionales de las empresas de construcción, se invierte mucho tiempo y dinero en generar presupuestos y planificaciones de obra sobre la forma en que se llevará el proyecto en la realidad. Este esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en no real. La planificación se suele desviar de los planes originales incluso en el primer día de la obra causando una reacción en cadena que genera, la necesidad de replanificar gran parte del proyecto. A medida que el proyecto avanza en la obra, las holguras presentadas en la planificación inicial se van terminando, ocasionando en la construcción, presión por terminar o avanzar cada vez más rápido. Esta situación ocasiona malas decisiones, generando costos de la mano de obra y equipo superiores a lo planificado inicialmente, que superan radicalmente al monto inicial de la obra, debido a que se utiliza una gran cantidad de recursos, a una eficiencia muy baja para culminar la obra en los plazos establecidos (Ghio, 2001).

2.5. Los 7 Flujos de Lean Construction

Para asegurar que los flujos no paren, se debe tener en cuenta el levantamiento de 7 restricciones principales para la ejecución de una actividad. Estos son llamados también los 7 flujos y se mencionan a continuación:

- **Seguridad:** Se levanta las observaciones de seguridad, el trabajo debe estar considerado en espacios, condiciones y comportamientos seguros.
- **Información:** Se debe tener todos los planos y especificaciones necesarias para la ejecución del proyecto, el personal obrero debe tener toda la información necesaria para la ejecución de sus partidas.
- **Equipos:** La adquisición de equipos debe ser considerado con el tiempo adecuado de anterioridad a la ejecución de la partida a ejecutar, tener en consideración qué pasaría si esta se malograra justo antes de la ejecución del trabajo, se podría contar con repuestos y ver además su adecuado mantenimiento, o si fuera el caso de usos personales de equipos.

- **Materiales:** Se debe tener una adecuada cotización y selección de materiales, se deberá tener las inspecciones y almacenamiento adecuado de los materiales esto con el fin de no perjudicar el uso de estos. Todos los materiales de la partida a ejecutar deberán estar conformes y con anterioridad en el lugar adecuado para realizar el trabajo.
- **Personas:** Se debe verificar que la cantidad de personas que conforman la cuadrilla esté completa para no perjudicar el avance de la programación.
- **Requisitos previos:** Se debe de tener todos los permisos y licencias previas a la ejecución de trabajos; también, se deben considerar protocolos de calidad previas al trabajo y liberación de partidas antecesoras.
- **Espacio:** El espacio de trabajo debe ser el adecuado, estos deben estar libres de cualquier obstáculo que impida su maniobra de equipos y desplazamiento de personas, se podría considerar rutas de maniobras, señalizaciones, entre otros.



Figura 3: Los 7 flujos de Lean Construction.

Fuente: 360 Lean consultores

A continuación, se definen algunas herramientas de Lean Construction que ayudan a resolver el problema de la planificación no confiable y el control de la productividad de la mano de obra, las cuales tienen un potencial demostrado de reducción de costos y plazos.

2.6. Herramientas Lean Construction

2.6.1. Cartas Balance

La carta balance es una herramienta que a partir de información en campo obtiene tiempos de ejecución de las actividades de una partida, separando las actividades

en trabajos productivos, contributorios y no contributorios, se puede obtener el porcentaje de estas tres clasificaciones de actividades para conocer el porcentaje real de tiempo del trabajo productivo, con el fin de disminuir los trabajos contributorios y eliminar los trabajos no contributorios. En una carta balance se puede tomar un intervalo de tiempo corto (cada uno o dos minutos) de la actividad que cada obrero está realizando (Ramírez, 2016) o este tiempo puede ser mayor, según vea conveniente por el ejecutor. A continuación, se detalla la definición de los trabajos productivos, contributorios, y no contributorios.

- Trabajo Productivo (TP): Trabajo que en forma directa aporta a la producción.
- Trabajo Contributorio (TC): Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.
- Trabajo No Contributorio (TNC): Cualquier actividad que no genere valor y que consuma recursos.

2.6.2. Sectorización

La sectorización consiste en dividir en partes proporcionales el área de terreno de construcción con el fin de equilibrar recursos, debido a ciertas restricciones propias del proyecto que no se pueden eliminar, sin afectar la estructura o que pueda haber fallas en la estructura. En este sentido, si se trata de una edificación constituido por una torre, esta sectorización debe ser validado por el staff de ingenieros estructurales, ya que se tiene elementos estructurales monolíticos que deben ser considerados sus vaciados en diferentes etapas.

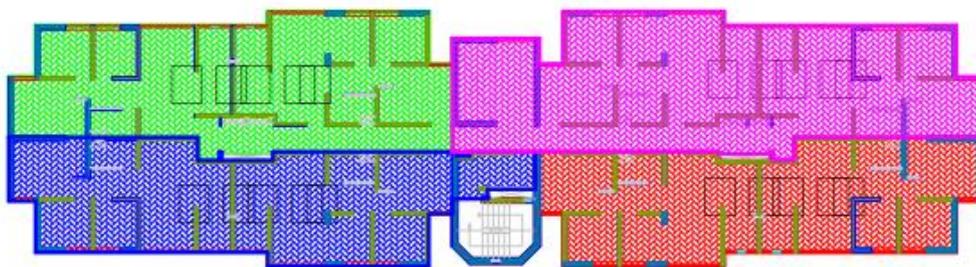


Figura 4: Sectorización de un proyecto. Vista en planta.

Fuente: AB Escuela de la Construcción.

En la figura anterior se muestra cuatro sectores, cada color representa un sector, del área a construir de un proyecto, como se puede observar, las áreas de los sectores son similares, esto se da con el fin de equilibrar los recursos. Tanto el personal obrero como los recursos de materiales, como encofrado y herramientas

pasarán de un sector a otro, por día, generándose un tren de trabajo de las actividades del proyecto.

Así, por ejemplo, para la siguiente secuencia de actividades, las cuales según su dimensionamiento se ejecutan en un día, el tren de actividades sería el siguiente:

Actividades	Días						
	1	2	3	4	5	6	7
Encofrado de elementos horizontales	S1	S2	S3	S4			
Vaciado de elementos verticales		S1	S2	S3	S4		
Encofrado de elementos horizontales			S1	S2	S3	S4	
Vaciado de elementos horizontales				S1	S2	S3	S4

Figura 5: Tren de trabajo de las actividades.

Fuente: Propia.

Sector 1	S1
Sector 2	S2
Sector 3	S3
Sector 4	S4

Figura 6: Leyenda del Tren de trabajo de las actividades.

Fuente: Propia.

En la programación de obra es necesario la utilización de buffers de tiempo, estos se colocan en el cronograma de obra como espacios de tiempo que no serán considerados para la programación de actividades con el fin de que, si hubiere algún imprevisto de obra, este no afecte en el plazo final de obra y en la programación del proyecto.

2.6.3. Last Planner System

El Last Planner o último planificador según Ghio: “Se define a la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores” (2001, p. 33), este nombre proviene del hecho que este no da instrucciones a ningún otro nivel de planificación posterior, sino que estas instrucciones van directamente a las operaciones de construcción. “Cuando se usa este tipo de planificación de manera formal se supera el nivel de planificación y se centra en un nivel de detalle mucho mayor en cuanto a la asignación de volúmenes de trabajo para cada cuadrilla, así como del sistema constructivo a utilizar” (Ghio, 2001, p. 34). La teoría del último planificador se enmarca en un esquema de planificación de corto plazo, ya que está demostrado que las planificaciones con

un horizonte demasiado largo generalmente no se cumplen. Se establece que el último planificador debe seleccionar las actividades que cuenten con todos los recursos necesarios, para ser ejecutados en la construcción (Ghio, 2001).

El Last Planner System se divide en las siguientes etapas: programación maestra, Look Ahead, programación semanal, programación diaria.

Programación Maestra

Es la programación de todas las actividades que se van a realizar desde que empieza el proyecto hasta la entrega final de la última partida del proyecto, en donde se enmarca los hitos del proyecto, pero que, debido a la gran variabilidad de la obra muchas veces este diagrama termina siendo solo una programación inicial, y no como debería ser utilizada, como un seguimiento de la programación de las partidas a lo largo de todo el proyecto (De la Vega et al., 2018).

El Dr. Glenn Ballard (cofundador y director de la investigación del Lean Construction Institute) mencionó en la conferencia de IGLC (International Group for Lean Construction) número 19 llevada a cabo en Lima, Perú lo siguiente: “Todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará” (De la Vega et al., 2018), haciendo referencia a la programación maestra inicial de cada proyecto.

Look Ahead

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo el cual suele estar entre 3 a 6 semanas, en donde la programación maestra se parte, para la asignación de mano de obra, materiales, equipos, haciendo que estas actividades sean posibles. Look Ahead se encuentra entre la etapa de la programación maestra y la programación semanal, el tiempo de la programación de este dependerá del tipo de obra y del tiempo de fabricación o de obtención de los materiales y equipos que se va a requerir, siendo su tiempo de anticipación el mínimo necesario para el levantamiento de las observaciones.

Programación Semanal

Es un cronograma tentativo en donde se muestra las actividades que se van a desarrollar en la semana. Las actividades de la programación semanal no deben tener restricciones para su realización, estas actividades son sacadas del Look Ahead después de analizado los 7 flujos y levantado las restricciones.

Programación Diaria

Es un documento que se entrega todos los días al responsable de cada cuadrilla. Dicho documento debe mostrar en forma clara las actividades a realizar durante el día, la idea es formalizar el pedido del ingeniero de campo en cuanto a las actividades a realizar. En algunas empresas el documento entregado al capataz para realizar las labores diarias tiende más a confundirlo, por lo tanto, se debería tratar de que el documento sea lo más claro posible (con gráficos y colores) para ayudar a reforzar lo dicho por el ingeniero de producción, mas no confundir más a la persona que recibe el tareo (De la Vega et al., 2018).

Según Ghio (2001) la planificación diaria debe incluir:

- Todas las actividades que se realizaran durante el día, con el responsable de cada cuadrilla.
- El número de obrero de cada cuadrilla básica, así como el número de cuadrillas básicas.
- El metrado de cada actividad que se realizará.

El cuadro de programación diaria también incluye una columna para incorporar el porcentaje de plan cumplido de todas las actividades del día.

Análisis de Restricciones

Se analiza en base a Look Ahead todo lo que se necesita para que la actividad se pueda realizar sin ninguna restricción, siendo el plazo no necesariamente cuatro semanas, sino un plazo de anticipación al cronograma que permita levantar las restricciones, este tiempo suele variar de 3 a 6 semanas (De la Vega et al., 2018). El análisis de restricciones se da con la finalidad de identificar todas las restricciones que impidan realizar una actividad, en producción, entrega de servicios y materiales, esta identificación se tiene que dar con el tiempo suficiente para poder levantarlas (Pons y Rubio, 2019). Es decir, por ejemplo, si se detecta que para una actividad faltaría una herramienta, esta tiene que ser avisada con una anticipación tal que, el encargado de la logística pueda conseguir esta herramienta antes de la ejecución de la actividad.

Todas las restricciones deberán estar registrados en el “Registro de restricciones” que permita el seguimiento de los compromisos.

Tabla N° 3: Ejemplo de plantilla del Registro de Restricciones.

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanizacion zona piscina. Avintia/DF/Beta konkret (P11D)	Invasion de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcara fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3.Cabezas.Disponibilidad/retirada de plataformas de descrga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma				22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de alumnio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									
#5									

Fuente: Felipe y Pons (2019)

Algunas métricas para el análisis de restricciones que recomienda Felipe y Pons (2019), ayudan a ver si estas se están detectando a tiempo para su levantamiento u obtener el tiempo real necesario que necesitan los actores para el levantamiento de las restricciones. A continuación, se mencionan algunas métricas o indicadores para el análisis de restricciones:

- **Confiabilidad de la liberación de restricciones (CLR):** Es una métrica que indica el porcentaje del cociente de la cantidad de restricciones liberadas en la fecha entre el número total de restricciones que debieran haber sido liberadas a la fecha.

$$CLR (\%) = \frac{\text{Restricciones liberadas en la fecha}}{\text{Nº total de restricciones que debieran haber sido liberadas a la fecha}}$$

- **Cantidad de restricciones identificadas por semana (CRI):** Es una métrica que indica que si el equipo está analizando las actividades a conciencia o no.

$$CRI = \text{cantidad de restricciones identificadas por semana}$$

- **Días de anticipación (DA):** Es una métrica que indica la fecha necesaria de liberación menos la fecha de identificación, es decir, con cuántos días de anticipación el equipo de trabajo se dio cuenta de la restricción y la identificó como tal con respecto a la fecha acordada de liberación de la restricción.

$$DA = \text{Fecha acordada de liberación} - \text{Fecha de identificación de la restricción}$$

- **Capacidad de gestión del equipo (CGE):** Este indicador muestra la capacidad real de días de anticipación que necesita el actor para poder liberar una restricción, es la fecha de identificación menos la fecha real de liberación.

$$CGE = \text{Fecha real de liberación} - \text{Fecha de identificación de la restricción}$$

- **Cantidad de compromisos vigentes por responsable (CCR):** Este indicador muestra las restricciones reales encargadas a cada responsable y ayuda a identificar si hay muchas restricciones encargadas a un solo responsable o en su defecto muy pocas restricciones encargadas a un solo responsable, esto para la equiparación de restricciones y para no sobrecargar muchas restricciones a un solo responsable.

$$CCR = \text{Cantidad de restricciones dadas a un responsable para su liberación}$$

Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Es el número total de tareas completadas programadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas se toman de la programación diaria. El PPC es un análisis de confiabilidad, no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación (De la Vega et al., 2018).

$$PPC (\%) = \frac{\text{Número de tareas programadas completadas}}{\text{Número de tareas programadas}}$$

El porcentaje de plan cumplido no es un indicador de avance, sino más bien un indicador que mide la confiabilidad de los compromisos del equipo; sin embargo, estos deben de ser contrastados y analizados en conjunto con los indicadores tradicionales de seguimiento de obra, y de esta manera comprender lo que está ocurriendo en el proyecto y poder tomar acciones para su mejora (Pons y Rubio, 2019).

Causas de No Cumplimiento

Cuando no se ejecuta lo planificado, como por ejemplo lo planificado en la programación semanal o diaria, se tiene que analizar cuál o cuáles fueron las causas por las que no se cumplió esta programación, esto con el fin de dar solución a esta o estas causas.

La metodología de los 5 porqués es una técnica para la resolución de un problema que descubre la causa raíz del problema preguntándose por que se dio este problema, y consecutivamente hasta hallar la causa raíz.



Figura 7: Ejemplo de metodología de los 5 porqués.

Fuente: Felipe & Pons, 2019.

Es necesario tener una base de datos de las causas de no cumplimiento de la empresa, esto con el fin de detectarlo y registrarlo con el mismo formato a continuación se muestra las categorías según Felipe y Pons (2019) de las causas de no cumplimiento:

CATEGORÍAS DE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

A	Mala Planificación	L	Requerimientos externos al proyecto
B	Terminación de un trabajo anterior	M	Condiciones meteorológicas
C	Terminación de un trabajo anterior propio	N	Condiciones inseguras de trabajo
D	Falta de información	O	Mala definición del Proyecto
E	Cambios en el diseño	P	Mala Calidad o Retrabajo/NO Conformidad
F	Ausencia no planificada	Q	Rendimiento inferior al esperado
G	Falta de personal	R	Malas condiciones del entorno
H	Falta de materiales, equipos, andamios, etc.	S	Cierre por Vacaciones/Abandono de la obra
I	Cambios del Cliente	T	Reorganización Tareas
J	Falta de supervisión	U	Avería de maquinaria
K	Estimación incorrecta de tiempo	V	Otras

Figura 8: Categorías de causas de no cumplimiento.

Fuente: Felipe & Pons, 2019.

2.7. Empresa pequeña

Según el INEI, en la ley N° 30056 “Ley que modifica diversas leyes para facilitar la inversión, impulsar el desarrollo productivo y el crecimiento empresarial” las micro, pequeñas y medianas empresas se establecen según sus ventas anuales fijados en las Unidades Impositivas Tributarias (UIT). Siendo las microempresas

aquellas que alcanzan ventas hasta un monto máximo de 150 UIT, las pequeñas empresas aquellas que superan este valor, pero que sus ventas anuales llegan a un monto máximo de 1700 UIT y las medianas empresas aquellas que superan este valor, pero sus ventas anuales llegan hasta 2300 UIT. El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) establece para el año 2023, el valor de una unidad impositiva tributaria (UIT) el cual asciende a 4950 soles.

Tabla N° 4: Ingresos anuales de una empresa pequeña, mediana y grande.

	Ingresos anual máximo	
	UIT	Moneda peruana
Empresa pequeña	150	S/742,500.00
Empresa mediana	1700	S/8,415,000.00
Empresa grande	2300	S/11,385,000.00

Fuente: Propia.

2.8. Proyecto pequeño

Se puede considerar que un proyecto es pequeño si su duración es corta (menos de seis meses), si el equipo es reducido (menor a diez miembros), y la inversión del proyecto no supera los 75 a 100 mil dólares. (Gola, 2020)

Capítulo III: Contexto actual de construcción de edificios en empresas constructoras pequeñas

El punto de partida en la presente tesis es aplicar los conceptos de la metodología Last Planner System, pero desde el enfoque de las empresas constructoras pequeñas de Lima para obras de pequeña envergadura.

3.1. Análisis del contexto actual de las empresas constructoras pequeñas que desarrollan proyectos de pequeña envergadura

En las empresas consideradas como “grandes”, quienes desarrollan proyectos de gran envergadura, se puede identificar en la estructura de la organización del proyecto que cuentan con un ingeniero de planificación o también llamado Planner, quien sería el encargado de aplicar metodologías en la planificación de la obra como el Last Planner System. Además, existe un ingeniero de producción, quien mide los índices de la productividad de manera conjunta con el Planner. Por otro lado, existen otras jefaturas de cargos logísticos, ingenieros de calidad, de oficina técnica, especialistas (arquitecto, ingeniero estructural, sanitario, eléctrico, entre otros), ingenieros de seguridad (PDR) y administradores de obra, los cuales incluso tienen asistentes según el grado de envergadura de la obra. Todo ello adicional al cargo de ingeniero residente, quien incluso también podría tener asistentes (ver Figura 9).

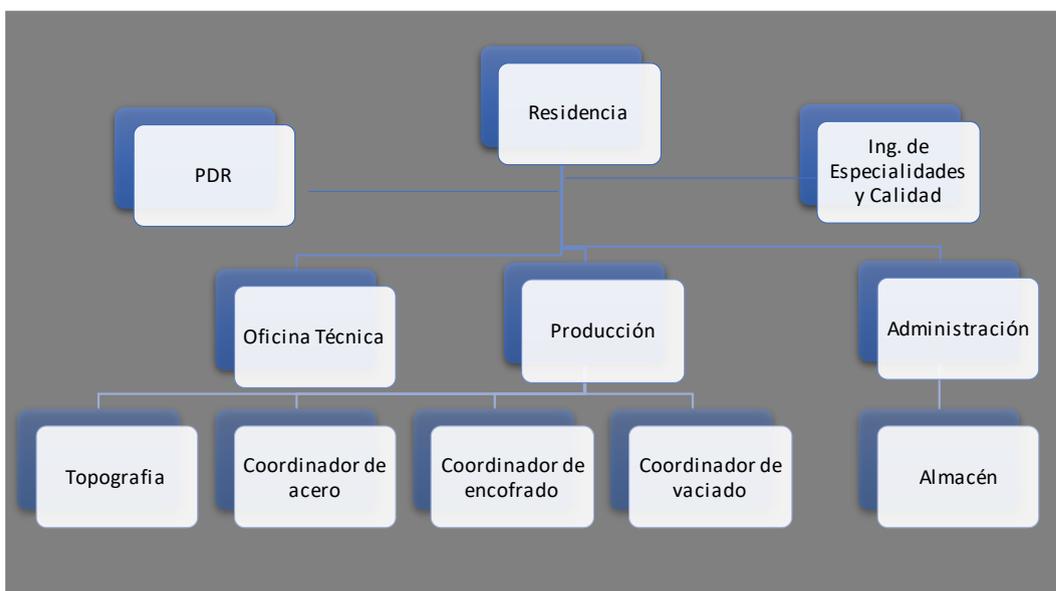


Figura 9: Ejemplo de la Estructura Organizacional del proyecto para una empresa y proyecto grande.

Fuente: 360 Lean consultores

Cabe resaltar que en estas empresas “grandes”, al contar con una gran cantidad de personal ingenieril, con muchos años de experiencia en el mercado, un presupuesto previsto para el desarrollo de su personal (que es parte de sus objetivos estratégicos), se realizan una serie de capacitaciones constantes en cuanto a las nuevas metodologías útiles para la gestión de obras (incluso forma parte de las obligaciones anuales de su personal el capacitarse). Entre estas, imparten cursos sobre Lean Construction, PMI, metodología BIM, entre otros. Incluso, hay empresas que tienen un área específicamente dedicada a esta capacitación continua, e imparten programas de desarrollo para los nuevos trabajadores. Siempre están abiertos a nuevos cambios en las metodologías y tecnologías que se incorporen en el mercado y demuestren resultados adecuados.

Sin embargo, en las empresas pequeñas (que desarrollan proyectos “pequeños” o de pequeña envergadura), la estructura organizacional es diferente, ya que no cuentan con todo un staff de ingenieros. Debido a la magnitud pequeña de la obra y por ende a su presupuesto más reducido, no resulta factible contar con una gran cantidad de ingenieros realizando funciones independientes entre sí, sino que estas sean abarcadas por pocos o inclusive por un mismo profesional. Muchas veces, solamente se cuenta con la figura del ingeniero residente, incluyendo a algún profesional asistente (quien hace las labores de la planificación, producción y calidad de obra). Además, el rol del maestro de obra toma una mayor importancia.

En las empresas pequeñas no suelen tomar en cuenta la aplicación de nuevos métodos de gestión como Lean y BIM, y no están tan abiertos a nuevos cambios, ya que existe una tendencia a las “costumbres” de cómo siempre han realizado sus funciones. No se cuenta con una gran cantidad de personal ni capital que permita la capacitación continua y financiada por la empresa constructora, así que se limitan a las prácticas tradicionales. El querer incorporar nuevas metodologías y tecnologías se considera como algo opcional, y que debería incorporarse con recursos propios del profesional implicado, y en un horario ajeno al horario laboral pagado.

Es importante partir de esta realidad para entender en una mejor medida el aporte diferenciador de la presente tesis.

3.2. Caso de estudio de empresa constructora pequeña

La empresa que se encarga de la construcción del proyecto es la empresa CONSTRUNI. Se especializa en la consultoría, construcción y desarrollo inmobiliario. Desarrolla los siguientes servicios:

- Ejecución de obras civiles y acabados
- Elaboración de planos y memorias
- Expedientes técnicos
- Declaratoria de fabrica e independizaciones
- Estudio de suelos y geofísica
- Topografía y geodesia satelital
- Cálculo estructural
- Laboratorio y diamantinas
- Metrados y presupuestos
- Capacitación y talleres

Esta empresa se encuentra entre las empresas pequeñas en el rubro de la construcción, tiene más de 10 años de experiencia y cuenta con más de 40,000 m² de área construida a lo largo de su trayectoria. Sus proyectos ejecutados, para construcción, son por lo general de un área construida menor a 200m², y en la mayoría de sus casos menores a 7 pisos.

El ingeniero residente trabaja siempre con un maestro de obra para la construcción, el cual cuenta con suficiente material, herramientas y equipos para la ejecución de proyectos de la magnitud antes mencionada, y del cual tiene datos de tiempo de su trabajo por etapas, que le sirve como una base de datos para la ejecución de proyectos similares.

A medida que la empresa tiene varios proyectos a la vez, tiene que contratar a otro maestro de obra para poder satisfacer la demanda en la empresa. Esto abre posibilidades de otros tipos de métodos de trabajo y nuevo personal obrero del cual no posee datos de rendimiento y forma de trabajo, por lo que es necesario un análisis de la nueva cuadrilla para obtener una base de datos para la programación de trabajos posteriores.

3.3. Otros proyectos de la empresa

Obra: Vivienda multifamiliar 2 pisos + azotea- San Martin de Porres

Este proyecto se inició en enero del 2020 es un proyecto de edificación vivienda multifamiliar de 02 pisos + 01 azotea. El presupuesto del proyecto es de S/.

346,638 sin IGV. El proyecto está ubicado en San Martín de Porres, Lima, y consta de los siguientes ambientes: en el primer piso, se ubica una tienda, el garaje, la sala, el comedor, la cocina, el patio y un baño. En segundo piso se ubican los dormitorios, hall y baños, además la altura de entrepiso es de 3m.

El sistema estructural es de albañilería confinada para el eje “y” y sistema porticado para el eje “x”, siendo el área del terreno de 8 x 17.35m².

Sobre el cliente del proyecto

El cliente es una persona natural.

Sobre el contrato inicial del proyecto

El contrato privado inicial define el comienzo y final de obra y tenía un plazo de construcción de 3 meses.

Sobre el sistema de contrato

El sistema de contrato del proyecto a desarrollar es suma alzada.



Figura 10: Organigrama del Proyecto (EDO)

Fuente: Propia.

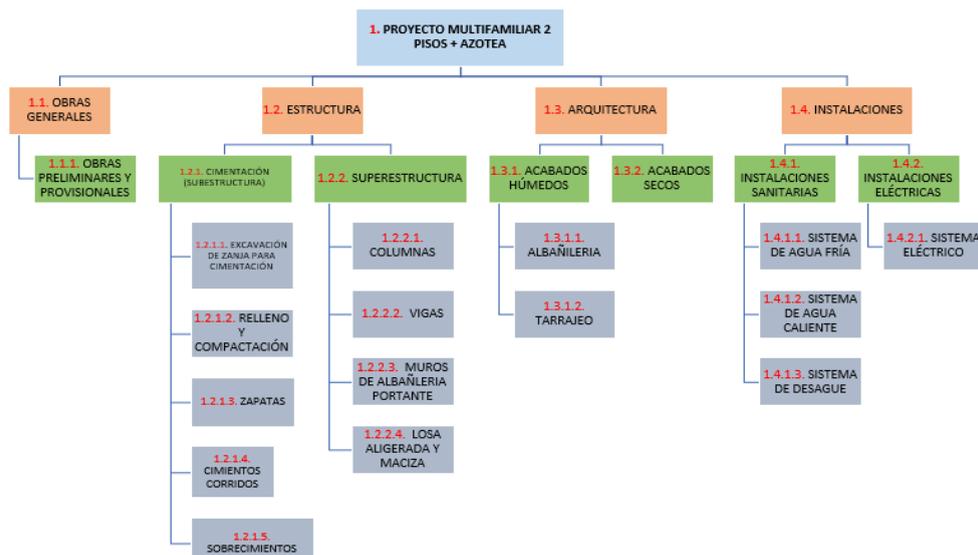


Figura 11: Estructura de desglose del proyecto (EDT).

Fuente: Propia.

Tabla N° 5: Presupuesto del

PRESUPUESTO DE OBRA									
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO MO	PRECIO PARCIAL MO	PRECIO MAT	PRECIO PARCIAL MAT	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
01.00.00	OBRAS DE PRELIMINARES								
	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	S/1,000.00	S/1,000.00	S/0.00	S/0.00	S/1,000.00	S/1,000.00
	CASETA, ALMACEN Y BAÑOS	M2	10.00	S/50.00	S/500.00	S/50.00	S/500.00	S/100.00	S/1,000.00
	DEMOLICIÓN DE CONSTRUCCIONES EXISTENTES	M3	30.00						
	CERCO PERIMETRICO PROVISIONAL	ML	8.00	S/15.24	S/121.95	S/69.65	S/557.17	S/84.89	S/679.12
	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	160.00	S/4.80	S/768.00	S/0.00	S/0.00	S/4.80	S/768.00
	TRAZADO Y REPLANTEO S/EQUIPO	M2	160.00	S/4.94	S/790.05	S/0.90	S/143.44	S/5.83	S/933.49
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
	EXCAVACIÓN DE ZANJAS CON MAQUINARIA	M3	246.76	S/2.50	S/616.89	S/200.45	S/49,462.14	S/202.95	S/50,079.03
	EXCAVACIÓN DE ZANJA MANUAL	M3	24.67	S/41.20	S/1,016.40	S/0.00	S/0.00	S/41.20	S/1,016.40
	COMPACTACIÓN DE TERRENO MANUAL PICIEMENTOS Y/O ZAPATAS	M2	129.13	S/9.79	S/1,263.52	S/0.00	S/0.00	S/9.79	S/1,263.52
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	50.00	S/18.90	S/945.00	S/54.00	S/2,700.00	S/72.90	S/3,645.00
	ACARREO INTERNO PROVENIENTE DE EXCAVACIONES	M3	80.00	S/20.60	S/1,648.00	S/0.00	S/0.00	S/20.60	S/1,648.00
	ELIMINACION DE MATERIAL CON MAQUINARIA	M3	80.00	S/0.50	S/40.00	S/60.02	S/4,801.20	S/60.52	S/4,841.20
	NIVELACION DE TERRENO Y APISONADO C/20 CM.	M2	142.53	S/4.10	S/585.03	S/0.05	S/7.41	S/4.16	S/592.44
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE								
	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CALZADURAS	M2	68.00	S/44.98	S/3,058.41	S/2.20	S/149.55	S/47.18	S/3,207.96
	CONCRETO C/H 1:12+ 30%P.G. EN CALZADURAS	M3	73.42	S/107.78	S/7,912.81	S/115.65	S/8,490.85	S/223.43	S/16,403.66
	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CIMIENTO CORRIDO	M2	39.42	S/32.26	S/1,271.41	S/1.81	S/71.33	S/34.07	S/1,342.74
	CONCRETO C/H 1:10 + 30%P.G. EN CIMIENTO CORRIDO	M3	24.64	S/69.96	S/1,723.40	S/136.72	S/3,368.10	S/206.68	S/5,091.50
	CONCRETO FALSO PISO e=4"	M2	142.53	S/18.12	S/2,583.23	S/16.64	S/2,371.84	S/34.77	S/4,955.07
04.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
04.01.00	ZAPATAS								
	ZAPATAS - CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210kg/cm ²	M3	53.99	S/47.02	S/2,538.53	S/294.00	S/15,873.80	S/341.02	S/18,412.32
	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	49.38	S/39.60	S/1,955.34	S/2.69	S/132.73	S/42.29	S/2,088.07
	ZAPATAS - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	2,235.24	S/1.05	S/2,349.49	S/3.40	S/7,595.34	S/4.45	S/9,944.83
04.02.00	MURO ARMADO								
	MURO ARMADO - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	12.22	S/45.43	S/554.99	S/272.50	S/3,329.13	S/317.93	S/3,884.12
	MURO ARMADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	61.09	S/42.71	S/2,608.70	S/1.81	S/110.54	S/44.52	S/2,719.24
	MURO ARMADO - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	201.23	S/1.26	S/253.82	S/3.40	S/683.79	S/4.66	S/937.61
04.03.00	CISTERNA								
	CISTERNA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	2.78	S/99.32	S/275.65	S/347.25	S/963.69	S/446.57	S/1,239.33
	CISTERNA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	27.72	S/49.71	S/1,378.09	S/1.19	S/32.93	S/50.90	S/1,411.02
	CISTERNA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	175.36	S/1.58	S/276.48	S/3.40	S/595.87	S/4.97	S/872.35
04.04.00	COLUMNAS Y PLACAS								
	COLUMNAS Y PLACAS - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	94.14	S/47.97	S/4,515.75	S/267.98	S/25,226.41	S/315.94	S/29,742.16
	COLUMNAS Y PLACAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	201.67	S/48.83	S/9,847.24	S/2.20	S/443.50	S/51.03	S/10,290.74
	COLUMNAS Y PLACAS - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	2,773.56	S/1.26	S/3,498.39	S/3.40	S/9,424.56	S/4.66	S/12,922.95
04.05.00	VIGAS								
	VIGAS - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	23.09	S/47.97	S/1,107.65	S/267.98	S/6,187.68	S/315.94	S/7,295.32
	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	143.86	S/60.82	S/8,749.61	S/2.00	S/287.73	S/62.82	S/9,037.34
	VIGAS - ACERO CORRUGADO F _y = 4200kg/cm ²	KG	3,527.70	S/1.26	S/4,449.61	S/3.40	S/11,987.13	S/4.66	S/16,436.74
04.06.00	LOSA ALIGERADA								
	LOSA ALIGERADA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	15.79	S/47.97	S/757.22	S/267.98	S/4,230.05	S/315.94	S/4,987.26
	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	180.40	S/28.54	S/5,148.31	S/0.95	S/171.02	S/29.49	S/5,319.33
	LOSA ALIGERADA - LADRILLO HUECO DE 0.15X0.30X0.30	UND	1,503.00	S/1.41	S/2,126.04	S/2.42	S/3,629.75	S/3.83	S/5,755.79
	LOSA ALIGERADA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	966.59	S/1.26	S/1,219.19	S/3.40	S/3,284.46	S/4.66	S/4,503.84
04.06.00	LOSA MACIZA								
	LOSA MACIZA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	1.78	S/47.97	S/85.21	S/267.98	S/476.03	S/315.94	S/561.24
	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	8.88	S/53.33	S/473.67	S/1.10	S/9.81	S/54.43	S/483.47
	LOSA MACIZA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	UND	143.11	S/1.26	S/180.51	S/3.40	S/466.30	S/4.66	S/666.81
04.07.00	ESCALERA								
	ESCALERA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	3.40	S/94.17	S/320.19	S/267.98	S/911.12	S/362.15	S/1,231.31
	ESCALERA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	21.80	S/57.79	S/1,259.92	S/0.78	S/17.00	S/58.57	S/1,276.92
	ESCALERA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	272.00	S/1.26	S/343.08	S/3.40	S/924.26	S/4.66	S/1,267.34
05.00.00	ARQUITECTURA								
05.01.00	MUROS DE ALBAÑILERIA								
	MURO LADRILLO KK DE SOGA MEZ. CA-1-4, TIPO IV.	M2	161.87	S/31.37	S/5,078.16	S/36.62	S/5,928.38	S/68.00	S/11,006.54
	MURO LADRILLO PANDERETA	M2	12.04	S/27.01	S/325.21	S/36.62	S/440.96	S/63.64	S/766.17
05.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS								
	TARRAJEO PRIMARIO CON MEZ. CA-1-5 (e=1.5 cm)	M2	30.00	S/19.12	S/573.54	S/3.85	S/115.56	S/22.97	S/689.10
	TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO	M2	368.03	S/19.12	S/7,035.96	S/3.85	S/1,417.61	S/22.97	S/8,453.57
	TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO	M2	115.00	S/22.13	S/2,545.28	S/3.85	S/442.97	S/25.98	S/2,988.25
	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES	M2	15.00	S/25.00	S/375.00	S/10.00	S/150.00	S/35.00	S/525.00
	TARRAJEO EN COLUMNAS	M2	171.30	S/33.71	S/5,774.35	S/3.85	S/659.83	S/37.56	S/6,434.18
	TARRAJEO EN VIGAS Y CIELO RASO	M2	333.15	S/41.02	S/13,664.20	S/3.97	S/1,321.37	S/44.98	S/14,985.56
05.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS								
	CONTRAPISO DE 48 mm	M2	427.59	S/18.37	S/7,856.68	S/9.04	S/3,863.81	S/27.41	S/11,720.49
06.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS								
	INSTALACIONES ELECTRICAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES)	GLB	1.00	S/2,500.00	S/2,500.00	S/1,000.00	S/1,000.00	S/3,500.00	S/3,500.00
07.00.00	INSTALACIONES SANITARIAS								
	INSTALACIONES SANITARIAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE AGUA Y DESAGUE, CAJAS DE REGISTRO)	GLB	1.00	S/2,500.00	S/2,500.00	S/1,500.00	S/1,500.00	S/2,302.50	S/2,302.50
PRESUPUESTO TOTAL					S/130,345.13		S/186,478.12		S/315,125.75

Fuente: La empresa constructora.

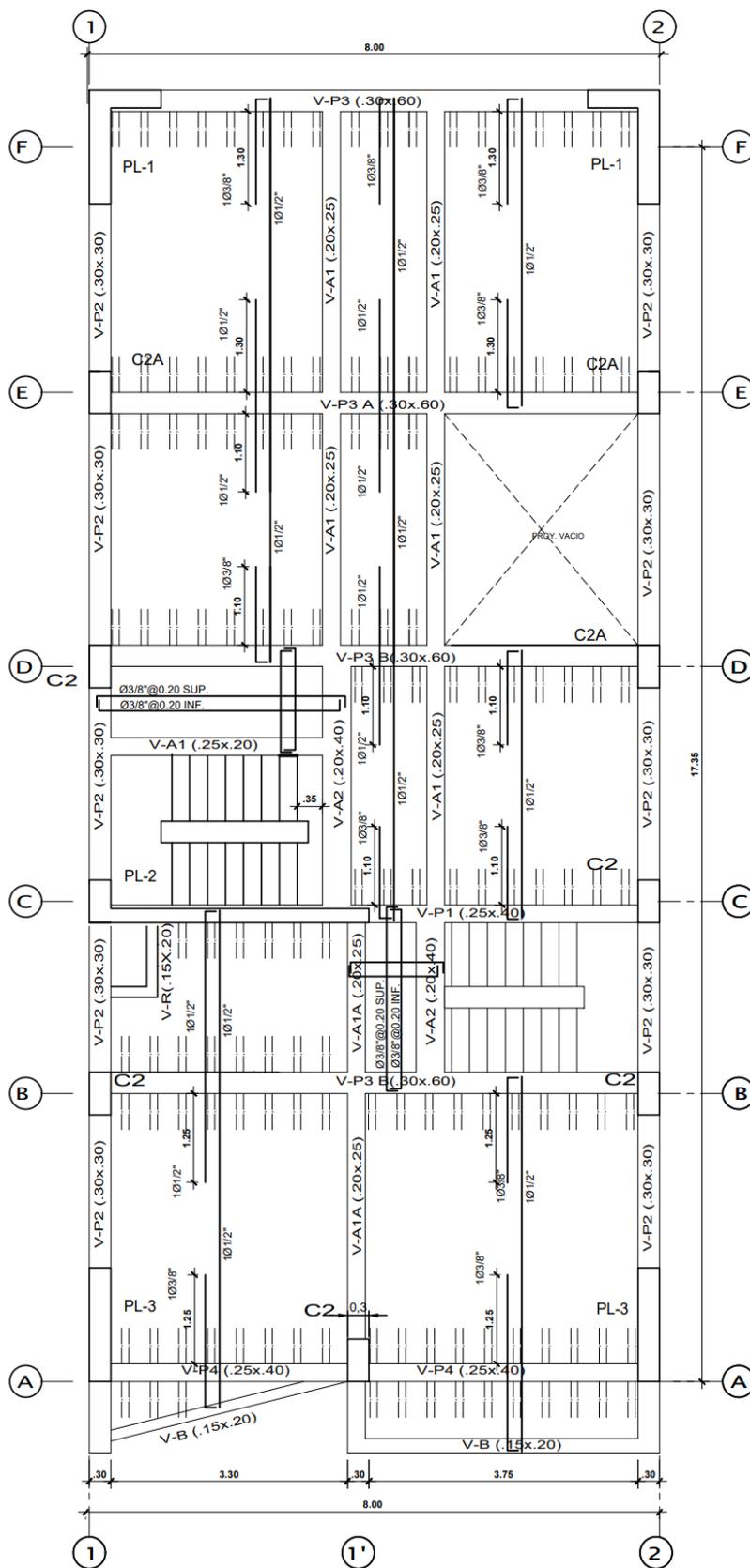


Figura 12: Losa aligerada del 2do piso del proyecto 1.

Fuente: La empresa constructora.

Obra: Vivienda Unifamiliar 2 pisos + azotea- Pueblo libre

Este proyecto se inició en diciembre del 2022 es un proyecto de edificación vivienda multifamiliar de 02 pisos + 01 azotea. El presupuesto del proyecto es de S/. 225,000 sin IGV. El proyecto está ubicado en Pueblo Libre, Lima, y consta de los siguientes ambientes: en el primer piso, se ubica el estacionamiento, la sala, dormitorio, lavandería, comedor, cocina, baños y patio. En segundo piso se ubica el estar, dormitorios, y baños, además la altura de entrepiso es de 2.85m. El sistema estructural es de albañilería confinada para el eje “y” y sistema porticado para el eje “x”, siendo el área del terreno de 7.5x 18.25 m2.

Sobre el cliente del proyecto

El cliente es una persona natural.

Sobre el contrato inicial del proyecto

El contrato privado inicial define el comienzo y final de obra y tenía un plazo de construcción de 2.5 meses.

Sobre el sistema de contrato

El sistema de contrato del proyecto a desarrollar es suma alzada.



Figura 13: Organigrama del Proyecto (EDO)

Fuente: Propia.

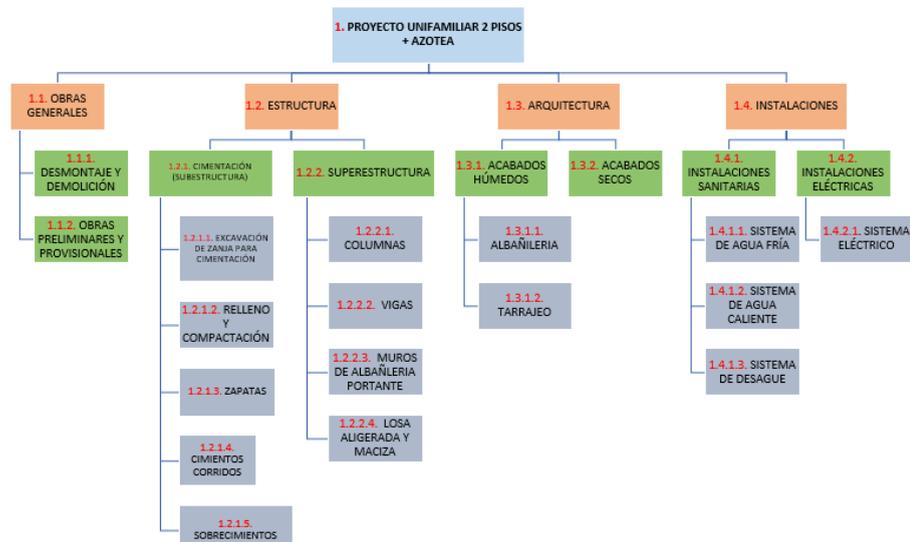


Figura 14: Estructura de desglose del proyecto (EDT).

Fuente: Propia.

Tabla N° 6: Presupuesto de obra

PRESUPUESTO DE OBRA						
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
OBRAS PRELIMINARES						
01.00.00	DESMONTAJE Y DEMOLICIÓN					S/. 12,000.00
01.01.00	DESMONTAJE DE CALAMINAS, VIDRIOS, PUERTAS	GLB	1.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	
01.02.00	DEMOLICIÓN MANUAL	GLB	1.00	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00	
01.03.00	DEMOLICIÓN CON MAQUINARIA PESADA	GLB	1.00	S/. 3,000.00	S/. 3,000.00	
01.04.00	ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS, DESMONTE Y BASURA	GLB	1.00	S/. 5,500.00	S/. 5,500.00	
02.00.00	OBRAS DE PRELIMINARES					S/. 5,681.39
02.01.00	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	
02.02.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	125.75	S/. 5.42	S/. 681.15	
02.03.00	TRAZADO Y REPLANTEO S/EQUIPO	M2	125.75	S/. 6.91	S/. 868.63	
02.04.00	CERCO PERIMETRICO PROVISIONAL	ML	10.50	S/. 150.00	S/. 1,575.00	
02.05.00	PERFLADO DE CIMENTOS	M2	65.00	S/. 23.95	S/. 1,556.61	
03.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS					S/. 15,308.55
03.01.00	EXCAVACIÓN DE ZANJAS CIMENTOS Y/O ZAPATAS	M3	84.06	S/. 37.15	S/. 3,126.41	
03.02.00	COMPACTACIÓN DE TERRENO MANUAL CIMENTOS Y/O ZAPATAS	M2	105.00	S/. 20.77	S/. 2,180.68	
03.03.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	29.39	S/. 16.25	S/. 477.57	
03.04.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	18.74	S/. 133.17	S/. 2,495.06	
03.05.00	ACARREO INTERNO PROVENIENTE DE EXCAVACIONES	M3	100.87	S/. 22.32	S/. 2,251.01	
03.06.00	ELIMINACION DE MATERIAL CON MAQUINARIA	M3	89.35	S/. 25.95	S/. 2,318.56	
03.07.00	NIVELACION DE TERRENO Y ARIPONADO C/20 CM.	M2	160.00	S/. 15.37	S/. 2,459.26	
04.00.00	SUB ESTRUCTURA					S/. 6,304.91
04.01.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE					S/. 6,304.91
04.01.01	SOLADO DE CONCRETO	M2	25.37	S/. 35.15	S/. 891.65	
04.01.05	CIMENTO	M3	18.15	S/. 290.47	S/. 5,271.24	
04.01.06	SOBRECIMIENTO	M2	3.25	S/. 43.71	S/. 142.02	
04.02.00	CISTERNA					S/. 5,819.27
04.02.01	CISTERNA - CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210kg/cm ²	M3	4.78	S/. 550.00	S/. 2,631.20	
04.02.02	CISTERNA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	20.20	S/. 65.00	S/. 1,312.87	
04.02.03	CISTERNA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	239.20	S/. 7.84	S/. 1,875.20	
04.03.00	SUPER ESTRUCTURAS					S/. 121,420.86
04.04.00	COLUMNAS					S/. 48,419.55
	COLUMNAS - CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210kg/cm ²	M3	16.72	S/. 526.65	S/. 8,807.56	
	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	112.78	S/. 47.80	S/. 5,391.01	
	COLUMNAS - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	3,344.75	S/. 7.84	S/. 26,220.98	
04.05.00	VIGAS					S/. 28,091.48
	VIGAS - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	14.57	S/. 380.85	S/. 5,549.22	
	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	39.16	S/. 50.61	S/. 1,981.83	
	VIGAS - ACERO CORRUGADO F _y = 4200kg/cm ²	KG	2,622.69	S/. 7.84	S/. 20,560.43	
04.06.00	LOSA ALIGERADA					S/. 18,360.56
	LOSA ALIGERADA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	11.96	S/. 380.85	S/. 4,553.19	OK
	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	132.84	S/. 33.45	S/. 4,442.74	OK
	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 30 x 30 x 15 cm	UND	1,086.84	S/. 4.30	S/. 4,678.51	OK
	LOSA ALIGERADA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	597.76	S/. 7.84	S/. 4,686.12	
04.06.00	LOSA MACIZA					S/. 4,121.27
	LOSA MACIZA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	3.17	S/. 380.85	S/. 1,209.83	
	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	37.43	S/. 48.35	S/. 1,809.38	
	LOSA MACIZA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	198.70	S/. 6.95	S/. 1,380.06	
04.07.00	ESCALERA					S/. 4,039.02
	ESCALERA - CONCRETO f _c =210kg/cm ²	M3	3.44	S/. 392.07	S/. 1,350.28	
	ESCALERA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	20.48	S/. 65.36	S/. 1,338.79	
	ESCALERA - ACERO f _y =4200kg/cm ²	KG	172.20	S/. 7.84	S/. 1,349.95	
05.01.00	MUROS DE ALBAÑILERIA PORTANTE					S/. 26,388.98
	MURO LADRILLO XX DE SOGA MEZ. C.A-14, TIPO IV.	M2	296.81	S/. 88.91	S/. 26,388.98	
04.00.00	OBRAS HÚMEDAS					S/. 25,406.67
05.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS					S/. 18,971.93
	TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO	M2	289.84	S/. 23.95	S/. 6,940.55	OK
	TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO	M2	35.31	S/. 29.91	S/. 1,055.89	OK
	TARRAJEO EN COLUMNAS Y PLACAS	M2	31.31	S/. 31.94	S/. 1,000.16	OK
	TARRAJEO EN CIELO RASO	M2	132.84	S/. 33.78	S/. 4,486.80	OK
	TARRAJEO EN VIGAS	M2	108.50	S/. 34.72	S/. 3,766.67	OK
	VESTIDURA EN FONDO DE ESCALERAS CON MEZCLA C.A 1:3 E=1.5cm	M2	7.47	S/. 37.27	S/. 278.52	OK
	VESTIDURA DE DERRAMES	M2	110.80	S/. 13.03	S/. 1,443.33	OK
05.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS					S/. 6,434.75
	CONTRAPISO DE 50 mm	M2	205.99	S/. 31.30	S/. 6,434.75	OK
04.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS					S/. 8,454.55
06.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS					
	INSTALACIONES ELECTRICAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES)	GLB	1.00	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00	
07.00.00	INSTALACIONES SANITARIAS					
	INSTALACIONES SANITARIAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE AGUA Y DESAGUE, CAJAS DE REGISTRO)	GLB	1.00	S/. 4,454.55	S/. 4,454.55	
06.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS					
	INSTALACIONES ELECTRICAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES)	GLB	1.00	S/. 2,590.59	S/. 2,590.58	
07.00.00	INSTALACIONES SANITARIAS					
	INSTALACIONES SANITARIAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE AGUA Y DESAGUE, CAJAS DE REGISTRO)	GLB	1.00	S/. 2,400.00	S/. 2,058.68	
PRESUPUESTO TOTAL						S/. 204,545.46
GASTOS GENERALES						S/. 10,227.27
UTILIDAD						S/. 10,227.27
						S/. 225,000.00
AVANCE DE PORCENTAJE						

Fuente: La empresa constructora.

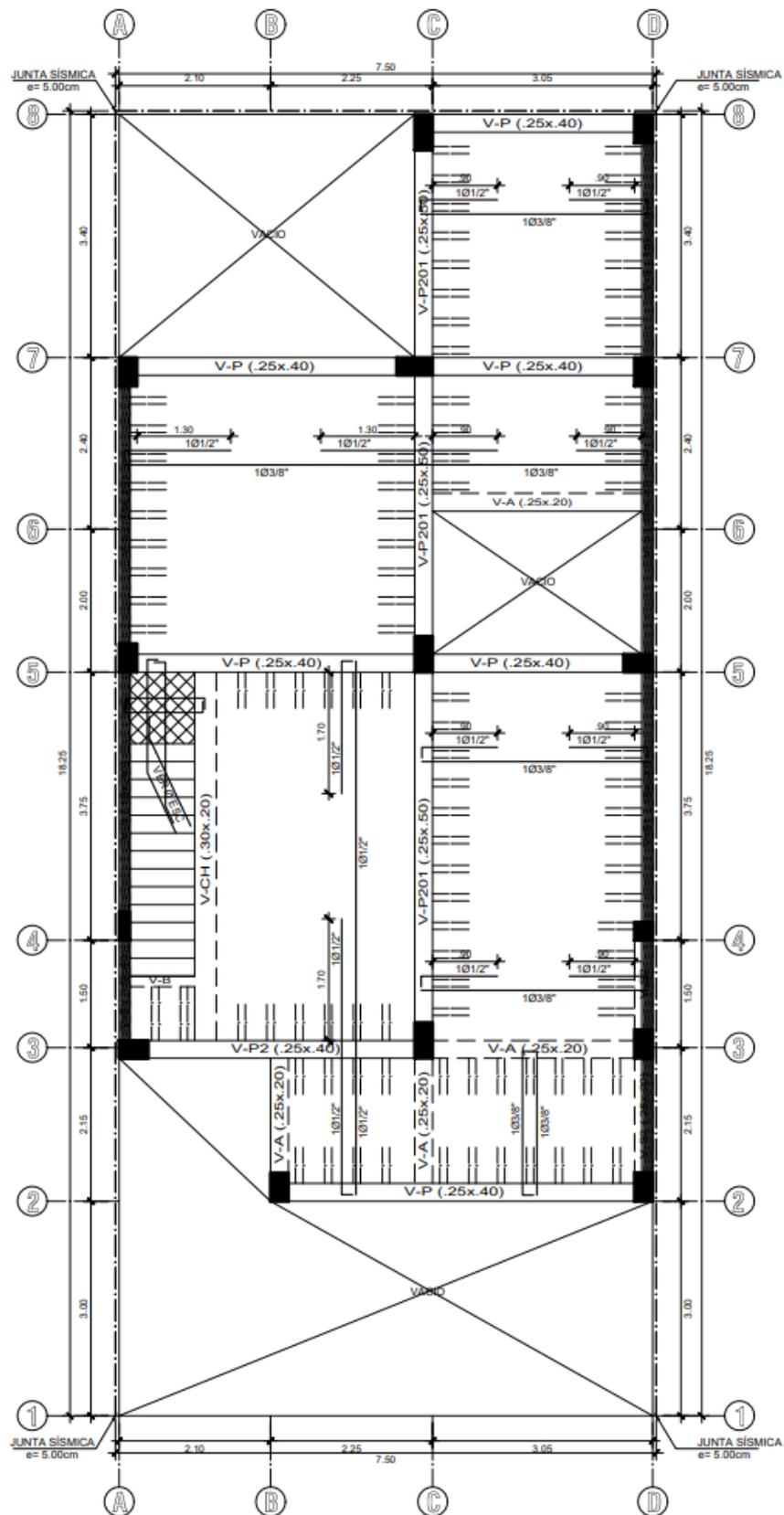


Figura 15: Losa aligerada del 2do piso del proyecto 2.

Fuente: La empresa constructora.

Otras obras que fueron ejecutadas por parte de la empresa se mencionan en el siguiente cuadro:

Tabla N° 7: Obras de la Empresa.

Año	Tipo de Obra	Área del terreno	Distrito
2020	Residencial	8x 17.35m	San Martin de Porres
2023	Residencial	7x19.95m	Surco
2023	Residencial	11x 20m	Villa el Salvador
2023	Residencial	7.5x 18.25	Pueblo Libre
2022	Residencial	7.9 x 21.54m	Los Olivos

Fuente: Propia.

Tabla N° 8: Cuadro de variabilidad del Presupuesto.

Obra	Presupuesto inicial	Presupuesto real	Pérdida
San Martin de Porres	S/ 346,638	S/ 319,852.64	S/ 26,785.36
Pueblo Libre	S/ 225,000	S/ 206,590.91	S/ 18,409.09

Fuente: Propia.

Tabla N° 9: Cuadro de variabilidad del Plazo.

Obra	Plazo Inicial	Plazo Real	Atraso
San Martin de Porres	3 meses	4 meses	1 mes
Pueblo Libre	2.5 meses	4 meses	1.5 meses

Fuente: Propia.

A continuación, se mencionan las causas del mayor costo y mayor plazo de las obras mencionadas.

Obra Residencial San Martin de Porres

Causas del mayor costo

- Mayores gastos operativos
- Mayor gasto de la mano de obra
- Cambio del costo de las varillas de fierro

Causas del mayor plazo

- Espacio reducido en obra para el almacenamiento de materiales.
- Mano de obra no calificada.
- Paralización por falta de presupuesto del cliente

Obra Residencial Pueblo Libre

Causas del mayor costo

- Mayores gastos operativos
- Mayor gasto de mano de obra
- Cambio del costo de las varillas de fierro (de 810 a 890 dólares la tonelada +IGV)

Causas del mayor plazo

- Espacio reducido en obra para el almacenamiento de materiales
- Paralización por temas de seguridad
- Paralización por falta de presupuesto del cliente
- Modificación en obra por parte del cliente.

3.4. Proyecto de edificación multifamiliar de pequeña envergadura evaluado

El proyecto del presente estudio es un proyecto de edificación de oficinas y vivienda multifamiliar de 04 pisos + 01 azotea. El presupuesto del proyecto es de S/. 609,025.50 sin IGV. El proyecto está ubicado en Los Olivos, Lima, y consta de los siguientes ambientes: en el primer piso, se ubica el ingreso peatonal y vehicular, así como los espacios en donde se conformarán espacios para algunas oficinas. Sin embargo, los demás pisos (segundo, tercero y cuarto piso) serán para vivienda multifamiliar y estarán conformados por una sala, cocina, baños y dormitorios, además la altura de entrepiso para el primer piso es de 2.8m y para los siguientes pisos de 2.6m. De esta manera, se considera un proyecto en su mayoría de carácter de edificación multifamiliar.

El sistema estructural es de albañilería confinada para el eje “y” y sistema porticado para el eje “x”, siendo el área del terreno de 7.9x 21.54 m.



Figura 16: Modelo del Proyecto.

Fuente: La empresa constructora.

El proyecto inicia su trabajo desde el desmontaje y demolición, seguido de la subestructura, superestructura y acabados como la albañilería y tarrajeo, tal como se muestra en el siguiente diagrama.

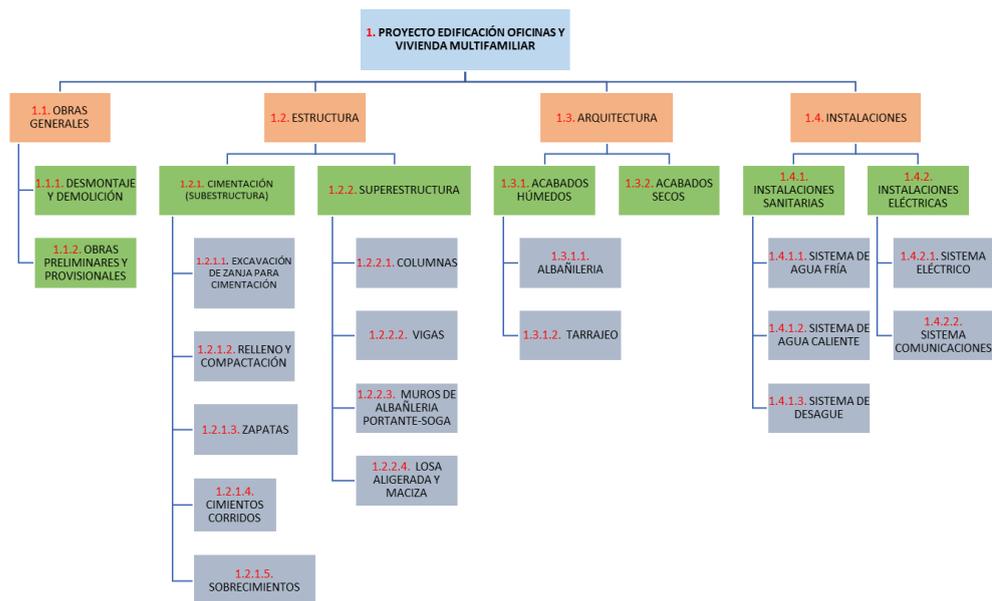


Figura 17: Estructura de desglose del proyecto (EDT).

Fuente: Propia.

Algunos datos del proyecto, adicionales a los antes mencionados, se mencionan a continuación:

Sobre el cliente del proyecto

El cliente es una persona natural que contrató a un supervisor para la supervisión de los trabajos.

Sobre el contrato inicial del proyecto

El contrato privado definía el comienzo y final de obra el cual tenía un plazo de construcción de 5 meses, el cual de no ser cumplido incurriría en penalidades para la empresa contratista.

Sobre el sistema de contrato

El sistema de contrato del proyecto a desarrollar es suma alzada.

Sobre el sistema de trabajo

Si bien el cliente contrató a la empresa en mención, esta decidió subcontratar al maestro de obra, el cual se iba a encargar de la construcción del proyecto.

A continuación, se muestra el organigrama del proyecto a ejecutar:

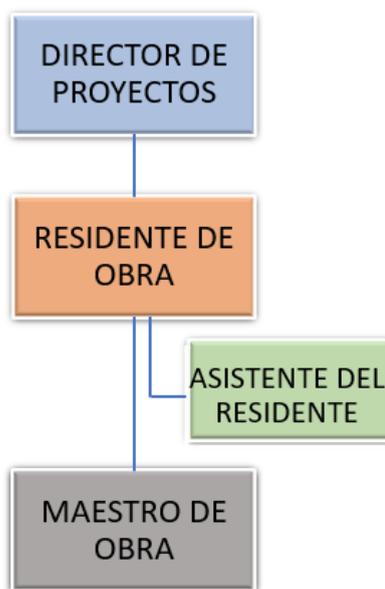


Figura 18: Organigrama del Proyecto (EDO)

Fuente: Propia.

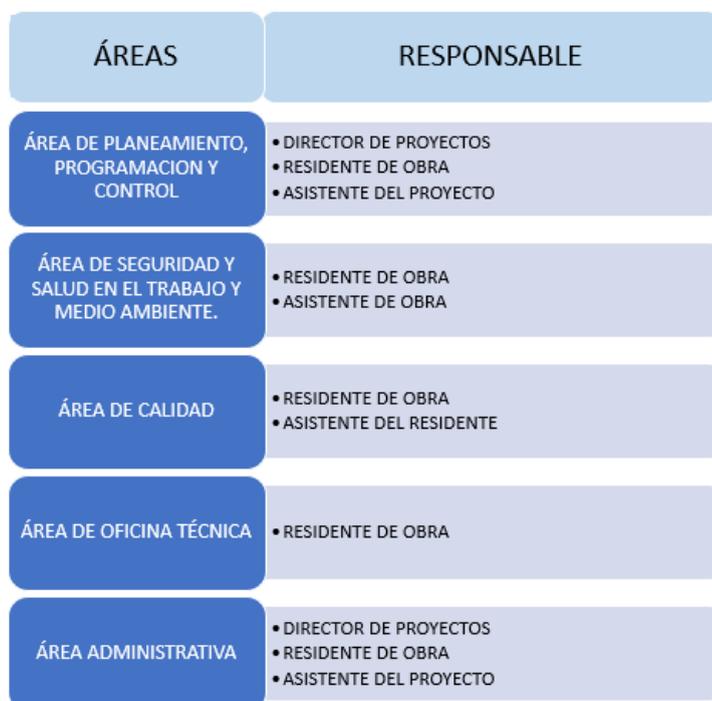


Figura 19: Áreas y responsables de áreas del proyecto

Fuente: Propia.

Asimismo, se presentará información sobre el presupuesto del proyecto, algunos planos referenciales y algunas fotografías. Todo lo anterior con el fin de generar un contexto de trabajo para esta tesis.

Tabla N° 10: Presupuesto de Obras preliminares.

PRESUPUESTO DE OBRA					
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRAD O	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
OBRAS PRELIMINARES					
01.00.00	DESMONTAJE Y DEMOLICIÓN				
01.01.00	DESMONTAJE DE CALAMINAS, VIDRIOS, PUERTAS	GLB	1.00	S/1,500.00	S/1,500.00
01.02.00	DEMOLICIÓN MANUAL	GLB	1.00	S/5,000.00	S/5,000.00
01.03.00	DEMOLICIÓN CON MAQUINARIA PESADA	GLB	1.00	S/3,500.00	S/3,500.00
01.04.00	ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS, DESMONTE Y BASURA	GLB	1.00	S/6,000.00	S/6,000.00
02.00.00	OBRAS DE PRELIMINARES				
02.01.00	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	S/3,000.00	S/3,000.00
02.02.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	160.00	S/5.00	S/800.00
02.03.00	TRAZADO Y REPLANTEO S/EQUIPO	M2	160.00	S/6.16	S/985.04
02.04.00	CERCO PERIMETRICO PROVISIONAL	ML	10.00	S/295.38	S/2,953.75
02.06.00	PERFILADO DE CIMENTOS	M2	72.00	S/22.88	S/1,647.00

Fuente: La empresa constructora.

Tabla N° 11: Presupuesto del Primer Piso-

PRESUPUESTO DE OBRA					
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRAD O	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
PRIMER PISO					
03.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
03.01.00	EXCAVACIÓN DE ZANJAS P/CIMENTOS Y/O ZAPATAS	M3	115.01	S/34.33	S/3,948.68
03.02.00	COMPACTACIÓN DE TERRENO MANUAL P/CIMENTOS Y/O ZA	M2	160.00	S/18.71	S/2,993.33
03.03.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	27.88	S/15.38	S/428.67
03.04.00	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M3	18.74	S/117.29	S/2,197.62
03.05.00	ACARREO INTERNO PROVENIENTE DE EXCAVACIONES	M3	138.01	S/20.60	S/2,843.05
03.06.00	ELIMINACION DE MATERIAL CON MAQUINARIA	M3	137.66	S/24.23	S/3,336.06
03.07.00	NIVELACION DE TERRENO Y APISONADO C/20 CM.	M2	160.00	S/14.34	S/2,294.46
04.00.00	SUB ESTRUCTURA				
04.01.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
04.01.01	SOLADO DE CONCRETO	M2	38.93	S/32.63	S/1,270.14
04.01.02	CIMIENTO CORRIDO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	67.40	S/38.06	S/2,564.96
04.01.03	CIMIENTO CORRIDO - CONCRETO C:H 1:10 + 30%P.G.	M3	33.45	S/288.62	S/9,654.05
04.01.04	SOBRECIMIENTO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	44.68	S/24.51	S/1,094.93
04.01.05	SOBRECIMIENTO - CONCRETO C:H 1:12 + 25%P.M.	M3	8.94	S/264.27	S/2,361.29
04.01.06	CONCRETO EN FALSO PISO DE 10cm	M2	142.50	S/39.36	S/5,608.75
04.02.01	ZAPATAS				
04.02.01.01	ZAPATAS - CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	20.58	S/298.32	S/6,138.46
04.02.01.02	ZAPATAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	19.23	S/48.00	S/922.96
04.02.01.03	ZAPATAS - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	655.77	S/6.81	S/4,462.97
04.02.02	CISTERNA				
04.02.02.01	CISTERNA - CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	5.08	S/463.85	S/2,354.50
04.02.02.02	CISTERNA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	36.64	S/49.59	S/1,816.86
04.02.02.03	CISTERNA - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	382.63	S/7.26	S/2,779.44
04.00.00	ESTRUCTURA PRIMER PISO				
04.04.00	COLUMNAS				
	COLUMNAS - CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	7.03	S/471.15	S/3,310.98
	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	82.97	S/44.14	S/3,662.27
	COLUMNAS - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	2,119.55	S/6.81	S/14,424.95
04.05.00	VIGAS				
	VIGAS - CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	6.92	S/341.70	S/2,365.85
	VIGAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	89.74	S/48.79	S/4,378.46
	VIGAS - ACERO CORRUGADO $F_y = 4200\text{kg/cm}^2$	KG	1,239.38	S/6.81	S/8,434.81
04.06.00	LOSA ALIGERADA				
	LOSA ALIGERADA - CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	10.28	S/341.70	S/3,513.25
	LOSA ALIGERADA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	117.51	S/32.17	S/3,780.03
	LOSA ALIGERADA - LADRILLO HUECO DE 0.15X0.30X0.30	UND	980.00	S/3.95	S/3,872.02
	LOSA ALIGERADA - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	712.59	S/6.81	S/4,849.68
04.06.00	LOSA MACIZA				
	LOSA MACIZA - CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	0.74	S/341.70	S/253.71
	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	3.71	S/47.07	S/174.75
	LOSA MACIZA - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	41.94	S/6.81	S/285.46
04.07.00	ESCALERA				
	ESCALERA - CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	M3	2.48	S/352.31	S/872.85
	ESCALERA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	10.16	S/61.78	S/627.71
	ESCALERA - ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	203.40	S/6.81	S/1,384.27
05.01.00	MUROS DE ALBAÑILERIA PORTANTE				
	MURO LADRILLO KK DE SOGA MEZ. C:A-1:4, TIPO IV.	M2	99.63	S/78.77	S/7,847.91

Fuente: La empresa constructora.

Tabla N° 12: Presupuesto del Primer Piso- Obras húmedas e instalaciones.

PRESUPUESTO DE OBRA					
PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRAD O	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
PRIMER PISO					
04.00.00	OBRAS HÚMEDAS 1ER PISO				
05.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS				
	TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO	M2	121.55	S/21.80	S/2,650.34
	TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO	M2	10.65	S/27.33	S/291.12
	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES	M2	15.60	S/32.02	S/499.44
	TARRAJEO EN COLUMNAS Y PLACAS	M2	130.23	S/28.94	S/3,769.03
	TARRAJEO EN CIELO RASO	M2	121.22	S/33.78	S/4,094.37
	TARRAJEO EN VIGAS	M2	89.74	S/32.45	S/2,912.32
	VESTIDURA EN FONDO DE ESCALERAS CON MEZCLA C:A 1:5	M2	7.30	S/37.27	S/272.04
	VESTIDURA DE DERRAMES	M2	41.00	S/13.03	S/534.08
05.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS				
	CONTRAPISO DE 48 mm	M2	135.00	S/28.87	S/3,897.28
04.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS Y SANITARIAS				
06.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS				
	INSTALACIONES ELECTRICAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE ALUMBRADO, TOMACORRIENTES Y COMUNICACIONES)	GLB	1.00	S/4,000.00	S/4,000.00
07.00.00	INSTALACIONES SANITARIAS				
	INSTALACIONES SANITARIAS (INCLUYE ENTUBADOS Y SALIDAS DE AGUA Y DESAGUE, CAJAS DE REGISTRO)	GLB	1.00	S/6,000.00	S/6,000.00

Fuente: La empresa constructora.

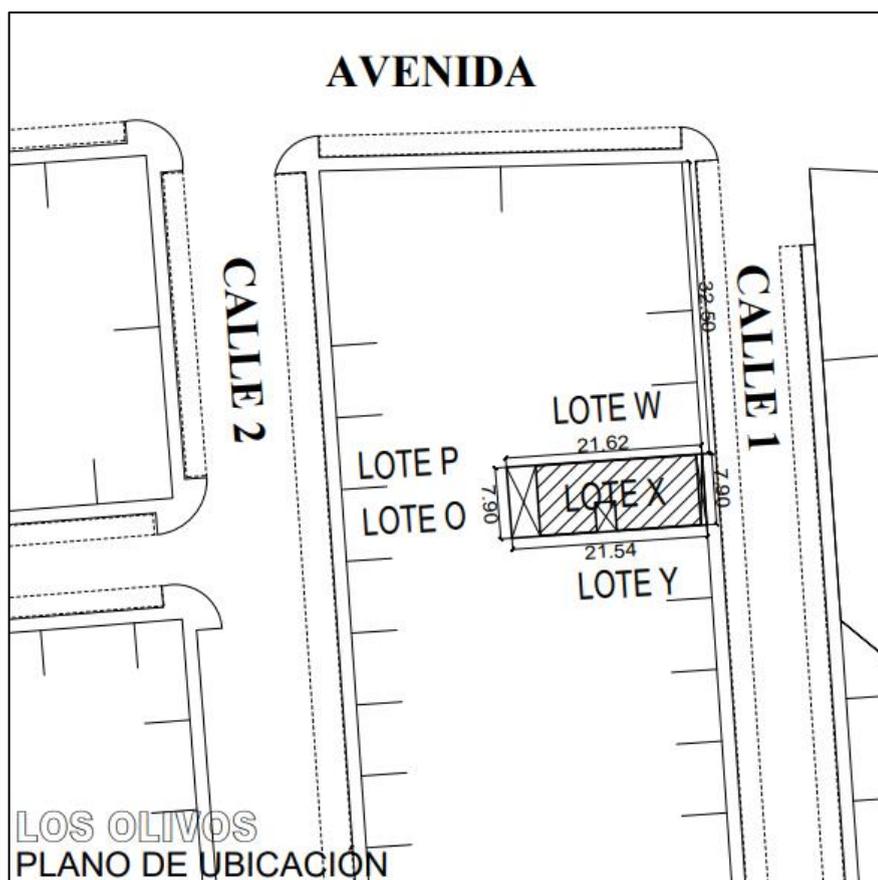


Figura 20: Plano de ubicación del proyecto.

Fuente: La empresa constructora.

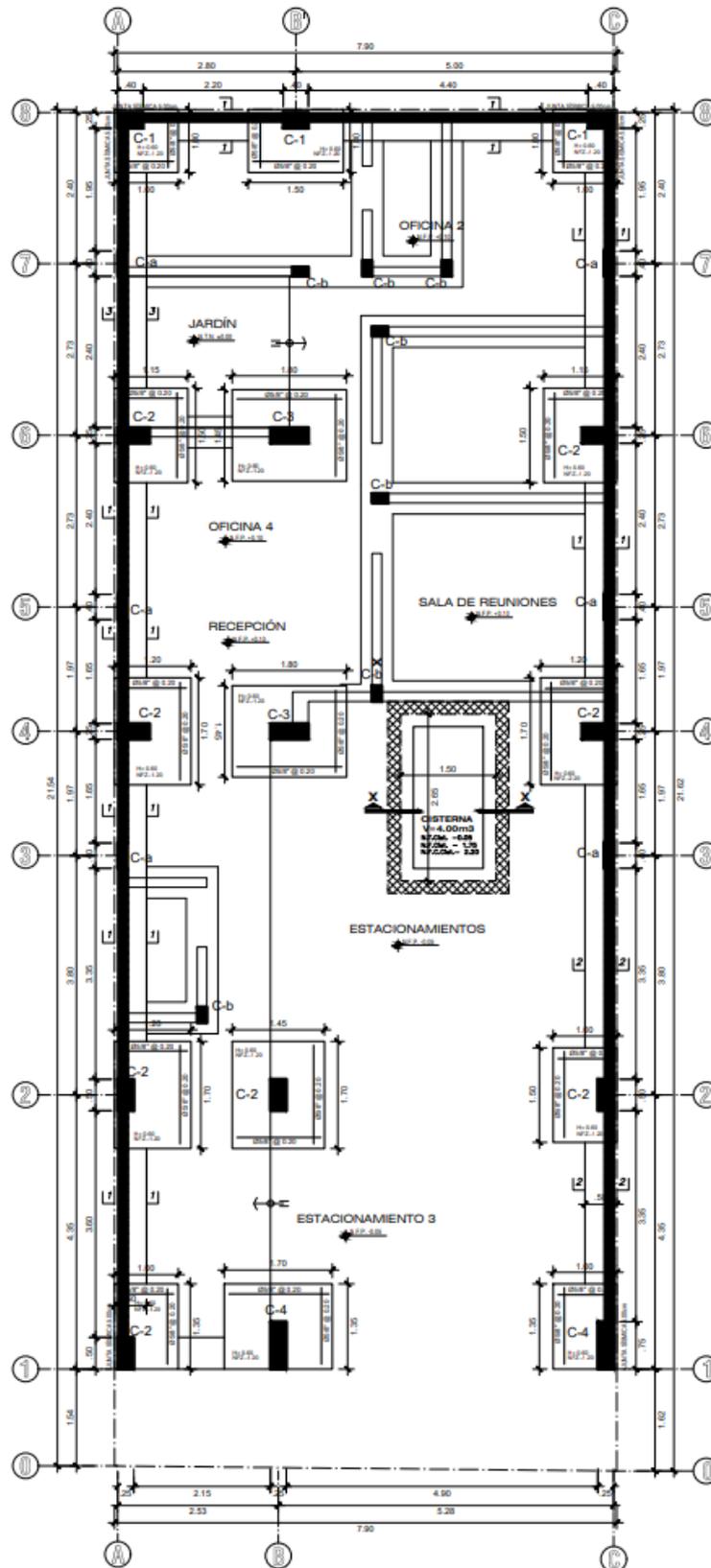


Figura 21: Cimentación del proyecto.

Fuente: La empresa constructora.

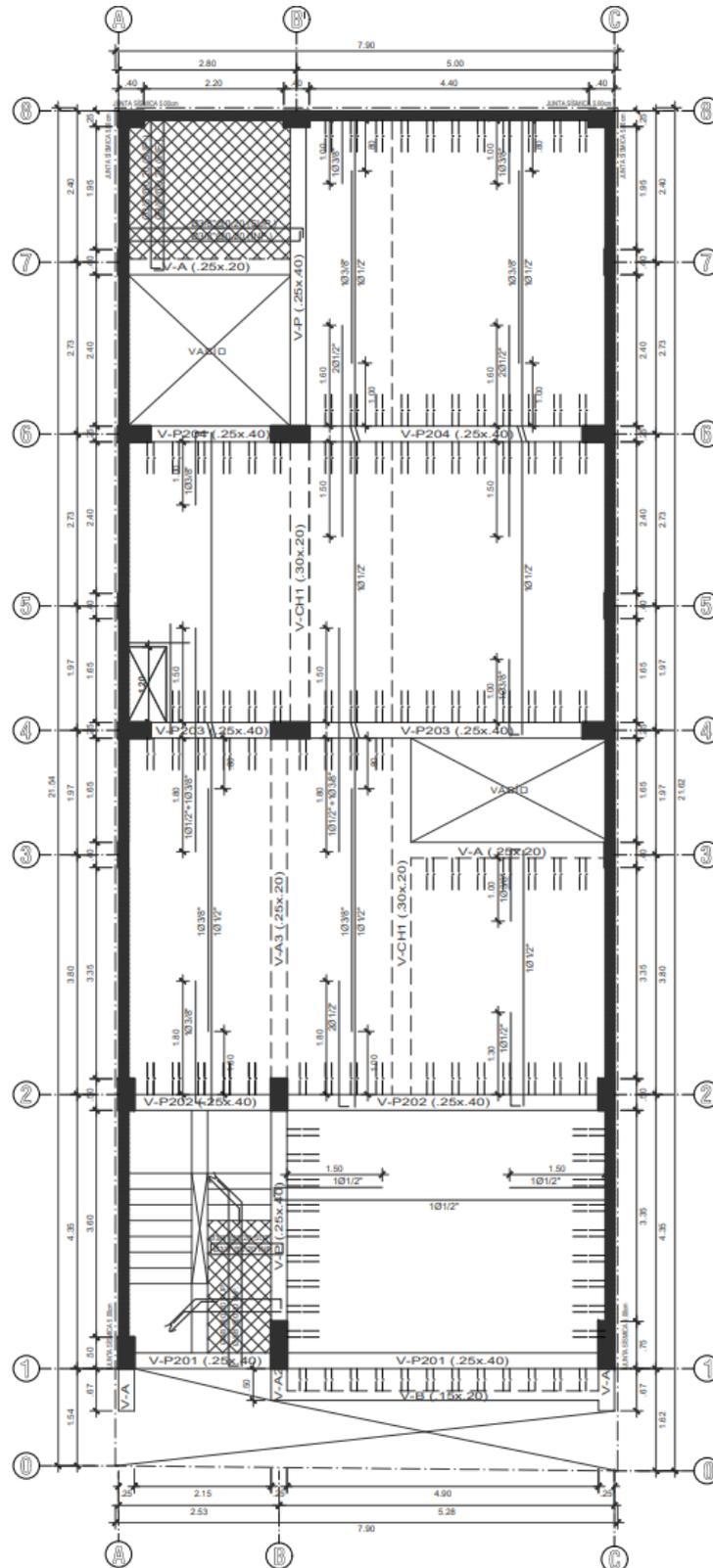


Figura 22: Losa aligerada del 2do piso.

Fuente: La empresa constructora.

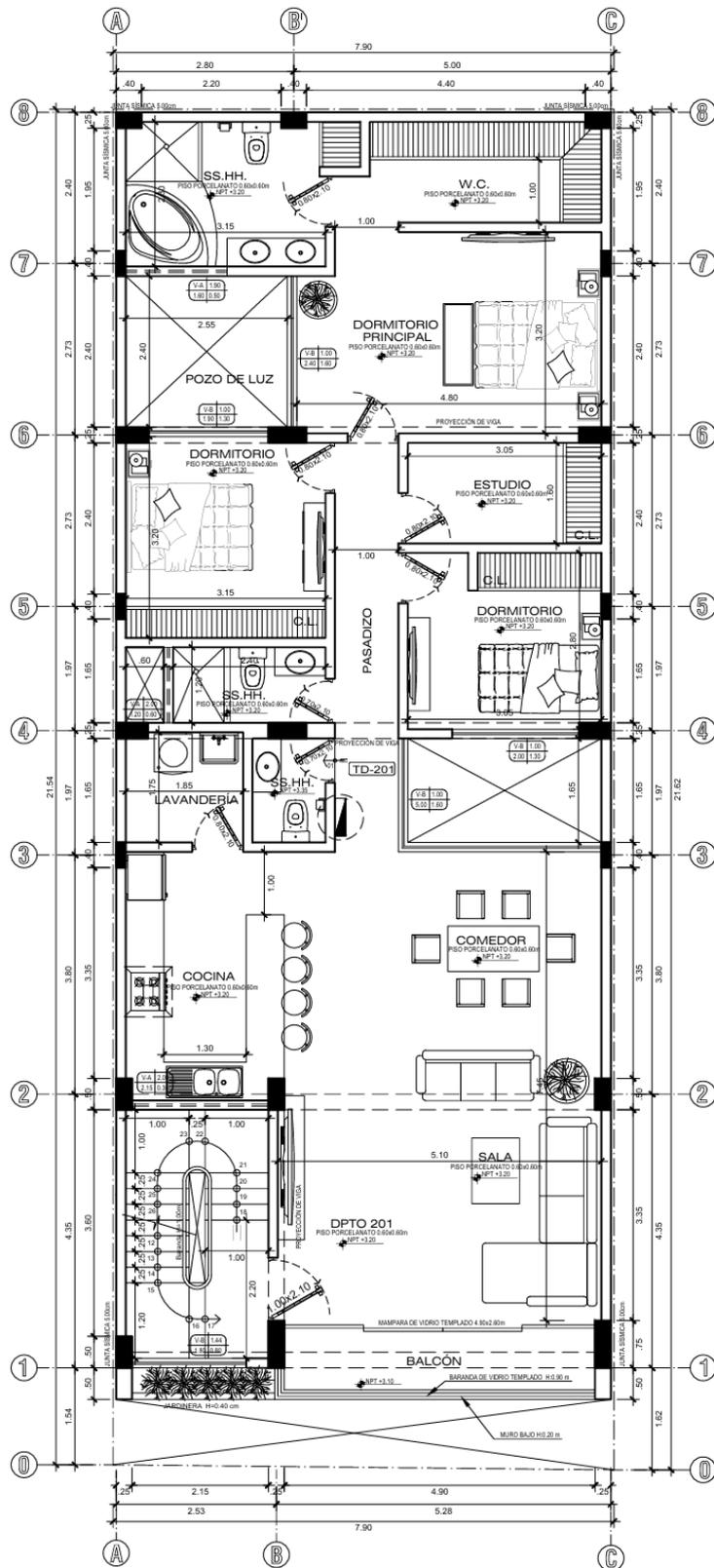


Figura 24: Arquitectura 2do piso.

Fuente: La empresa constructora.

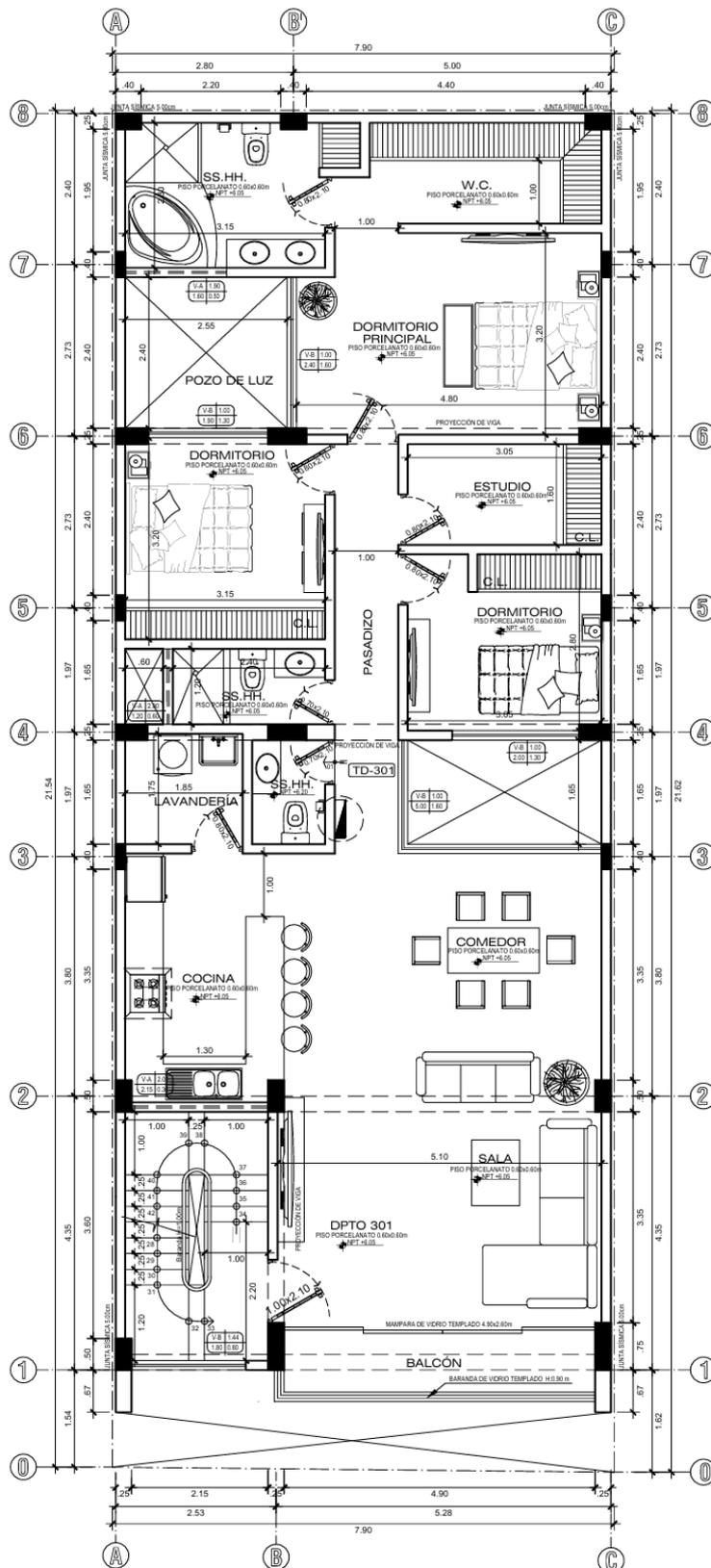


Figura 25: Arquitectura 3er piso.

Fuente: La empresa constructora.



Figura 26: Encofrado de losa aligerada. Piso 1.

Fuente: Propia.



Figura 27: Armado de vigas del segundo nivel.

Fuente: Propia.

Capítulo IV: Propuesta de metodología adaptando el Last Planner System en empresas constructoras pequeñas

En proyectos de gran envergadura en donde el área a construir oscila entre 200m² a 10,000m² se tiene la dificultad de conseguir la cantidad de materiales y herramientas para construir toda el área en un solo conjunto, es por eso por lo que se opta por hacer un tren de actividades en donde las herramientas y materiales utilizados en un sector se puedan reutilizar en el siguiente sector y así sucesivamente para cada sector. Se estima primero la cantidad máxima que se podría considerar en los materiales y herramientas, y luego según esas restricciones se sectoriza el área del terreno a construir en áreas más pequeñas pero que sean de similares.

En proyectos pequeños, debido a que el área a construir es pequeña, y según sea la facilidad de adquisición de sus materiales y herramientas, se puede considerar un solo sector en el proyecto.

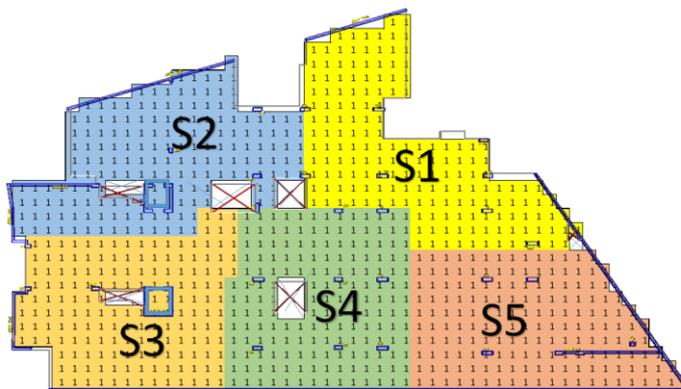


Figura 28: Ejemplo de sectorización para un proyecto de 945m².

Fuente: 360 Lean consultores

# Sector	Área (m ²)
S1	190.75
S2	191.85
S3	185.27
S4	187.47
S5	189.66
Total	945

Figura 29: Área de cada sector del ejemplo de sectorización de un proyecto de 945m².

Fuente: 360 Lean consultores

En empresas constructoras grandes trabajan con especialistas de una sola área (fierro, concreto, encofrado, etc.), capataces de obra en las diferentes áreas, sin embargo, en un proyecto pequeño la figura es algo distinta, hay un solo capataz de obra que se encarga de la dirección de todas las áreas y trabaja directamente con trabajadores de todas las áreas. Para el control de calidad en proyectos de mayor envergadura existe un ingeniero de calidad que se encarga de aseguramiento de calidad de los procesos constructivos, sin embargo, en proyectos pequeños este rol lo asume el asistente del residente, así como también otras funciones como el rol de la seguridad de obra.

A continuación, se explicará la propuesta de metodología aplicándose en el proyecto descrito en el capítulo III.

4.1. Sectorización del proyecto

Se analiza el área del terreno a construir de 160m², como se cuenta con los recursos necesarios para la construcción de esta área, en coordinación con el residente de obra y director de proyectos se decide trabajar con un solo sector. El director de proyectos está familiarizado con construcciones parecidas a la del proyecto en mención y tenía datos reales de rendimientos y plazos, por lo que se utiliza estos datos como una base de datos inicial para la planificación del proyecto.

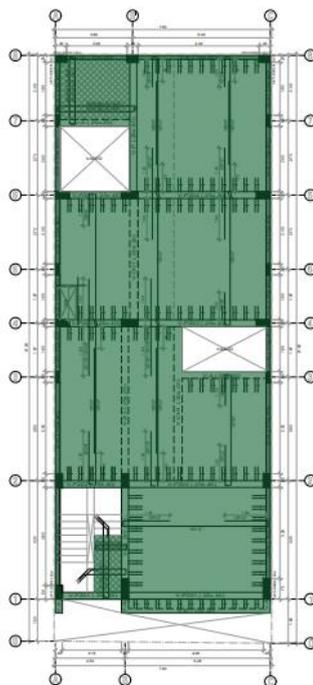


Figura 30: Sectorización del proyecto.

Fuente: Propia.

4.2. Secuencia Constructiva

Es necesario conocer la secuencia constructiva para realizar la programación de las actividades, conocer los requerimientos de las actividades, y factores más importantes necesarios para el cumplimiento de la programación de obra.

Se emplea la secuencia constructiva del maestro de obra, y se trabaja con trabajadores multitarea para la construcción del proyecto, esto quiere decir, cuando los operarios terminan una actividad continúan con la siguiente actividad.

El análisis de las actividades se realiza para el segundo piso donde se observa la metodología de trabajo. A continuación, se muestra los procesos según su secuencia constructiva del proyecto para un sector:

- Acero de elementos verticales (columnas y columnetas)
- Asentado de ladrillo estructural King Kong 18 huecos (soga)
- Encofrado de elementos verticales (columnas y columnetas)
- Vaciado de elementos verticales (columnas y columnetas)
- Desencofrado de elementos verticales (columnas y columnetas)
- Encofrado de elementos horizontales (losa y vigas) y escalera
- Acero de elementos horizontales (losa y vigas) y escalera
- Ladrillo de techo
- IISS (tuberías para agua potable y desagüe)
- IIEE (tuberías para centro de luz, tomacorriente, comunicaciones)
- Vaciado de elementos horizontales (losa y vigas) y escalera
- Desencofrado de elementos horizontales (losa y vigas) y escalera

Se pudo observar en el proceso de trabajo del segundo piso, los trabajos no contribuyeron además de retrasos en los trabajos contribuyeron, por lo que se hace una propuesta al director de proyectos y residente de obra sobre el correcto dimensionamiento de cuadrillas para el trabajo y, en segundo lugar, para obtener los materiales y herramientas necesarios para el correcto funcionamiento del trabajo del nuevo dimensionamiento de cuadrillas.

Los materiales de obra fueron distribuidos en el primer piso, y solo se solicitaba la cantidad necesaria para el sector ya que no se contaba con el suficiente espacio en obra para almacenarlos.

4.3. Acero de Elementos Verticales

4.3.1. Requerimiento de Mano de Obra

Como el modo de trabajo del subcontratista era con operarios multitarea, una vez terminado la actividad de vaciado de elementos horizontales del piso 1, se procede a la siguiente actividad que es acero de elementos verticales; sin embargo, a pesar de la cantidad de operarios que operaban, aun había frente de trabajo disponible para esta actividad.

4.3.2. Requerimiento de Información

Como muchos de los operarios no eran especialistas o fierros netos, tenían algunas deficiencias en los conocimientos básicos, por lo que necesitaban de un asesoramiento a la hora de realizar la actividad. Además, necesitaban algunas especificaciones para el control de calidad.

- Altura de estribado de acero
- Espaciamiento de estribos
- Longitud de traslape y ubicación de traslape
- Tipos de columnas, dimensión.
- Limpieza de fierros verticales antes de la colocación de estribos.



Figura 31: Acero de elementos verticales.

Fuente: Propia.

4.4. Asentado de Ladrillo

4.4.1. Requerimiento de Mano de Obra

Al analizar la partida de asentado de ladrillo King Kong 18 huecos, se observó que había frente disponible para trabajar; sin embargo, no se contaba con la cantidad óptima de operarios.

4.4.2. Requerimiento de Herramientas

La forma de trabajo era la siguiente, se necesita por cada operario 2 reglas y 2 bateas para la mezcla, esto debido al desplazamiento que hacían los operarios a lo largo del muro para el abastecimiento de mezcla en el asentado de ladrillo.



Figura 32:Asentado de ladrillo.

Fuente: propia.

Como la cantidad de reglas, bateas y cuerpos de andamios que se necesitaban para la nueva cantidad de operarios no era suficiente, se solicita al director de proyectos proveer de los materiales y herramientas en la cantidad requerida.

4.4.3. Requerimiento de Información

Se pudo observar además que el operario no sabía bien los requerimientos mínimos de calidad para la aceptación del muro de ladrillo, esto incurrió a deficiencias en el producto y a retrabajos. Los requerimientos mínimos necesarios que debían saber los operarios albañiles para la aprobación del muro de ladrillo se mencionan a continuación:

- Altura máxima de asentado de ladrillo en la primera fase de asentado de ladrillo.

- Grosor de junta vertical y horizontal.
- Amarre a columna: Con diente de ladrillo o mechas de alambre.
- Consideraciones para la primera fase del muro de ladrillo.
- Limpieza de los dientes después del asentado de ladrillo.

4.5. Encofrado de Columnas

4.5.1. Requerimiento de Mano de Obra

Al analizar la partida de encofrado de elementos verticales en el segundo piso, se observó que había frente de trabajo para más operarios. Se va a considerar la nueva cantidad de operarios en la optimización de cuadrilla ejecutado en la partida anterior y ver si es óptima también para esta partida.

4.5.2. Requerimiento de Materiales

En el análisis de la partida en el segundo piso, no se requirió herramienta adicional; sin embargo, al proyectar un nuevo dimensionamiento de cuadrillas, el tiempo de ejecución de la superestructura disminuirá, por lo que ya no se podría considerar el material de encofrado de la losa del piso anterior, debido al tiempo de desencofrado de la losa y se necesitará más paneles de encofrado.

4.5.3. Requerimiento de Información

Los operarios no estaban informados o no sabían en su totalidad todos los requerimientos de calidad precedentes. Al no tener en consideración antes de la partida de encofrado, incurrían a retrabajos, por lo cual es necesario el análisis y conocimiento de estos requerimientos:

- Limpieza del acero de columna.
- Limpieza de base de columna.
- Colocación de dados de concretos prefabricados de tamaño según sea columna o columneta.
- Verificación de la limpieza de la partida antecesora de asentado de ladrillo.
- Colocación de tecnopor para junta sísmica.
- Recubrimiento de acero estructural.



Figura 33: Limpieza de acero de columna.

Fuente: Propia.



Figura 34: Colocación de dados de concreto prefabricado.

Fuente: Propia.

4.6. Vaciado de Columnas

4.6.1. Requerimiento de Calidad

No se tomaban en cuenta algunas especificaciones para el vaciado de columnas, estas repercutían en la actividad siguiente, retrasándola. Las verificaciones de calidad necesarias para esta actividad se mencionan a continuación:

- Verificación del nivel de vaciado

- Verificación del desplome del elemento vertical en el momento de vaciado.
- Correcto vibrado del concreto para el vaciado de elementos verticales.



Figura 35: Cangrejeras en columnas.

Fuente: Propia.

Los operarios debían ser capacitados sobre estos aspectos para la correcta ejecución de la actividad, y así evitar retrabajos y sobrecostos.

En el análisis de las demás actividades se encontraron requerimientos de mano de obra, requerimientos de materiales y requerimientos de información, observándose la necesaria capacitación de la mano obrera, y una optimización de la cuadrilla de operarios en todas las partidas. Se propone para la ejecución de los demás sectores un diseño con la metodología del Last Planner System.

4.7. Planificación Maestra

En esta etapa es necesario conocer el alcance del proyecto, así como los hitos más destacados. El plan maestro debe proveer al equipo una visión general sobre los objetivos y entregables del proyecto. En este sentido, el plan maestro debe contener la definición del alcance, análisis de los interesados del proyecto, definición de la EDT, definición de la EDO, análisis de riesgos, los recursos importantes, costos de las actividades, programación general de la obra, hitos, entre otros. Todos los participantes involucrados en la construcción de la edificación deberán estar informados sobre este plan, y deberán reunirse para definir los hitos generales del proyecto.

Se propone para este tipo de proyecto una reunión una semana anterior al inicio de obra, en el cual todos los involucrados se informen del proyecto.

Debido a que el diagrama Gantt no es familiarizado por todos los integrantes del proyecto, se realiza esquemas que permitan comprender mejor el plan del proyecto, de forma clara, visual y fácil.

Tabla N° 13: Cronograma maestro por semanas.

PARTIDAS	11/07/2022	18/07/2022	25/07/2022	1/08/2022	8/08/2022	15/08/2022	22/08/2022	29/08/2022	5/09/2022	12/09/2022	19/09/2022	26/09/2022	3/10/2022	10/10/2022	17/10/2022	24/10/2022	31/10/2022	7/11/2022	14/11/2022	21/11/2022	28/11/2022	5/12/2022	12/12/2022
PRIMER PISO																							
DESMONTAJE Y DEMOLICIÓN																							
MOVIMIENTO DE TIERRAS																							
SOLADO DE CONCRETO																							
CIMENTO CORRIDO																							
SOBRECIMIENTO																							
FALSO PISO DE 10cm																							
ZAPATAS																							
CISTERNA																							
COLUMNAS																							
VIGAS																							
LOSA ALIGERADA																							
LOSA MACIZA																							
ESCALERA																							
MURO LADRILLO KK																							
COLUMNETAS																							
MURO DE LADRILLO SOGA PANDERETA																							
TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN CIELO RASO Y VIGAS																							
CONTRAPISO DE 48 mm																							
SEGUNDO PISO																							
COLUMNAS																							
VIGAS																							
LOSA ALIGERADA																							
LOSA MACIZA																							
ESCALERA																							
MUROS DE ALBAÑLERIA PORTANTE																							
COLUMNETAS																							
MURO DE LADRILLO SOGA PANDERETA																							
TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN CIELO RASO Y VIGAS																							
CONTRAPISO DE 48 mm																							
TERCER PISO																							
COLUMNAS																							
VIGAS																							
LOSA ALIGERADA																							
LOSA MACIZA																							
ESCALERA																							
MUROS DE ALBAÑLERIA PORTANTE																							
COLUMNETAS																							
MURO DE LADRILLO SOGA PANDERETA																							
TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN CIELO RASO Y VIGAS																							
CONTRAPISO DE 48 mm																							
CUARTO PISO																							
COLUMNAS																							
VIGAS																							
LOSA ALIGERADA																							
LOSA MACIZA																							
ESCALERA																							
MUROS DE ALBAÑLERIA PORTANTE																							
COLUMNETAS																							
MURO DE LADRILLO SOGA PANDERETA																							
TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN CIELO RASO Y VIGAS																							
CONTRAPISO DE 48 mm																							
AZOTEA																							
ESTRUCTURA AZOTEA																							
COLUMNAS																							
VIGAS																							
LOSA ALIGERADA																							
LOSA MACIZA																							
ESCALERA																							
MUROS DE ALBAÑLERIA PORTANTE																							
COLUMNETAS																							
MURO DE LADRILLO SOGA PANDERETA																							
TARRAJEO EN INTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN EXTERIORES FROTACHADO																							
TARRAJEO EN CIELO RASO Y VIGAS																							
CONTRAPISO DE 48 mm																							

Fuente: La constructora.

A continuación, se muestran los hitos principales del proyecto en general, el cual muestra la fecha de ejecución y cargo de los involucrados.

Tabla N° 14: Hitos Principales del proyecto.

Hitos Generales	Contratante	Contratista	Subcontratista	Fecha
Entrega del terreno	◆			07-Jul
Inicio de obra			◆	11-Jul
Inicio de la estructura			◆	25-Jul
Fin de la estructura			◆	12-Nov
Inicio acabados			◆	05-Set
Entrega de obra	◆	◆		24-Dic

Fuente: Propia.

4.8. Planificación por Fases

Del plan maestro, se crea una planificación por fases, se tiene en cuenta el cronograma general como guía para definir las fases del proyecto de ejecución de obra. Así se tienen 4 fases de la etapa de construcción, los cuales se muestran en el siguiente cronograma. Cabe mencionar que estas fases son definidas por los involucrados del proyecto.

Las fases del proyecto para la etapa de construcción se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla N° 15: Fases y partidas del proyecto.

FASES	PARTIDAS
Fase N° 1: Obras generales	Desmontaje y demolición Obras preliminares y provisionales
Fase N° 2: Construcción de la subestructura	Excavación de zanjas Cisterna Cimentación
Fase N° 3: Casco de la superestructura	Estructura primer piso Estructura segundo piso Estructura tercer piso Estructura azotea
Fase N° 4: Acabados húmedos	Tarrajeo Tabiquería

Fuente: Propia.

Tabla N° 16: Cronograma maestro- Hitos del proyecto.

FASES	PARTIDAS	2022					
		JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
FASE N°1 OBRAS GENERALES	DESMONTAJE Y DEMOLICIÓN	◆ H1					
	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	◆	◆ H2				
FASE N°2 CONSTRUCCION DE LA SUBESTRUCTURA	EXCAVACION DE ZANJAS	◆					
	CISTERNA		◆				
	CIMENTACIÓN	◆	◆	◆ H3			
FASE N°3 CASCO DE LA SUPERESTRUCTURA	ESTRUCTURA PRIMER PISO		◆	◆			
	ESTRUCTURA SEGUNDO PISO			◆	◆		
	ESTRUCTURA TERCER PISO				◆	◆	
	ESTRUCTURA CUARTO PISO					◆	◆
	ESTRUCTURA AZOTEA PISO			◆ H5		◆	◆ H4
FASE N°4 ACABADOS HÚMEDOS	ACABADOS HÚMEDOS				◆	◆	◆ H6

Fuente: Propia.

Para el siguiente estudio se analizará la estructura del segundo y tercer piso de la fase N°3 del proyecto, el casco de la superestructura, ya que para la fase N°3 se muestra un ciclo de actividades. Estas se repiten en todos los pisos, como ya se mencionó antes, se hizo el análisis para el piso 2, por lo que se tiene una base de datos real para la toma de decisiones y se tomará en cuenta estas consideraciones para los demás pisos.

Tabla N° 17: Fase N°3 – Cronograma del casco de superestructura

Fase	FASE N° 03 - CASCO DE SUPERESTRUCTURA																			
Año	2022																			
Mes del año	Agosto				setiembre				octubre				noviembre							
N° de semana	S 05	S 06	S 07	S 08	S 09	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21			
Fecha (Lunes)	08/08/2022	15/08/2022	22/08/2022	29/08/2022	05/09/2022	12/09/2022	19/09/2022	26/09/2022	03/10/2022	10/10/2022	17/10/2022	24/10/2022	31/10/2022	07/11/2022	14/11/2022	21/11/2022	28/11/2022			
HITOS	H3																H4			
ESTRUCTURA PRIMER PISO	■																			
ESTRUCTURA SEGUNDO PISO					■															
ESTRUCTURA TERCER PISO									■											
ESTRUCTURA CUARTO PISO													■							
ESTRUCTURA AZOTEA													■							

Fuente: Propia

Se tiene en cuenta los hitos del proyecto, estos indicarán si están atrasados. Si fuera el caso, se tiene que ver alternativas de solución para alcanzar la meta provista con el fin de no incurrir en penalidades futuras.

Tabla N° 18: Fecha de inicio y fin provisto en la fase N° 3.

FASE N° 3 DEL PROYECTO	Fecha inicio	Fecha Fin	N° Semanas
Casco de la superestructura	08/08/2022	12/11/2022	14 sem

Fuente: Propia.

4.9. Planificación a Mediano Plazo

Para la planificación a mediano plazo se tuvo que reconocer primero la secuencia de actividades vista en los ítems anteriores, y según los rendimientos reales de los obreros realizar una programación real. Debido a la gran variabilidad de obra es necesario la utilización de buffers y, debido a que el sábado no es un día completo de 8 horas, es común utilizar este día como un buffer de obra.

En el balanceo de recursos de mano de obra, materiales y herramientas se obtuvo del análisis de las partidas para la ejecución del piso 2, obteniéndose la siguiente planificación y cronograma de obra. Se proyecta un Look Ahead de 4 semanas, mostrándose solo 3 semanas en el siguiente cuadro para su clara visualización.

Tabla N° 19: Look Ahead Planning 4 semanas.

Tren de Actividades	SEMANA 8							SEMANA 9							SEMANA 10						
	LU.	MA	MI	JU	VI	SA	DO.	LU.	MA	MI	JU.	VI	SÁ	DO.	LU.	MA	MI	JU.	VI	SÁ	DO.
	29/08/2022	30/08/2022	31/08/2022	01/09/2022	02/09/2022	03/09/2022	04/09/2022	05/09/2022	06/09/2022	07/09/2022	08/09/2022	09/09/2022	10/09/2022	11/09/2022	12/09/2022	13/09/2022	14/09/2022	15/09/2022	16/09/2022	17/09/2022	18/09/2022
Actividades/ Días	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Acero de columnas	P2																P3				
Asentado de ladrillo kk 18 huecos		P2	P2															P3	P3		
Encofrado de columnas				P2	P2																B
Vaciado de columnas						P2															
Desencofrado de columnas							B	P2													
Encofrado de vigas									P2												
Encofrado de losas										P2											
Ladrillo de techo para losa alig											P2										
Acero de vigas										P2	P2										
Acero de losa aligerada												P2									
Acero de losa maciza												P2									
IISS												P2	B		P2						
IIEE															P2						
Lev de obs															P2						
Vaciado de vigas																P2					
Vaciado de losas																P2					

Fuente: Propia.

P2	Piso N°2 o sector N°1
P3	Piso N°3 o sector N°2
B	Día de Buffer
	Partida de acero
	Partida de asentado de muro
	Partida de encofrado
	Partida de vaciado de concreto
	Partida de IISS
	Partida de IIEE
	Lev. de obs.

Figura 36: Leyenda del Look Ahead Planning 4 semanas.

Fuente: Propia.

4.10. Análisis de Restricciones

Se hace el análisis de restricciones para todas las actividades, el cual contempla la descripción de la restricción, la solución a la restricción o el requerimiento para el levantamiento de la restricción, el responsable de la solución a la restricción o del requerimiento, el plazo último del levantamiento de la restricción, y la fecha de liberación real. Finalmente, si esta restricción fue liberada al momento de revisar o de programar la actividad, se coloca “abierta”, caso contrario se coloca “cerrada”.

Tabla N° 20: Cuadro de restricciones para el proceso de acero de columna.

ACTIVIDAD: ACERO DE COLUMNAS						
ID	RESTRICCIÓN	REQUERIMIENTO	RESPONSABLE DE LA SOLUCIÓN	PLAZO ÚLTIMO DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACIÓN	ABIERTA /CERRADA
1	Información	Hacer un formato de la información requerida, que sea clara y entendible para los operarios y jefe de cuadrilla.	Asistente del Residente KA	17/09/2022	-	-
2	Material y herramientas de obra	Cant. de varillas de acero corrugado en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de alambre N°16 requerido para el proceso	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de escobillas de fierros	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
3	Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	25/09/2022	-	-

Fuente: Propia.

Nota: KA, WM y EQ eran las iniciales de los nombres de los siguientes puestos asistente del residente, director de proyectos y maestro de obra respectivamente.

El plazo último de compromiso en este caso se toma un sábado de la semana anterior a la programación de la actividad, este cuadro será compartido por todos los participantes de la obra con la anterioridad necesaria para el levantamiento de las restricciones, mínimo una semana antes del último plazo.

Tabla N° 21: Cuadro de restricciones del proceso de asentado de ladrillo.

ACTIVIDAD: ASENTADO DE LADRILLO						
ID	RESTRICCIÓN	REQUERIMIENTO	RESPONSABLE DE LA SOLUCIÓN	PLAZO ÚLTIMO DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACIÓN	ABIERTA /CERRADA
1	Información	Hacer un formato con la información requerida, que sea clara y entendible para los operarios y jefe de cuadrilla.	Asistente del Residente KA	25/09/2022	-	-
2	Material y herramientas en obra	Cant. de ladrillos kk 18 huecos requerido en obra para el proceso	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de bolsas de cemento y m3 de arena gruesa para la preparación de mortero	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de alambre N°8 para las mechas del asentado de ladrillo	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de cuerpos de andamios normalizados, reglas de aluminio, bateas y buggies	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de planchas de ternopor del grosor requerido para las juntas sísmicas de las columnas y columnetas	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
3	Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerida para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	25/09/2022	-	-

Fuente: Propia.

Nota: KA, WM y EQ eran las iniciales de los nombres de los siguientes puestos asistente del residente, director de proyectos y maestro de obra respectivamente.

Tabla N° 22: Cuadro de restricciones para el proceso de encofrado de columnas.

ACTIVIDAD: ENCOFRADO DE COLUMNAS						
ID	RESTRICCIÓN	REQUERIMIENTO	RESPONSABLE DEL LEVANTAMIENTO DEL REQUERIMIENTO	PLAZO ÚLTIMO DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACIÓN	ABIERTA /CERRADA
1	Información	Hacer un formato con la información requerida, que sea clara y entendible para los operarios y jefe de cuadrilla.	Asistente del Residente KA	25/09/2022	-	-
2	Material y herramientas en obra	Cant. de paneles fenólicos, soleras, puntales metálicos para el encofrado en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de alambre N°8	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de clavos con cabeza	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de botellas de epóxico para la limpieza de acero	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de escobillas de fierros	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
		Cant. de dados de concreto prefabricados en la dimensión requerida para el recubrimiento del acero de columna	Director de proyectos WM	25/09/2022	-	-
3	Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	25/09/2022	-	-

Fuente: Propia.

Nota: KA, WM y EQ eran las iniciales de los nombres de los siguientes puestos asistente del residente, director de proyectos y maestro de obra respectivamente.

El encargado de programar la actividad para la siguiente semana, siempre y cuando estén levantadas todas las restricciones, era el asistente de residente, con la aprobación del residente de obra.

Una vez de haber liberado los 7 flujos de cada actividad programada en el Look Ahead (Cronograma a mediano plazo), se procede a programar las actividades en el plan a corto plazo.

4.11. Planificación Semanal

Se considera para este estudio una planificación de corto plazo de una semana, como se muestra a continuación:

Tabla N° 23: Plan semanal de la semana 11 del proyecto.

Tren de Actividades	SEMANA 10							SEMANA 10							META			
	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SA.	DO.	VERIFICACIÓN DE LOS 7 FLUJOS							COMPROMETIDA (%)	ALCANZADA (%)		
	03/10/2022	04/10/2022	05/10/2022	06/10/2022	07/10/2022	08/10/2022	09/10/2022	SEGURIDAD	INFORMACION	ESPACIO	MATERIALES	PERSONAS	REQUISITOS PREVIOS	EQUIPOS				
Actividades	19	20	21	22	23	24												
Acero de columnas																		
Asentado de ladrillo kk 18 huecos																		
Encofrado de columnas	P3	P3						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Vaciado de columnas		P3						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Desencofrado de columnas			P3					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Encofrado de vigas				P3				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Encofrado de losas					P3			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Ladrillo de techo para losa alig						B											100%	-
Acero de vigas					P3			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	-
Acero de losa aligerada																		
Acero de losa maciza																		
IISS																		
IIEE																		
Lev de obs																		
Vaciado de vigas																		
Vaciado de losas																		

Fuente: Propia.

P3	Nivel N°3 o sector N°2
B	Día de Buffer
	Partida de acero
	Partida de asentado de muro
	Partida de encofrado
	Partida de vaciado de concreto

Figura 37: Leyenda de Plan semanal de la semana 11 del proyecto.

Fuente: Propia.

En el plan semanal se verifica si la actividad programada se realiza en su totalidad, sino fuera el caso se analiza qué porcentaje de la actividad programada sí se ejecutó con el fin de sacar un porcentaje estadístico de las actividades ejecutadas. Además, se analiza en la planificación a corto plazo (plan semanal en este caso) las causas de que estas actividades no se completarán como fue planificado.

4.12. Planificación Diaria

Se colocan todas las actividades a realizar en el día, con el fin de verificar qué porcentaje de las actividades se realizan en su totalidad, y ver las causas si fuera el caso de por qué no se realizaron.

Tabla N° 24: Plan diario del día 51.

Tren de Actividades	Día 51				META	
	Lunes 29/08/2022				COMPROMETIDA (%)	ALCANZADA (%)
Actividades	Metrado	Und	H/op	H/pe		
Acarreo de material	-	-	-	25.5	100%	-
Asentado de ladrillo	53.43	m2	42.5	-	100%	-
Habilitación de estribos	350	und	8.5	4.5	100%	-

Fuente: Propia.

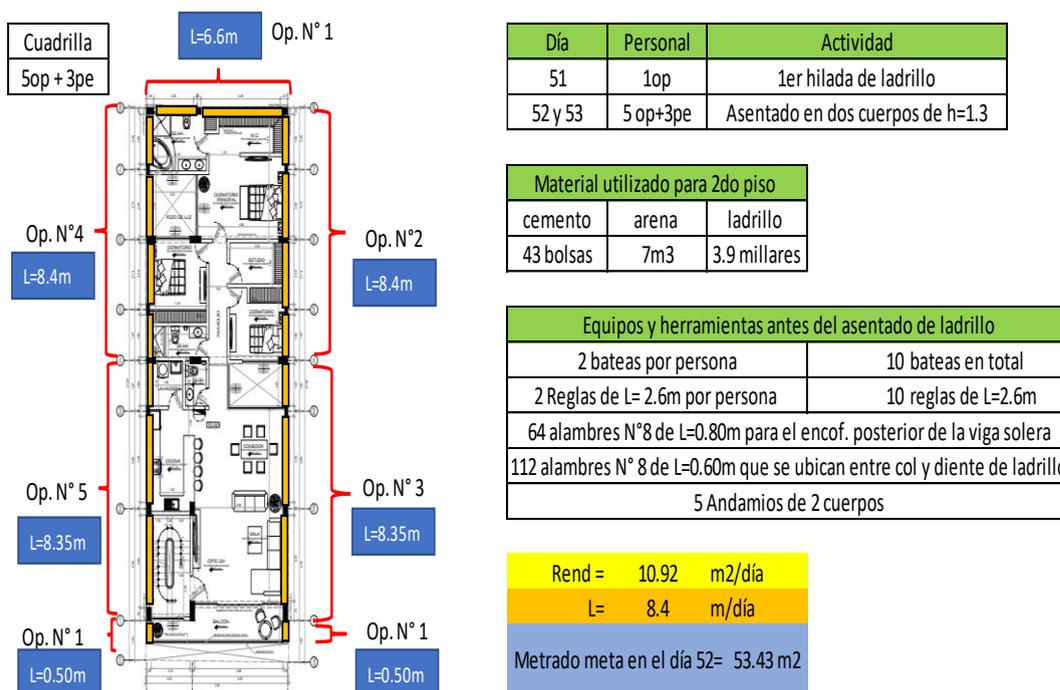


Figura 38: Distribución de trabajo de la actividad de Asentado de ladrillo KK 18 huecos.

Fuente: Propia.

Capítulo V: Identificación de propuestas de mejora mediante la aplicación de la metodología Last Planner System

5.1. Avance realizado antes de la implementación

El avance real antes de la implementación, analizado para el primer sector en el segundo piso, tiene una duración de 23 días ejecutados por la mano obrera.

Tabla N° 25: Avance real ejecutado para el piso 2.

Tren de Actividades	SEMANA 11							SEMANA 12							SEMANA 13							SEMANA 14							SEMANA 15						
	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SÁ	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SÁ	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SÁ	DO	LU	MA	MI	JU	VI	SÁ	DO
Actividades/ Días	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
Acero de columnas																																			
Asentado de ladrillo kk 18 huecos																																			
Encofrado de columnas																																			
Vaciado de columnas																																			
Desencofrado de columnas																																			
Encofrado de vigas																																			
Encofrado de losas																																			
Ladrillo de techo para losa alig																																			
Acero de vigas																																			
Acero de losa aligerada																																			
Acero de losa maciza																																			
IISS																																			
IIEE																																			
Lev de obs																																			
Vaciado de vigas																																			
Vaciado de losas																																			

Fuente: Propia.

5.2. Planificación con Last Planner System

La planificación con Last Planner System debido al análisis de las actividades que se realizó en el sector 1 o en el piso 2, da como resultado una planificación de 12 días, incluyendo buffer los sábados a comparación del avance real que fue de 23 días. A continuación, se muestra la programación mediante la planificación del sistema Last Planner para el sector del tercer piso:

F	Día feriado
B	Día de Buffer
	Partida de acero
	Partida de asentado de muro
	Partida de encofrado
	Partida de vaciado de concreto
	Partida de IISS
	Partida de IIEE
	Lev. de obs.

Figura 39: Leyenda de la Planificación con Last Planner System para el piso 3 o segundo sector

Fuente: Propia.

Tabla N° 26: Planificación con Last Planner System para el piso 3 o segundo sector.

Tren de Actividades	SEMANA 15								SEMANA 16								SEMANA 17								SEMANA 18							
	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SA.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.				
	17/10/2022	18/10/2022	19/10/2022	20/10/2022	21/10/2022	22/10/2022	23/10/2022	24/10/2022	25/10/2022	26/10/2022	27/10/2022	28/10/2022	29/10/2022	30/10/2022	31/10/2022	01/11/2022	02/11/2022	03/11/2022	04/11/2022	05/11/2022	06/11/2022	07/11/2022	08/11/2022	09/11/2022	10/11/2022	11/11/2022	12/11/2022	13/11/2022				
Actividades/ Días	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126				
Acero de columnas																																
Asentado de ladrillo kk 18 huecos																																
Encofrado de columnas																																
Vaciado de columnas																																
Desencofrado de columnas																																
Encofrado de vigas																																
Encofrado de losas																																
Ladrillo de techo para losa alig																																
Acero de vigas																																
Acero de losa aligerada																																
Acero de losa maciza																																
IISS																																
IIEE																																
Lev de obs																																
Vaciado de vigas																																
Vaciado de losas																																

Fuente: Propia.

5.3. Avance real después de la implementación

El avance real ejecutado para el piso 3 o sector 2, después de la implementación, tuvo una duración de 16 días de trabajo.

Tabla N° 27: Avance real para el piso 3 o sector 2

Tren de Actividades	SEMANA 15								SEMANA 16								SEMANA 17								SEMANA 18							
	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SA.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.	LU.	MA.	M.	JU.	VI.	SÁ.	DO.				
	17/10/2022	18/10/2022	19/10/2022	20/10/2022	21/10/2022	22/10/2022	23/10/2022	24/10/2022	25/10/2022	26/10/2022	27/10/2022	28/10/2022	29/10/2022	30/10/2022	31/10/2022	01/11/2022	02/11/2022	03/11/2022	04/11/2022	05/11/2022	06/11/2022	07/11/2022	08/11/2022	09/11/2022	10/11/2022	11/11/2022	12/11/2022	13/11/2022				
Actividades/ Días	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126				
Acero de columnas																																
Asentado de ladrillo kk 18 huecos																																
Encofrado de columnas																																
Vaciado de columnas																																
Desencofrado de columnas																																
Encofrado de vigas																																
Encofrado de losas																																
Ladrillo de techo para losa alig																																
Acero de vigas																																
Acero de losa aligerada																																
Acero de losa maciza																																
IISS																																
IIEE																																
Lev de obs																																
Vaciado de vigas																																
Vaciado de losas																																

Fuente: Propia.

F	Día feriado
	Partida de acero
	Partida de asentado de muro
	Partida de encofrado
	Partida de vaciado de concreto
	Partida de IISS
	Partida de IIEE
	Lev. de obs.

Figura 40: Leyenda del Avance real para el piso 3 o sector 2.

Fuente: Propia.

5.4. Ratios de Productividad

A continuación, se muestran las ratios de productividad

Tabla N° 28: Ratio de productividad Real del piso 2

ITEM	Actividades	Metrado	und	HH	Ratio Real (HH/und)
1	Acero de estribos para col	653.70	kg	112	0.17133
2	Asentado de ladrillo KK 18 huecos (soga)	106.93	m2	195	1.82367
3	Encofrado y desenc. de columnas	58.99	m2	156	2.64452
4	Vaciado de columnas	6.96	m3	28	4.02299
5	Encofrado de vigas	75.08	m2	106	1.41183
6	Encofrado de losa	118.20	m3	98	0.82910
7	Ladrillo de techo para losa alig	962.00	und	59	0.06133
8	Acero de vigas	1,239.38	kg	113	0.09117
9	Acero de losa aligerada	780.23	kg	65	0.08331
10	Acero de losa maciza	41.94	kg	6	0.14306
11	Salida para centro de luz	30.00	pto	15	0.50000
12	Red de distribución interna de agua con tubería PVC	23.47	ml	8	0.34090
13	Salida de desagüe de PVC	14.00	pto	16	1.14286
14	Vaciado de losa, vigas y escalera	22.51	m3	76	3.37628
				HH Total	938

Fuente: Propia.

Tabla N° 29: Ratio de productividad programado con aplicación del Last Planner System para el piso 3 o segundo sector.

ITEM	Actividades	Metrado	und	HH	Ratio Programado (HH/und)
1	Acero columna y columnetas	1,343.48	kg	96	0.07146
2	Asentado de ladrillo KK 18 huecos (soga)	106.93	m2	160	1.49634
3	Encofrado y desenc. de columnas	55.50	m2	112	2.01802
4	Vaciado de columnas	6.96	m3	24	3.44828
5	Encofrado y desenc. de vigas peraltadas	75.08	m2	76	1.01225
6	Encofrado y desenc. de losa	118.20	m3	64	0.54146
7	Ladrillo de techo para losa alig	962.00	und	56	0.05821
8	Acero de vigas	1,239.38	kg	72	0.05809
9	Acero de losa aligerada	780.23	kg	42	0.05383
10	Acero de losa maciza	41.94	kg	2.3	0.05484
11	Salida para centro de luz	30.00	pto	14	0.46667
12	Red de distribución interna de agua con tubería PVC	23.47	ml	7	0.29829
13	Salida de desagüe de PVC	6.00	pto	7	1.16667
14	Vaciado de losa, vigas y escalera	22.51	m3	44	1.95469
				HH Total	776.3

Fuente: Propia.

Tabla N° 30: Ratio de productividad real con aplicación del Last Planner System del piso 3 o sector 2

ITEM	Actividades	Metrado	und	HH	Ratio Real (HH/und)
1	Acero columna y columnetas	1,343.48	kg	112	0.08337
2	Asentado de ladrillo KK 18 huecos (soga)	106.93	m2	186	1.73950
3	Encofrado y desenc. de columnas	55.50	m2	144	2.59459
4	Vaciado de columnas	6.96	m3	25.6	3.67816
5	Encofrado de vigas	75.08	m2	88	1.17208
6	Encofrado de losa	118.20	m3	80	0.67682
7	Ladrillo de techo para losa alig	962.00	und	52	0.05405
8	Acero de vigas	1,239.38	kg	75	0.06051
9	Acero de losa aligerada	780.23	kg	42	0.05383
10	Acero de losa maciza	41.94	kg	4	0.09537
11	Salida para centro de luz	30.00	pto	14.2	0.47333
12	Red de distribución interna de agua con tubería PVC	23.47	ml	7.5	0.31959
13	Salida de desagüe de PVC	6.00	pto	8	1.33333
14	Vaciado de losa, vigas y escalera	22.51	m3	56	2.48778
				HH Total	808.6

Fuente: Propia.

Nota: Las horas hombre incluyen tiempos improductivos. Las horas hombre de las actividades incluyen acarreo de materiales y habilitación de material si lo amerita como es el caso de la actividad del acero.

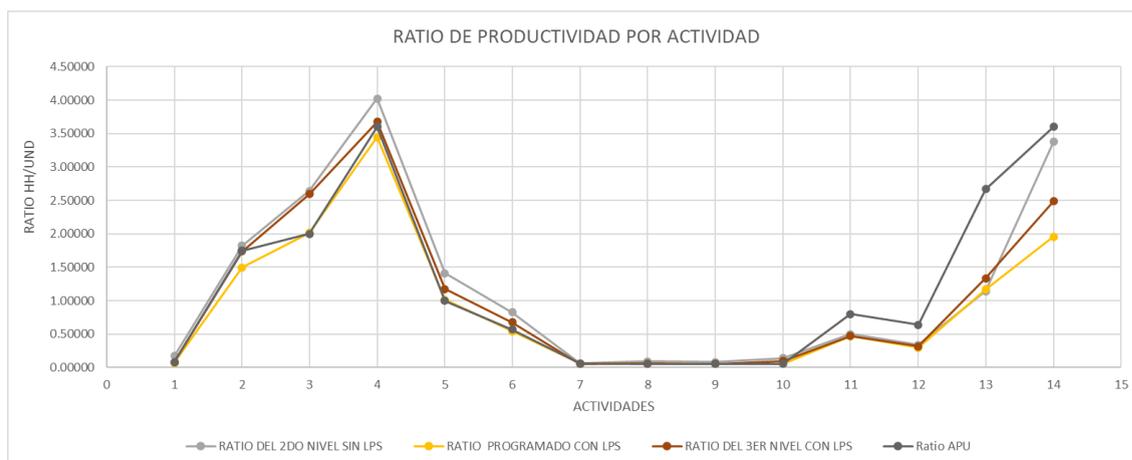


Figura 41: Gráfica Ratio de productividad por actividad

Fuente: Propia.

LEYENDA	
ITEM	Actividades
1	Acero de estribos para col
2	Asentado de ladrillo KK 18 huecos
3	Encofrado y desenc. de columnas
4	Vaciado de columnas
5	Encofrado de vigas
6	Encofrado de losa
7	Ladrillo de techo para losa alig
8	Acero de vigas
9	Acero de losa aligerada
10	Acero de losa maciza
11	Salida para centro de luz
12	Red de distribución interna de agua con tubería PVC
13	Salida de desagüe de PVC
14	Vaciado de losa, vigas y escalera

Figura 42: Leyenda del gráfico: "Ratio de productividad por actividad".

Fuente: Propia.

Se puede observar en la figura anterior que, aunque no se llegó a cumplir con el cronograma planificado, si hubo una mejora en la productividad el cual se demuestra en los ratios de productividad.

5.5. Análisis de Restricciones

5.5.1. Cantidad de restricciones del piso 3 por tipo

La cantidad de restricciones encontradas para el piso 3 por tipo se muestra a continuación en la siguiente figura:

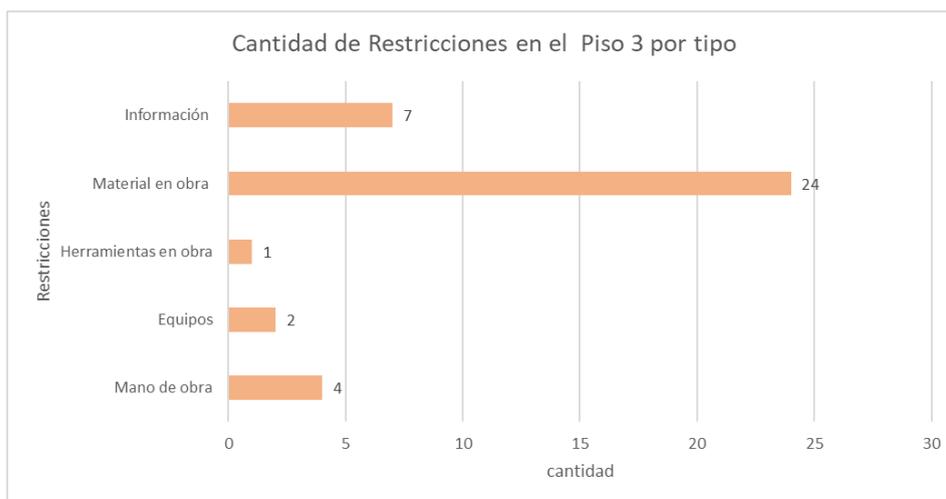


Figura 43: Cantidad de restricciones del piso 3 por tipo.

Fuente: Propia.

5.5.2. Cantidad de restricciones identificadas por partida

La cantidad de restricciones identificadas en el piso 3 es 38 en total y varía de 1 a 8 restricciones por partida, estas restricciones se dedujeron del análisis de los 7 flujos. La cantidad de restricciones por partida se muestra en la siguiente gráfica:

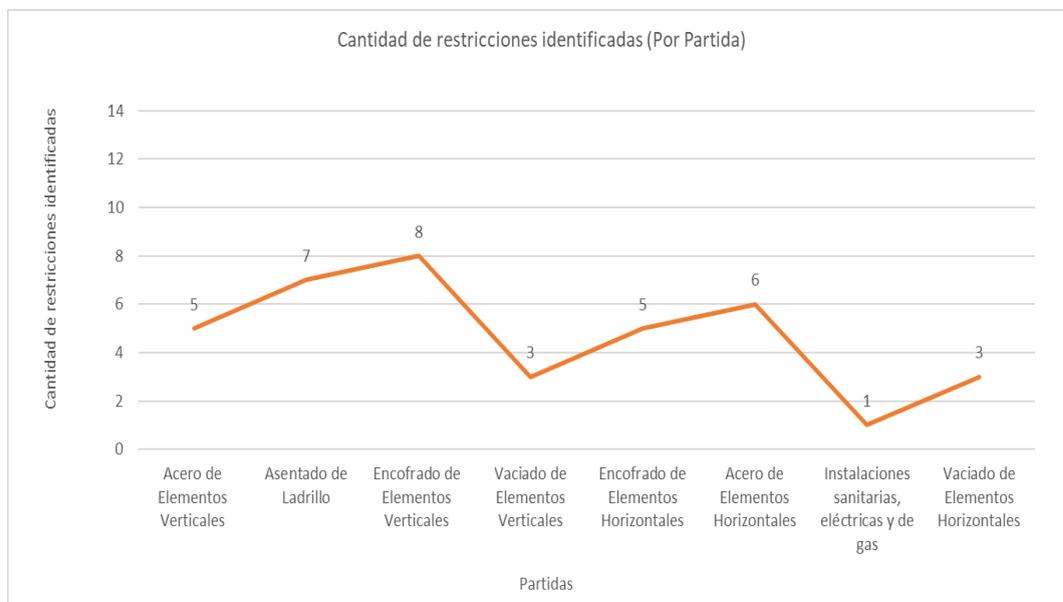


Figura 44: Cantidad de restricciones identificadas por partida para el piso 3 o sector 2

Fuente: Propia.

5.5.3. Confiabilidad de liberación de restricciones por partida

El porcentaje de las restricciones liberadas antes de la ejecución de las partidas, con respecto al total de restricciones programadas, se muestra a continuación por partida en la siguiente figura:

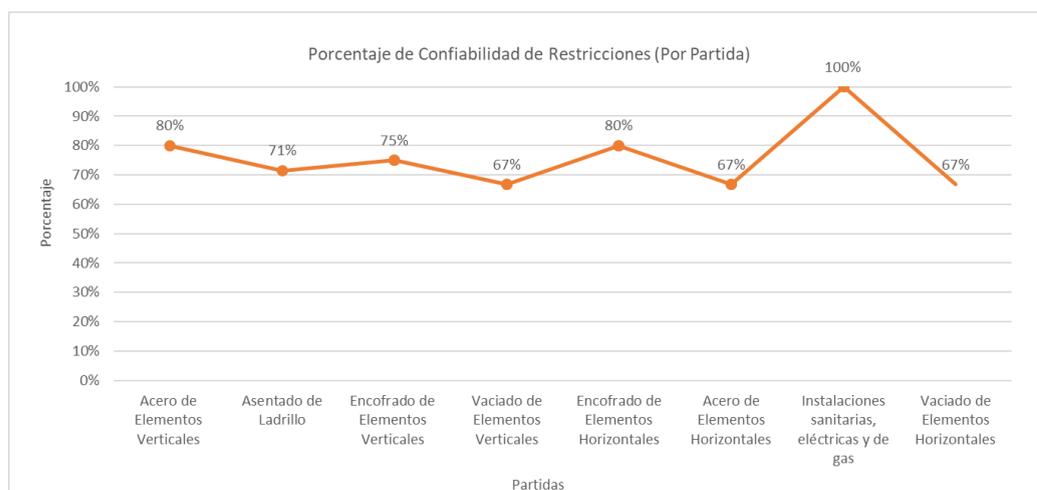


Figura 45: Confiabilidad de las restricciones en porcentaje para el piso 3 o sector 2 por partidas.

Fuente: Propia.

El detalle de cada restricción se muestra en el Anexo 2.

5.5.4. Restricciones no liberadas a tiempo

No se liberó a tiempo algunas restricciones, retrasando considerablemente el tiempo de ejecución de las partidas. Las restricciones que no se liberaron a tiempo se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N° 31: Restricciones no liberadas a tiempo del piso 3.

PARTIDA	RESTRICCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN
ACERO DE COLUMNAS	Mano de obra	Cantidad requerida de operarios y ayudantes para la realización de la partida
ASENTADO DE LADRILLO	Herramientas en obra	Cantidad de reglas de alumio y bateas
	Mano de obra	Cantidad requerida de operarios y ayudantes para la realización de la partida
ENCOFRADO DE COLUMNAS	Material en obra	Cant. de paneles para encofrado en obra requerido para la partida
	Mano de obra	Cantidad requerida de operarios y ayudantes para la realización de la partida
VACIADO DE COLUMNAS	Material en obra	solicitar el concreto premezclado
ENCOFRADO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Mano de obra	Cantidad requerida de operarios y ayudantes para la realización de la partida
ACERO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Material en obra	Cant. de acero en obra requerido para la partida
		Cant. de ladrillo de techo requerido para el sector
VACIADO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Material en obra	Solicitar el concreto premezclado

Fuente: Propia

5.5.5. Capacidad de compromisos vigentes por responsable

La cantidad de restricciones del proyecto según los responsables de las restricciones para todas las partidas del piso 3 se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla N° 32: Responsables y números de restricciones a su cargo.

RESPONSABLE	CANTIDAD DE RESTRICCIONES
Asistente del Residente KA	3
Director de proyectos WM	10
Maestro de obra EQ	8
Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	17
Total general	38

Fuente: Propia.

Hay partidas que requieren dos responsables para su liberación, el director de proyectos y el asistente del residente tienen 17 restricciones bajo su responsabilidad, como se puede observar en la anterior tabla, en la siguiente tabla se muestra la cantidad total de restricciones por responsable:

Tabla N° 33: Cantidad de restricciones totales por responsable.

RESPONSABLE	CANTIDAD DE RESTRICCIONES
Asistente del Residente KA	20
Director de proyectos WM	27
Maestro de obra EQ	8
Total general	38

Fuente: Propia.

5.6. Causas de No Cumplimiento

5.6.1. Histograma de causas de no cumplimiento

Cuando no se ejecuta lo planificado en la programación semanal o diaria, se debe analizar las causas por las que no se cumplió la programación.

A continuación, se muestran las causas de no cumplimiento del sector del piso 3.

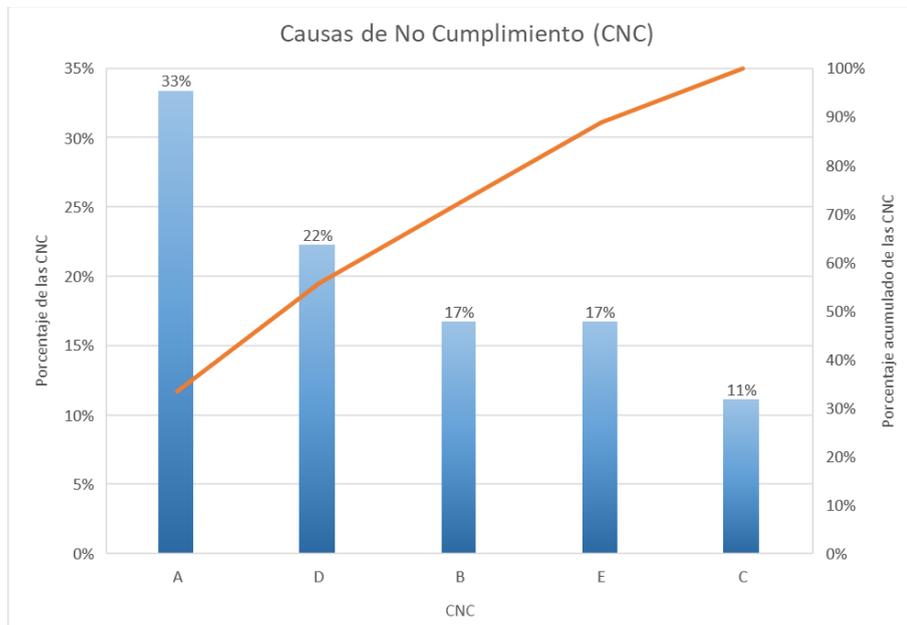


Figura 46: Gráfica % de las causas de no cumplimiento.

Fuente: Propia.

Tabla N° 34: Leyenda de la Gráfica % de las causas de no cumplimiento.

A	Falta de personal
B	Falta de materiales, equipos, herramientas, etc
C	Falta de información
D	Mano de obra no calificada
E	Terminación de un trabajo anterior

Fuente: Propia.

En la Tabla N° 34 se muestran las causas de no cumplimiento del sector del piso 3, en la Figura 46 se observa que las causas de no cumplimiento de mayor incidencia (mayor al 80%) se dan por la falta de personal, con un % de incidencia entre 60 y 80, la mano de obra no calificada, con un % de incidencia de 50, la falta de materiales, equipos, herramientas, etc y la terminación de un trabajo anterior, y por último con un % de incidencia menor a 40, la falta de información.

A continuación, se muestra las causas de no cumplimiento que se dio a lo largo de toda la fase del casco de la superestructura.

Tabla N° 35: Causas de no cumplimiento en el casco de la superestructura.

A	Falta de personal	H	Requerimientos externos del proyecto
B	Falta de materiales, equipos, herramientas, etc	I	Mala calidad o retrabajo/ no conformidad
C	Falta de información	J	Cambios en el diseño
D	Mano de obra no calificada	K	Cambios del cliente
E	Terminación de un trabajo anterior	L	Retiro de personal inesperado
F	Terminación de un trabajo propio	M	Ausencia no planificada
G	Falta de compromiso	N	Avería de maquinaria

Fuente: Propia.

5.7. Análisis de la causa raíz

Para identificar las causas de los no cumplimientos de las actividades se usan el análisis mediante el diagrama de Ishikawa, y para identificar la causa raíz se usa la metodología de los 5 porqués.

5.7.1. Falta de personal

A continuación, se muestra las causas de la Falta de personal, mediante el análisis en el diagrama de Ishikawa.

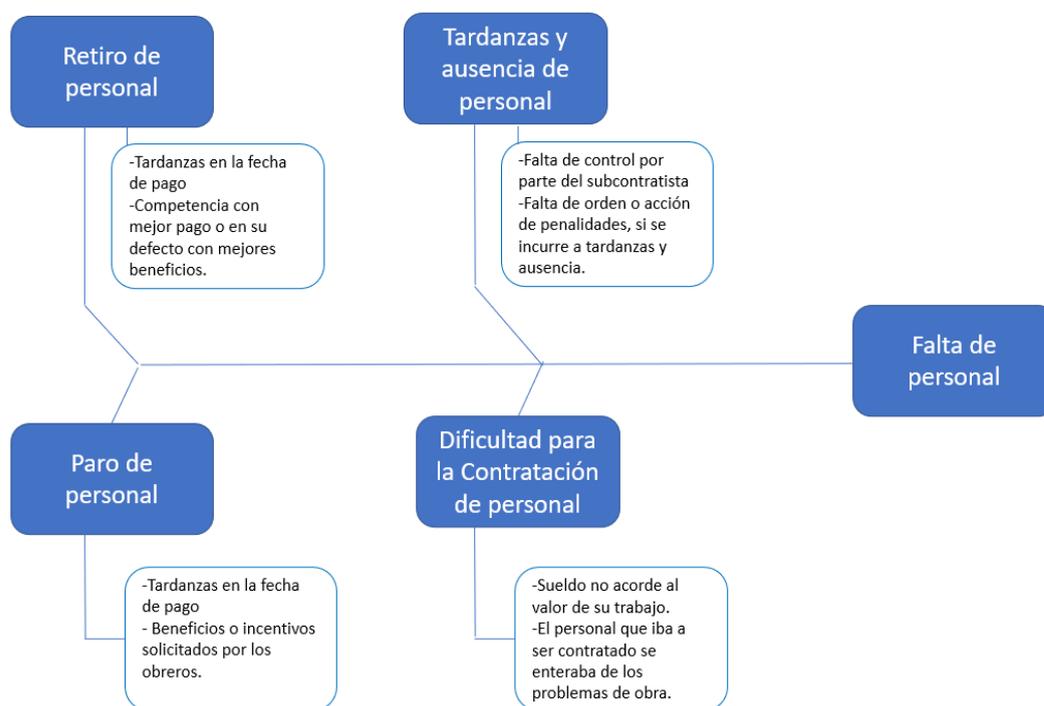


Figura 47: Causas de incumplimiento de la Falta de personal en el proyecto.

Fuente: Propia.

La causa de la falta de personal “Tardanzas y ausencia del personal” se pudo solucionar por medio de una reunión con el maestro de obra, en donde se pone de acuerdo que se debía de avisar la inasistencia con anticipación, cuando estas faltas se programasen por parte de los trabajadores. También, se avisa de posibles penalidades por parte del maestro de obra a los obreros por faltas y tardanzas injustificada. Sin embargo, las causas de “Retiro de personal” y “Dificultad para la contratación de personal” no se pudieron solucionar, por lo que resulta necesario el análisis de las causas raíz de estas dos causas.

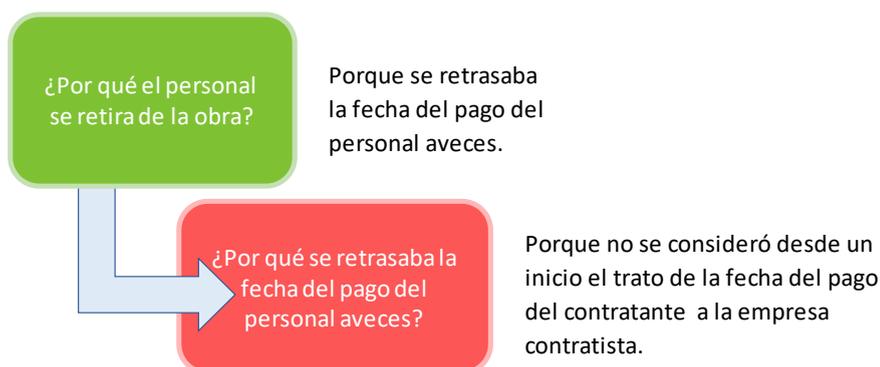


Figura 48: Causa raíz del “Retiro del personal” y “Dificultad para la contratación del personal”.

Fuente: Propia.

La cantidad suficiente de personal de acuerdo con lo planificado no se cumplió para todas las partidas. Esta causa fue una de las más sobresalientes, ya que no se pudo llegar al metrado diario planificado. Por ello, era necesario saber cuál o cuáles fueron las causas raíz de no cumplimiento, dando como resultado un mal contrato del contratante y la empresa contratista.

Otras causas se hubiesen dado por pago no aceptado por los operarios o por debajo de lo solicitado por ellos, ausencia no justificada, paro del personal obrero por retraso del pago de sus salarios, problemas personales de los obreros, falta de compromiso por parte de los obreros (faltas y tardanzas), o restricción no identificada a tiempo o detectada después del tiempo necesario para realizar la actividad, entre otros.

5.7.2. Falta de herramientas, materiales, equipos

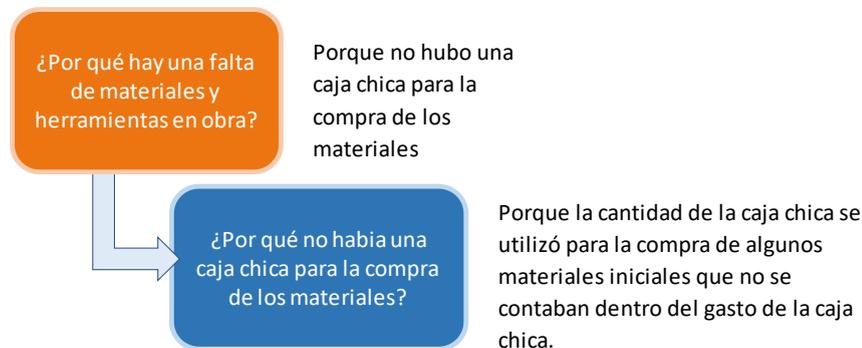


Figura 49: Causa Raíz de la adquisición de materiales y herramientas.

Fuente: Propia.

La falta de materiales en obra, herramientas y equipos muchas veces se debía a una falta de caja chica en obra por parte de la empresa contratista, repercutiendo considerablemente a la ejecución de trabajos. Esto se escapaba del alcance del solicitante de materiales y herramientas, y era netamente una gestión de los gerentes de la empresa contratista.

Otras causas se hubiesen dado por una mala programación o gestión de la procura de los materiales y herramientas, o falta de compromiso del proveedor, o una restricción no identificada con la cantidad de días necesarios para la solicitud y compra de materiales, entre otros.

5.7.3. Terminación de un trabajo anterior

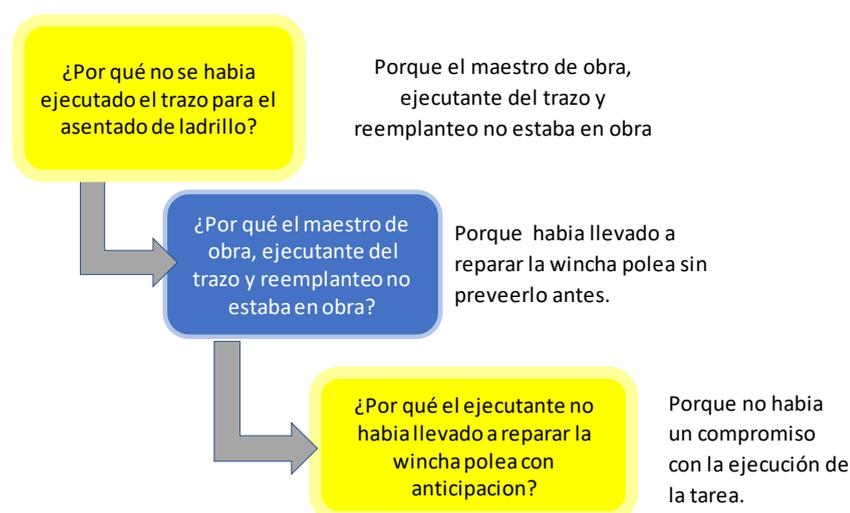


Figura 50: Causa raíz de la no terminación del trabajo anterior.

Fuente: Propia.

Los operarios no podían comenzar con el asentado de ladrillo ya que no estaba trazado el nivel de referencia para el asentado de ladrillo, esto se debió de haber dado un día antes por el capataz de obra. La reparación de la wincha polea, se pudo haber arreglado un día anterior, ya que se hizo el vaciado temprano y quedó toda la tarde para la ejecución de algunos trabajos o pendientes de tareas de los operarios o capataces. Por eso, se coloca que fue por una falta de compromiso más que por una mala programación o planificación o fallo inesperado del equipo en obra.

Los operarios con el capataz de obra tuvieron que hacer el trazo y replanteo el mismo día, retrasando el tiempo provisto en la planificación de obra para el asentado de ladrillo de un operario.

5.7.4. Falta de un trabajo colaborativo

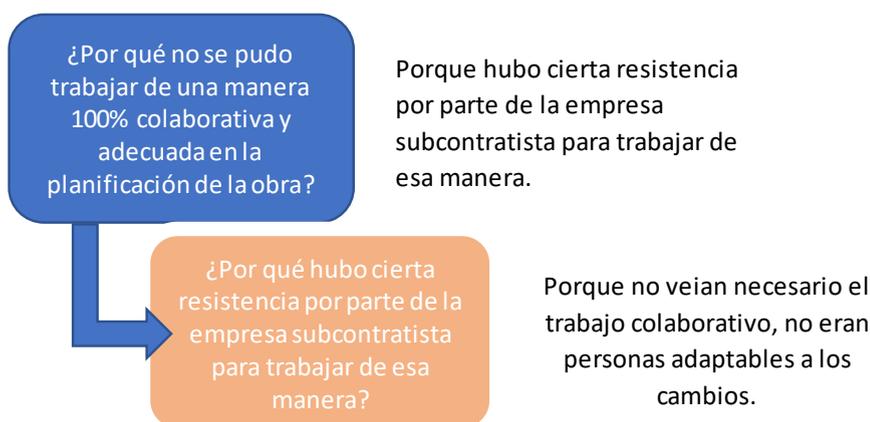


Figura 51: Causa raíz de una planificación no colaborativa al 100%.

Fuente: Propia.

No se trabajó con una planificación colaborativa adecuada ya que había cierta resistencia por parte de la empresa subcontratista en la forma de trabajo implementada.

Otras causas se hubiesen dado por una falta de conocimiento en la implementación o falta de motivación, entre otros.

5.7.5. Mano de obra no calificada

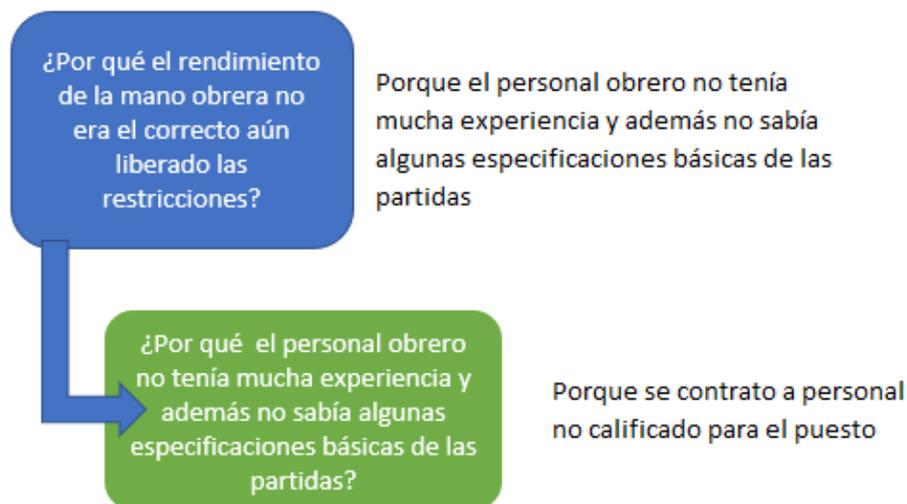


Figura 52: Causa raíz de los atrasos de obra aun liberado las restricciones.

Fuente: Propia.

La contratación de personal no calificado para el puesto trajo atrasos, para evitar estos atrasos se propuso la capacitación de charlas antes de la ejecución de trabajos mostrando las especificaciones según calidad para la partida. Además, tenía que estar acompañado de la supervisión del capataz de obra. Conforme se repetían las actividades iban tomando experiencia y hacían las actividades con mayor rapidez sin afectar la calidad del producto, pero debido al retiro de personal constante, esta curva de aprendizaje se perdía y se tenía que comenzar de cero otra vez.

Otras causas se pudieron dar por no conformidades, retrabajos, falta de información, entre otros.

5.8. Propuestas de mejora

Una vez analizadas las causas, se propone lo siguiente para mejorar la productividad.

5.8.1. Incentivos para el personal

Si bien una de las principales causas del no cumplimiento del tareo diario por parte del personal es que no está de acuerdo con el sueldo que percibe, se puede solucionar este problema con un incentivo monetario si se llega a cumplir con la programación meta. Se puede repartir el adicional que haría una persona adicional para llegar al metrado propuesto por día.

En el siguiente cuadro se expresa la cantidad monetaria que recibiría cada operario si se llegase a cumplir con el metrado propuesto.

Tabla N° 36: Beneficio en soles por operario.

Partida	Metrado diario (m2)	Rend (m2/día)	# de Op. teórico	Cant. De Op real	Beneficio por Op. (S/.)
Asentado de ladrillo	53.43	8	6.68	5	62
Encofrado de Columna	50.328	10	5.03	5	0

Fuente: Propia

El pago adicional por operario no afectaría económicamente a la empresa, ya que el análisis se da con el rendimiento utilizado en el presupuesto de obra; es decir, esta cantidad se considera dentro del presupuesto.

Este incentivo trae como resultados un compromiso del personal, una mayor participación e integración para el trabajo en equipo, ya que todos deben trabajar conjuntamente para lograr un mismo objetivo o meta.

Además, trae como resultados una permanencia del personal de obra, lo que genera una curva de aprendizaje en cada ciclo, es decir, una mejor productividad.

5.8.2. Contrato inicial

En el contrato inicial se debe incluir el trabajo colaborativo, participación de reuniones diarias, semanales, además de poder aceptar la innovación o cambio a algunos procesos constructivos que ya han sido estudiados con anterioridad para una mejora continua, poder compartir ideas y estar ligado a algunas responsabilidades que se le pudiera otorgar según su disponibilidad.

5.8.3. Contratación del personal

Para la contratación del personal se tomar en cuenta lo siguiente:

- Personas que sean adaptables a los cambios de mejora.
- Personas colaborativas, sociables, respetuosas a sus compañeros.
- Personas que obedezcan a las políticas de la empresa y al reglamento interno de seguridad. Que estén dispuestas a seguir las ordenes establecidas.
- Personas aptas para el puesto.

Conclusiones

Para el caso de estudio, en el proyecto de edificación solo se trabajó con 4 encargados en la construcción del proyecto. Estos fueron el director de proyectos, el ing. Residente, el asistente del ing. residente y el maestro de obra. Si bien estuvo presente el aporte de especialistas en los requerimientos de planos y especificaciones estos no participaban de las tareas de obra. Aparte del implementador de la metodología LPS ninguno conocía la teoría o era escasa la información que tenían de cómo aplicar la metodología del LPS, así que se comienza con una implementación de esta metodología desde cero. Además, no utilizaban metodologías de gestión para el correcto seguimiento del proyecto, demostrando la hipótesis específica 1, la cual es “Las empresas constructoras pequeñas, al construir edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, trabajan con un equipo de ingenieros reducido y con un limitado conocimiento de metodologías de gestión”.

Por medio de un análisis de las partidas del proyecto y conocimiento de la forma de trabajo de la empresa, se realiza el diseño del LPS, dando como resultado una nueva programación de las actividades. La planificación inicial presentada en el contrato era de 3 semanas calendario y la planificación del diseño del LPS es de 2 semanas + 4 días calendario para el piso 3, dando una reducción de 3 días calendario, demostrando la hipótesis número 2 la cual es “Al entender el contexto en el que operan las empresas constructoras pequeñas para ejecutar edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura, se puede adaptar la metodología Last Planner System”.

El avance real ejecutado antes de la implementación tuvo una duración de 23 días para un sector; en cambio, el avance real ejecutado después de la implementación tuvo una duración de 16 días, dando una reducción real de 7 días. Además, encontrado las causas raíz de los no cumplimientos en obra se plantea soluciones para mejorar el control de la mano de obra. Así, queda demostrada la hipótesis específica 3, la cual es “Luego de aplicar la metodología Last Planner System, identificar las restricciones y causas probables, es posible identificar propuestas para mejorar el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas en obras de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura ejecutadas por empresas constructoras pequeñas”.

Por lo mencionado en las conclusiones anteriores, se logra demostrar la hipótesis general la cual es “Luego de adecuarse al contexto en el que operan los proyectos

de construcción de edificaciones multifamiliares de Lima de pequeña envergadura realizados por empresas constructoras pequeñas y al calibrarse con su aplicación en un caso de estudio, es posible adaptar la metodología Last Planner System en este tipo de proyectos, para analizar propuestas de mejora en el control de la productividad del trabajo de las cuadrillas.

Es necesario el análisis de las condiciones internas del proyecto. Al analizar a la cuadrilla de operarios, se encontró atrasos debido a “dudas” respecto a algunas especificaciones que los operarios deberían de saber. Pero, debido a que se contaba con operarios no calificados, estas se tenían que explicar en el momento de ejecución de las actividades, retrasando la ejecución de la actividad.

El avance real después de la implementación tuvo una duración de 16 días; sin embargo, la programación del LPS estaba planificado para 12 días, habiendo un aumento de 4 días de trabajo, según lo planificado, esto se debió a causas como falta de personal, falta de equipos, herramientas, falta de información, entre otros. El porcentaje de confiabilidad de liberación de restricciones para el sector del piso 3 varía de 60% a 100% según tipo de restricción. Esto muestra que había cierto compromiso por parte de los integrantes o responsables del proyecto; sin embargo, este porcentaje no reflejaba un porcentaje de avance, ya que algunas restricciones que afectaron directamente el avance de obra no fueron liberados a tiempo. Según esto, se plantea una propuesta para mejorar el compromiso del personal obrero con un incentivo monetario.

El no cumplimiento de la planificación del diseño del LPS se debió a factores que estuvieron fuera del alcance de los involucrados de obra (obreros, ingenieros de campo); es decir, dependían de factores de la gerencia y de las posibilidades económicas y crecimiento de la empresa; uno de ellos fue la falta de la caja chica. Sin esta, no hubo la posibilidad de poder liberar algunas restricciones de requerimiento de material, herramientas, pagos a los operarios a tiempo u otros, dando como resultado un atraso en la programación de obra, pérdida de horas hombre, pérdida de una curva de aprendizaje debido al retiro del personal, entre otros.

Recomendaciones

Se motiva a las empresas constructoras pequeñas a probar nuevas metodologías de gestión como el Last Planner System, que aportan al crecimiento de la empresa mediante la mejora de la productividad y control del trabajo de las cuadrillas.

Se recomienda la implementación de la metodología del LPS desde el inicio del proyecto, esto es la colaboración de los involucrados antes de la iniciación del proyecto, para mejores resultados en el transcurso del proyecto.

Para una adecuada colaboración entre los involucrados del proyecto se recomienda hacer un correcto filtro en la contratación del personal, esto involucraría personas que realmente quieran colaborar, aportar, compartir conocimientos, habilidades, que sean empáticos, y que les guste trabajar en equipo y se sepan relacionarse con las personas.

Se recomienda estudiar el LPS no solo a empresas constructoras de edificaciones, sino también a otros tipos de proyectos que pudieran hacer las constructoras pequeñas como reparación de vías urbanas, infraestructura de telecomunicaciones, entre otros.

Si bien el beneficio del diseño del sistema Last Planner solo se vería reflejado en los dos pisos siguientes, este diseño podría ser utilizado para otros proyectos con las proporciones similares y diseño estructural similar, esto es para un sistema de albañilería confinada y sistema porticado.

Respecto al contrato del personal de obra, se recomienda fijar fechas de reuniones colaborativas, antes de la iniciación del proyecto, también en el transcurso (estas pueden ser semanalmente) y final del proyecto. Además de sanciones monetarias o de suspensión o despido si no se cumple algunos valores como respeto hacia las personas, disciplina, honestidad en el trabajo, transparencia, ética y profesionalismo, entre otros.

Capacitar a todos los involucrados del proyecto sobre la filosofía Lean Construction antes de la iniciación del proyecto si fuere posible, esto ayudará a una participación en conjunto e iniciativa de los involucrados.

Capacitar constantemente a las cuadrillas sobre las buenas prácticas en construcción, procesos constructivos, detalles constructivos, especificaciones de calidad, etc., para la correcta ejecución de trabajos.

Considerar el flujo de caja para la programación de obra, dependiendo de este se podrá optimizar la dimensión de cuadrillas, y avance de obra, este tiene que ser

sincerado por el director de proyectos para no avanzar a un ritmo mayor o que no se pueda sustentar económicamente.

Observar en campo las deficiencias y problemas de obra, necesidades de los obreros al realizar las actividades, obtener rendimientos reales de campo, para ello se recomienda, hacer un recorrido periódico y continuo de la obra donde se analice y cuestione el cumplimiento de las actividades.

Tener en cuenta las condiciones reales de gestión, económicas, entre otras, de la empresa para el contrato contratante- contratista, ya que este se ejecutará a lo largo del todo del proyecto y será una limitante para la ejecución de actividades si no han sido sinceradas correctamente por ambas partes.

Referencias bibliográficas

- AB Escuela de la construcción. (2022). Introducción a Lean Construction [Diapositiva PowerPoint]. AB Escuela de la construcción.
- Alpuche, R. (2004). El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción [Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas Puebla]. Universidad de las Américas Puebla.
- Araujo, A., Ávila, K., Barbarán, C., Castillo, F., & Chinchihualpa, J. (2019). Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media: Caso Proyecto Precursores en Surco [Trabajo de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ayala, R., & Quispe, C. (2020). Uso de herramientas Lean Construction para la identificación del nuevo flujo del proceso constructivo de la losa de piso con la implementación de los Protocolos COVID-19 y análisis del impacto en la planificación durante la pandemia en un taller industrial ubicado en La Joya, Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo]. Universidad Católica San Pablo.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). Universidad EAFIT, 40, 50–64.
- Canahualpa, E., Martínez, M., Moreno, S., Ospino, M., Rodríguez, C., & Toledo, D. (2021). El problema de autoconstrucción en Lima Metropolitana [Informe del curso de Gerencia de Proyectos, Universidad de Lima]. Universidad de Lima.
- Cantú, A., López, M., & Peirone, P. (2018). Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles [I Jornada de Divulgación de la Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cuyo]. Universidad Nacional de Cuyo.
- Casahuamán, L., & Luján, J. (2015). Propuesta e implementación del sistema Last Planner en una empresa constructora pequeña, en la construcción de una agencia bancaria en Lima [Proyecto profesional para optar el título de ingeniero, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cedano, S., Flores, A., & Mendoza, J. (2016). Implementación del Last Planner en la construcción del Hospital Saposoa durante la ejecución [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Referencias bibliográficas

- AB Escuela de la construcción. (2022). Introducción a Lean Construction [Diapositiva PowerPoint]. AB Escuela de la construcción.
- Alpuche, R. (2004). El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción [Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas Puebla]. Universidad de las Américas Puebla.
- Araujo, A., Ávila, K., Barbarán, C., Castillo, F., & Chinchihualpa, J. (2019). Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media: Caso Proyecto Precursores en Surco [Trabajo de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ayala, R., & Quispe, C. (2020). Uso de herramientas Lean Construction para la identificación del nuevo flujo del proceso constructivo de la losa de piso con la implementación de los Protocolos COVID-19 y análisis del impacto en la planificación durante la pandemia en un taller industrial ubicado en La Joya, Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo]. Universidad Católica San Pablo.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). Universidad EAFIT, 40, 50–64.
- Canahualpa, E., Martínez, M., Moreno, S., Ospino, M., Rodríguez, C., & Toledo, D. (2021). El problema de autoconstrucción en Lima Metropolitana [Informe del curso de Gerencia de Proyectos, Universidad de Lima]. Universidad de Lima.
- Cantú, A., López, M., & Peirone, P. (2018). Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles [I Jornada de Divulgación de la Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cuyo]. Universidad Nacional de Cuyo.
- Casahuamán, L., & Luján, J. (2015). Propuesta e implementación del sistema Last Planner en una empresa constructora pequeña, en la construcción de una agencia bancaria en Lima [Proyecto profesional para optar el título de ingeniero, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cedano, S., Flores, A., & Mendoza, J. (2016). Implementación del Last Planner en la construcción del Hospital Saposoa durante la ejecución [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Chávez, J., & De la Cruz, C. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación: Caso Condominio Casa Club Recrea – El Agustino [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Universidad de San Martín de Porres.
- Chingay, A. (2015). Diseño y construcción virtual (VDC) para superar problemas de ingeniería en la fase de construcción de edificaciones de oficinas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Univ. Nacional de Ingeniería.
- De la Vega, H., Palomino, J., Gutiérrez, H., & Salcedo, E. (2018). Mejora de la productividad implementando el sistema Lean Construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas: Caso de estudio: I.E. Wiñayhuayna Mariano Santos del distrito de Urcos, provincia de Quispicanchis, Cusco [Trabajo de investigación para maestro, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ghio, V. (2001). Productividad en obra de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta (1ª ed.). Fondo Editorial de la Pontificia Univ. Católica del Perú.
- Gola, A. (2020). ¿Cómo gestionar proyectos pequeños? Unikemia. <https://unikemia.com/blog/como-gestionar-proyectos-pequenos/>
- Guzmán, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Guzmán, C. (2021). Más de 84 mil viviendas son construidas informalmente en el Perú cada año. PQS. <https://pqs.pe/actualidad/mas-de-84-mil-viviendas-se-construyen-informalmente-en-el-peru-cada-ano/>
- Herrera, G. (2018). Implementación del sistema Last Planner para mejorar el proceso constructivo de encofrado de estructuras en la empresa GH3 Ingenieros Contratistas Generales S.A.C., Pueblo Libre [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Universidad César Vallejo.
- INEI. (2023). Demografía empresarial en el Perú. I trimestre 2023 (No. 02). Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4301711-demografia-empresarial-en-el-peru-i-trimestre-2023>
- Kaizen Lab. (2020). La falta de planificación previa en la gestión de obras conlleva a un aumento de los costes en un 98%. Kaizen Lab. <https://thekaizenlab.com/la-falta-de-planificacion-previa-en-la-gestion-de-obras-conlleva-a-un-aumento-de-los-costes-en-un-98/>

- 360 Lean Consultores. (2021). Introducción al Last Planner System [Diapositiva PowerPoint]. 360 Lean Consultores.
- Mamani, A. (2016). Análisis y evaluación de la productividad en la construcción de una edificación aplicando la filosofía de Lean Construction [Tesis de pregrado, Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez"]. Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".
- Ortiz, E. (2018). Gestión de la productividad en la implementación de herramientas Lean en proyectos de edificación en Lima Metropolitana, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Universidad César Vallejo.
- Padilla, A. (2016). Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR [Trabajo de grado de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Palero, X. (2021). Aplicación de herramientas Lean: Kanban, carta balance y Value Stream Mapping para la mejora de la productividad en el edificio multifamiliar, Cayma-Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Pons, J. (2014). Introducción a Lean Construction (1ª ed.). Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J., & Rubio, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System (1ª ed.). Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Ramírez, J. (2016). Estudio de factores de productividad enfocado en la mejora de la productividad en obras de edificación [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Romero, T., & Uribe, C. (2017). Relación de la calidad dentro del Last Planner System aplicado en la construcción de tres edificios multifamiliares [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Universidad de San Martín de Porres.
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción (2ª ed.). Alfaomega.
- Vilca, M. (2014). Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Anexos

Anexo 1: Panel Fotográfico.....	105
Anexo 2: Cuadro de restricciones y responsabilidades.....	114
Anexo 3: Involucrados del proyecto evaluado.....	115
Anexo 4: Planos de instalaciones.....	116

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

Verificación de la longitud de recubrimiento de columnas



Encofrado de Columna



Encofrado de losa



Colocación de ladrillo de techo



Armado de vigas del segundo nivel



Armado de acero para escalera del primer nivel



Armado de encofrado de pasos de escalera del segundo nivel



Instalación de tuberías de agua, desagüe y eléctricas



Instalación de tuberías de agua, desagüe y eléctricas



Realización de prueba de estanqueidad para tuberías de desagüe



Prueba de presión para tubería de agua



Prueba del slump



Probetas de concreto premezclado



Losa aligerada del segundo nivel



Curado de losa de concreto para el segundo nivel



Traslado de materiales para el asentado de ladrillo



Armado de estribos en columnas de segundo nivel



Curado de losa del segundo nivel



ANEXO 2: CUADRO DE RESTRICCIONES Y RESPONSABILIDADES

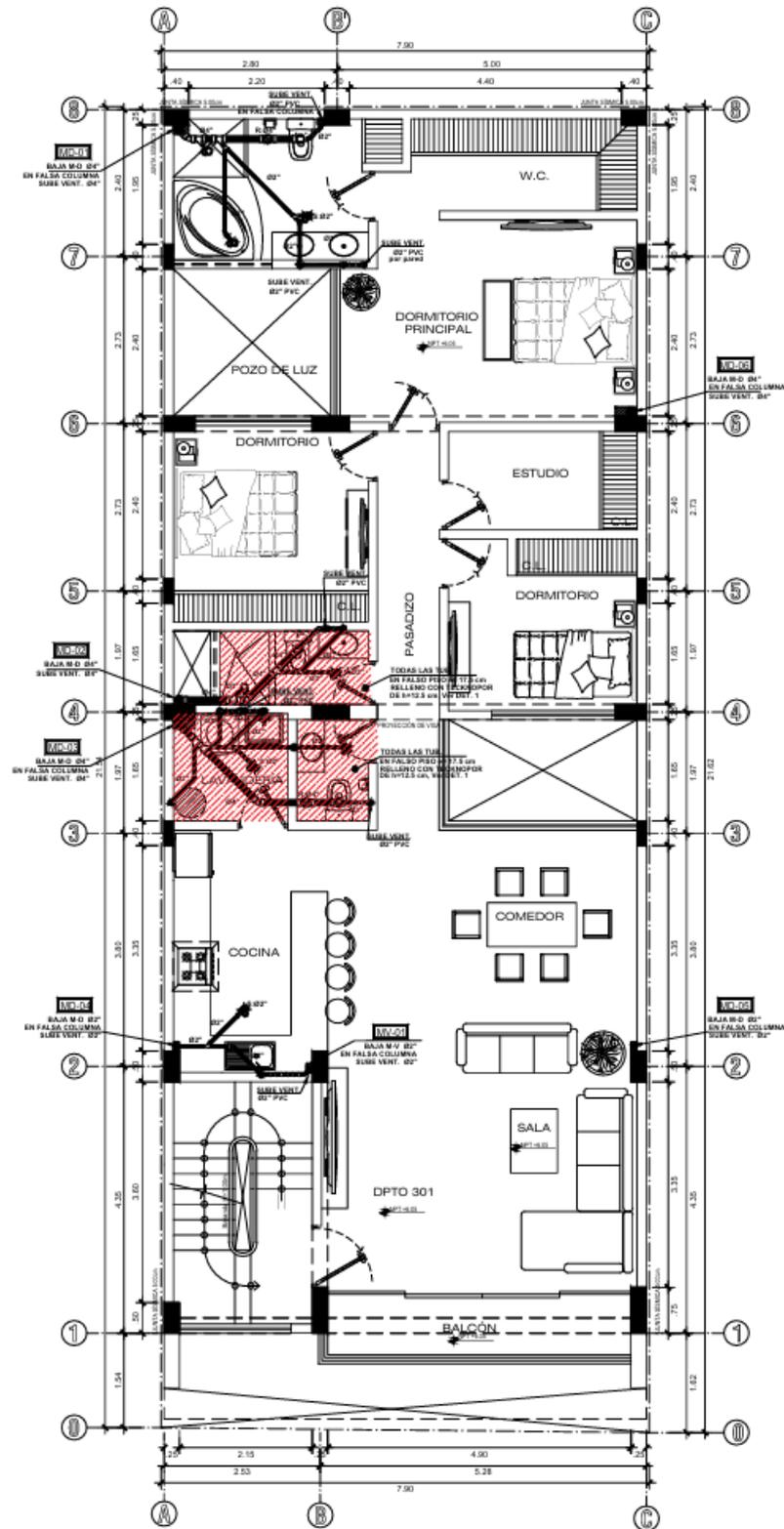
ID	ACTIVIDAD	RESTRICCIÓN	REQUERIMIENTO	RESPONSABLE DEL LEVANTAMIENTO DEL REQUERIMIENTO	FECHA DE LA IDENTIFICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN	PLAZO ÚLTIMO DE COMPROMISO	FECHA REAL DE LIBERACIÓN	¿FUE LIBERADA EN LA FECHA O ANTES DE LA FECHA REQUERIDA?	CLR
1	ACERO DE COLUMNAS	Información	Charlas un día antes o el mismo día de la actividad sobre las medidas correctivas y el buen uso según calidad	Asistente del Residente KA	09/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	80%
2		Material en obra	Cant. de varillas de acero en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	18/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	
3			Cant. de alambre N°16	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	19/10/2022	19/10/2022	si	
4			Cant. de escobillas de fierros	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	19/10/2022	19/10/2022	si	
5		Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	09/10/2022	19/10/2022	24/10/2022	no	
6	ASENTADO DE LADRILLO	Información	Charlas un día antes o el mismo día de la actividad sobre las medidas correctivas y el buen uso según calidad	Asistente del Residente KA	09/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	71%
7		Material en obra	Cant. de ladrillo kk en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	
8			Cant. de cemento, arena gruesa en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	
9			Cant. de alambre N°8 para las mechas del asentado de ladrillo	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	
10			Cant. de planchas de temopor del grosor requerido para las juntas sísmicas de las columnas y columnetas	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	16/10/2022	20/10/2022	20/10/2022	si	
11		Herramientas en obra	Cant. de cuerpos de andamios normalizados, reglas de aluminio, bateas y buggies	Director de proyectos WM	09/10/2022	20/10/2022	24/10/2022	no	
12		Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	09/10/2022	20/10/2022	24/10/2022	no	
13	ENCOFRADO DE COLUMNAS	Información	Charlas un día antes o el mismo día de la actividad sobre las medidas correctivas y el buen uso según calidad	Asistente del Residente KA	09/10/2022	25/10/2022	25/10/2022	si	75%
14		Material en obra	Cant. de paneles fendidos para el encofrado requerido en obra para el proceso	Director de proyectos WM	09/10/2022	25/10/2022	27/10/2022	no	
15			Cant. de alambre N°8	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	24/10/2022	25/10/2022	24/10/2022	si	
16			Cant. de clavos	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	24/10/2022	25/10/2022	24/10/2022	si	
17			Cant. de botellas de epóxido para limpieza de acero	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	23/10/2022	25/10/2022	25/10/2022	si	
18			Cant. de escobillas de fierros	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	23/10/2022	25/10/2022	25/10/2022	si	
19		Cant. de dados de concreto prefabricados en la dimensión requerida para el recubrimiento del acero de columna	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	23/10/2022	25/10/2022	25/10/2022	si		
20	Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	25/10/2022	26/10/2022	10/11/2022	no		
21	VACIADO DE COLUMNAS	Información	Capacitar a los operarios para el vibrado y actividades a verificar para el control de calidad	Maestro de obra EQ	25/10/2022	28/10/2022	28/10/2022	si	67%
22		Material en obra	Solicitar el concreto premezclado	Director de proyectos WM	25/10/2022	26/10/2022	27/10/2022	no	
23		Equipos	Vibradora de concreto en obra	Director de proyectos WM	25/10/2022	28/10/2022	28/10/2022	si	
24	ENCOFRADO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Información	Charlas el mismo día de la actividad sobre las medidas correctivas y el buen uso según calidad	Maestro de obra EQ	20/10/2022	31/10/2022	31/10/2022	si	80%
25		Material en obra	Cant. de paneles para encofrado en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM	09/10/2022	31/10/2022	28/10/2022	si	
26			Cant. de clavos de diferentes pulgadas	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	25/10/2022	31/10/2022	27/10/2022	si	
27			Cant. de alambre N°8	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	25/10/2022	31/10/2022	27/10/2022	si	
28		Mano de obra	Cant. de operarios y ayudantes requerido para la realización del proceso	Maestro de obra EQ	25/10/2022	30/10/2022	10/11/2022	no	
29	ACERO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Información	Charlas el mismo día de la actividad sobre las medidas correctivas y el buen uso según calidad	Maestro de obra EQ	23/10/2022	04/11/2022	04/11/2022	si	67%
30		Material en obra (5)	Cant. de acero en obra requerido para el proceso	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	29/10/2022	02/11/2022	04/11/2022	no	
31			Cant. de alambre N°16	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	29/10/2022	02/11/2022	02/11/2022	si	
32			Cant. de dados de concreto prefabricados de 4cm, 2,5cm	Director de proyectos WM	29/10/2022	02/11/2022	02/11/2022	si	
33			Cant. de temopor de dimensiones específicas	Director de proyectos WM/ Asistente del Residente KA	29/10/2022	02/11/2022	02/11/2022	si	
34		Cant. de ladrillo de techo requerido para el sector	Director de proyectos WM	29/10/2022	02/11/2022	04/11/2022	no		
35	IJS, IIEE Y DE GAS	Material en obra	Cant. de accesorios para las IJS, IIEE y gas	Director de proyectos WM	29/10/2022	05/11/2022	04/11/2022	si	100%
36	VACIADO DE ELEMENTOS HORIZONTALES	Información	Capacitar a los operarios para el vibrado y actividades a verificar para el control de calidad	Maestro de obra EQ	05/11/2022	08/11/2022	08/11/2022	si	67%
37		Material en obra	Solicitar el concreto premezclado	Director de proyectos WM	05/11/2022	06/11/2022	07/11/2022	no	
38		Equipos	Vibradora de concreto en obra	Director de proyectos WM	05/11/2022	08/11/2022	08/11/2022	si	

ANEXO 3: INVOLUCRADOS DEL PROYECTO EVALUADO

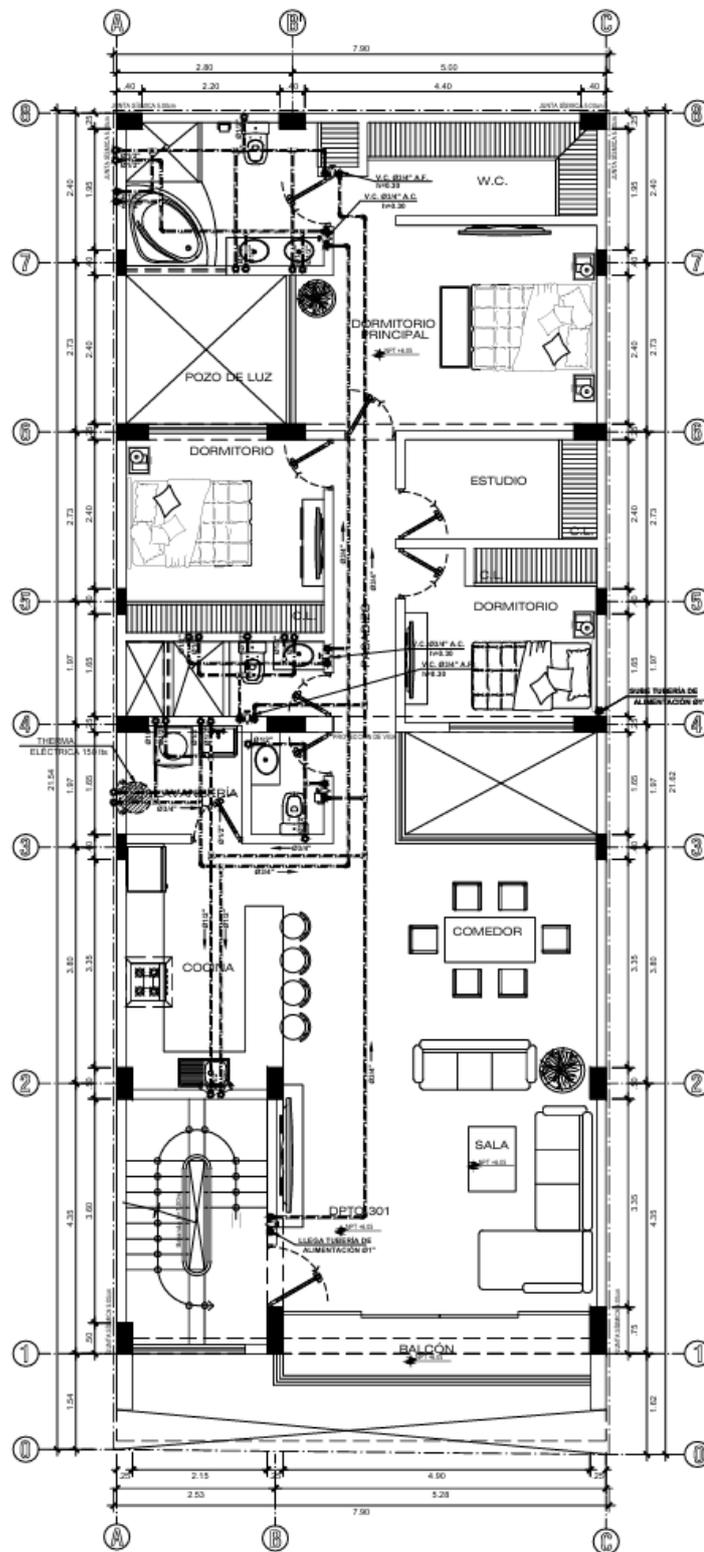
ENTIDAD	CARGO
CONSTRUNI	DIRECTOR DE PROYECTOS
CONSTRUNI	RESIDENTE DE OBRA
CONSTRUNI	ASISTENTE DE OBRA
QUALITY MANAGEMENT	SUPERVISOR DE OBRA
EQ.PROYECTOS	MAESTRO DE OBRA
CONSTRUNI	GUARDIAN DE OBRA
PERSONA NATURAL	CONTRATANTE
CONSTRUNI	PROYECTISTA ARQUITECTURA
CONSTRUNI	PROYECTISTA ESTRUCTURA
CONSTRUNI	PROYECTISTA SANITARIAS
CONSTRUNI	PROYECTISTA ELECTRICAS
CONSTRUNI	ELABORACION DEL EXP. TEC.
UNI- LEM	LABORATORIO DE ENSAYOS
LMS UNI	LABORATORIO DE ENSAYOS
SODIMAC	PROVEEDOR
MAESTRO	PROVEEDOR
FERRETERIA	PROVEEDOR
CONCRETO, TRANSPORTE DE DESMONTE	PROVEEDOR
MUNICIPALIDAD DEL DISTRITO DE LOS OLIVOS	LICENCIAS Y PERMISOS
PERSONA NATURAL	VECINO COLINDANTE A OBRA
PERSONA NATURAL	VECINO COLINDANTE A OBRA
PERSONA NATURAL	VECINO COLINDANTE A OBRA
SEDAPAL	SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
ENEL	SERVICIO DE ENERGÍA ELECTRICA Y DE GAS
MOVISTAR	SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES
MINISTERIO DE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS- SUNARP	AGILIZA EL TRAMITE REGISTRAL, ENCARGADO DEL REGISTRO DE CONTRATOS
MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS - SUNAT	ADMINISTRADOR DE LOS IMPUESTOS (IGV) DEL GOBIERNO NACIONAL
MINISTERIO DE SALUD- MINSA	FISCALIZADOR EN MATERIA DE SALUD OCUPACIONAL
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	OTORGA EL DERECHO DE VIA
MINISTERIO DEL TRABAJO Y PROMOCIÓN DEL EMPLEO- MTPE- SUNAFIL	SUPERVISOR DE CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD
MINISTERIO PÚBLICO- FISCALÍA DE LA NACIÓN	GESTIONADOR DE INFORMACION DE DELITOS, VELA POR LOS DERECHOS DE LOS CIUDADANOS

ANEXO 4: PLANOS DE INSTALACIONES

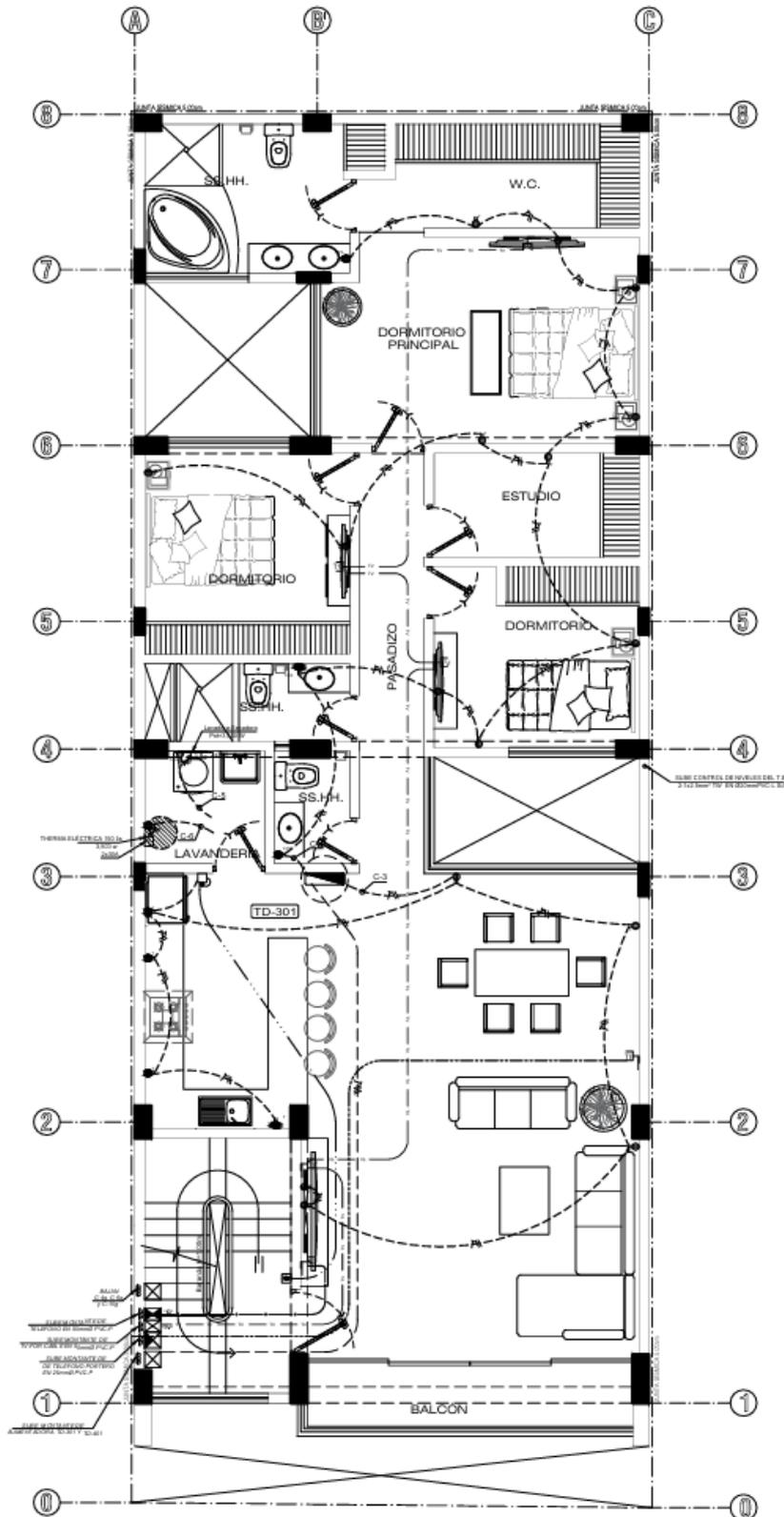
Plano de instalaciones sanitarias- Desagüe del 3er y 4to nivel



Plano de instalaciones sanitarias- Agua Fría y Caliente del 3er y 4to nivel



Plano de instalaciones eléctricas y comunicaciones- Tomacorrientes y Comunicaciones del 3er y 4to nivel



Plano de instalaciones eléctricas- Luminarias del 3er y 4to nivel

