

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis:

**Implementación de la filosofía Lean Construction para mejorar la
productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería
del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023**

Asesor:

Ph. D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex

Autores:

Muñoz Arteaga, Alex Remigio

Vivanco Casaverde, Marianne Heivy

Para optar el Título Profesional:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac - Perú

2025

Acta de sustentación



Universidad
Tecnológica de los Andes



Transformando vidas
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 012

En la ciudad de Abancay año 2025 en el mes de febrero día viernes del 21 siendo las 11:00 am, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0152-2025-EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 13 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén
Replicante :	Ing. Cayo Baca, Holguer

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Implementación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: Vivanco Casaverde, Marianne Heivy

Br.: Muñoz Arteaga, Alex Remigio

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
<u>Vivanco Casaverde, Marianne Heivy</u>	Aprobado Notable
<u>Muñoz Arteaga, Alex Remigio</u>	

Siendo las 13:06pm horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

Replicante: Ing. Cayo Baca, Holguer

Abancay 24 de febrero del 2025

Se expidió la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 31b.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay. Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*) Mayoría: Dos integrantes del Jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del Jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud

Implementación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura-Abancay, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

8% INDICE DE SIMILITUD	8% FUENTES DE INTERNET	3% PUBLICACIONES	5% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
4	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Diego Patricio Marquina Vargas. "Mejora de la gestión de riesgos mediante un Plan de Emergencia en las empresas mineras, 2021", Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 2022 Publicación	<1%
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y Nombres	: Muñoz Arteaga, Alex Remigio
	: Vivanco Casaverde, Marianne Heivy
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 72553346
	: 70761384
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0004-8568-9472
	: https://orcid.org/0009-0003-3731-8266
Datos del Asesor	
Apellidos y Nombres:	: Vásquez Ramírez, Abbon Alex
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 06532658
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de la Investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 8%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A Dios; a mis adorables padres: Remigio Muñoz y Lidia Arteaga; a mis hermanos: Maribel, Mayra, Belinda y Gustavo, por su aliento y motivación en todo momento. A Marianne Vivanco, por el apoyo incondicional en todo momento y ser el motor que me impulsa a seguir adelante.

Alex R. Muñoz Arteaga

Con mucho amor y respeto al Señor de la Exaltación porque siempre pone en mi camino lo mejor para mí.

A mis amados padres: Henry Wilfredo Vivanco Peña e Yvony Casaverde Moina, a quiénes amo con todo mi corazón y son mi mayor inspiración. A mi querida hermana Janeline Andrea Vivanco Casaverde por otorgarme el privilegio de su inmenso amor y de su tiempo. Y a ti Alex Muñoz por ser mi compañero de vida y mi soporte para seguir. Los amo. Muchas gracias.

Marianne H. Vivanco Casaverde

Agradecimientos

Con mucha gratitud:

A nuestro creador Dios por cuidarnos, fortalecernos y bendecirnos en todo momento.

Al Ph. D. Abbon Alex Vásquez Ramírez por su orientación, su aliento y su tiempo para concluir satisfactoriamente esta tesis.

De igual modo, a nuestros queridos docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por sus sabios consejos y por inculcarnos los principios básicos para ser buenos profesionales.

Resumen

Esta tesis tuvo por objetivo demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023 para la metodología se consideró un diseño experimental con corte pre-experimental. La muestra fue de 27 obreros que componen el recurso de mano de obra que ejecutó las partidas de elementos estructurales y tabiquería del proyecto: "Mejoramiento del servicio educativo nivel inicial N°92 Reyna de los Ángeles. Los resultados obtenidos de los porcentajes de actividades cumplidas antes y luego de la implementación de las herramientas, demostraron que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería del proyecto en mención. Se verificó que, tras la implementación de la filosofía Lean Construction, la herramienta nivel general de actividad se incrementó en un 19% en los trabajos productivos, en cuanto a la carta balance la productividad incrementó en 18% en la partida de acero, 17% en la partida de encofrado y 15% en la partida de concreto; mientras que en la herramienta last planner system los porcentajes de actividades cumplidas mejoraron en un 16%. Se concluye que las herramientas utilizadas conducen a mejoras notables en la productividad de los trabajadores.

Palabras clave: Lean Construction, productividad de la mano de obra, nivel general de actividad, carta balance, last planner system.

Abstract

The objective of this thesis was to demonstrate that the implementation of the Lean Construction philosophy improves the productivity of labor in the structural elements, partition walls of the infrastructure project - Abancay, 2023. For the methodology, an experimental design with a pre-experimental section was considered. The sample was 27 workers who make up the labor resource that executed the items of structural elements and partitions walls of the project: "Improvement of the initial level educational service N°92 Reyna de los Ángeles. The results obtained from the percentages of activities completed before and after the implementation of the tools demonstrated that the implementation of the Lean Construction philosophy improves the productivity of labor in the structural elements and partitions of the project in question. It was verified that, after the implementation of the Lean Construction philosophy, the tool's general level of activity increased by 19% in productive work, in terms of the balance sheet, productivity increased by 18% in the steel item, 17% in the formwork item and 15% in the concrete item; while in the last planner system tool the percentages of completed activities improved by 16%. It is concluded that the tools used lead to notable improvements in worker productivity.

Key words: Lean Construction, construction productivity, general level of activity, balance sheet and last planner system.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Resumen	vii
<i>Abstract</i>	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras	xii
Índice de anexos.....	xiv
I. Introducción	15
II. Planteamiento del problema.....	17
2.1. Descripción y formulación del problema	17
2.2. Objetivos	19
2.1.1. Objetivo General	19
2.1.2. Objetivos Específicos	19
2.3. Justificación e importancia.....	20
2.4. Hipótesis.....	21
2.5. Variables	22
III. Marco teórico.....	23
3.1. Antecedentes.....	23
3.2. Bases teóricas	28
3.2.1. Lean production	28
3.2.2. Lean Construction	34
3.2.3. Enfoque convencional	36

3.2.4.	Modelo Lean	38
3.2.5.	Herramientas Lean.....	40
3.2.6.	Herramientas de ejecución Lean.....	42
3.2.7.	Herramientas de control	48
3.2.8.	Principales ventajas de last planner system	60
3.2.9.	Productividad	60
3.2.10.	Productividad de la mano de obra.....	63
3.2.11.	Factores que influyen el rendimiento de la mano de obra.....	64
3.2.12.	Instrumentos de medición de la productividad de la mano de obra	67
3.3.	Definición de términos	69
IV.	Metodología.....	73
4.1.	Tipo y nivel de investigación	73
4.2.	Ámbito temporal y espacial.....	74
4.3.	Población y muestra	75
4.4.	Instrumentos.....	76
4.5.	Procedimientos.....	76
4.6.	Análisis de datos	95
4.7.	Consideraciones éticas.....	95
V.	Resultados y discusión	97
5.1.	Resultados	97
5.2.	Pruebas de hipótesis	103
5.3.	Discusión de resultados.....	110
VI.	Conclusiones.....	113
VII.	Recomendaciones.....	115
VIII.	Referencias.....	117
IX.	Anexos	124

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2 Principios Lean	29
Tabla 3 Clasificación de los 8 desperdicios de la construcción	32
Tabla 4 Distinciones entre un proyecto convencional y un proyecto basado en Lean.....	38
Tabla 5 Principios de la construcción Lean asociados a cada herramienta del LPDS.....	40
Tabla 6 La práctica tradicional versus la práctica LPS.....	52
Tabla 7 Principales ventajas del last planner system.....	60
Tabla 8 Factores que influyen al rendimiento de la mano de obra.....	65
Tabla 9 Bloque I cuenta con 2 niveles; la forma en cómo se realizó la recolección de datos fue de la siguiente manera:.....	77
Tabla 10 Listado de observaciones	79
Tabla 11 Porcentajes de trabajos productivos obtenidos con la herramienta nivel general de actividad	83
Tabla 12 Dimensiones de los elementos estructurales y tabiquería.....	86
Tabla 13 Porcentajes de trabajos productivos obtenidos con la herramienta carta balance	87
Tabla 14 Sectorización de áreas del bloque I	94
Tabla 15 Resultado de la prueba de hipótesis específica 1	103
Tabla 16 Resultado de la prueba de hipótesis específica 2	105
Tabla 17 Resultado de la prueba de hipótesis específica 3	107

Índice de figuras

Figura 1 Modelo tradicional	36
Figura 2 Modelo del formato de nivel general de actividad.....	45
Figura 3 Modelo de porcentajes obtenidos con la herramienta nivel general de actividad	45
Figura 4 Modelo del formato carta balance	48
Figura 5 Esquema de procedimientos del sistema “Last planner system”	49
Figura 6 Modelo de la planificación maestra	51
Figura 7 Diagrama de la planificación por fases.....	53
Figura 8 Modelo de planificación intermedia	56
Figura 9 Modelo de programación semanal de trabajo y análisis de restricciones	57
Figura 10 Modelo de análisis de restricciones.....	59
Figura 11 Efectividad +Eficiencia = Productividad idónea	61
Figura 12 La conexión entre productividad, efectividad y productividad Nota. En la figura 12 podemos observar los cuadrantes que componen y delimitan el área de alta productividad. Adaptado de “Administración de operaciones de construcción (2da Edición)” (Serpell, 2002, p.30).	62
Figura 13 Tipos de productividad	63
Figura 14 Productividad de la mano de obra.....	63
Figura 15 Diseño de investigación: corte pre-experimental	74
Figura 16 Gráfico pastel de los porcentajes de trabajos en los elementos estructurales antes de la implementación	78
Figura 17 Gráfico pastel de los porcentajes de trabajos en la tabiquería antes de la implementación.....	78
Figura 18 Charla informativa al personal técnico y obrero.....	79
Figura 19 Charla de procesos constructivos al personal obrero	80
Figura 20 Verificación de los procesos constructivos en la tabiquería.....	80
Figura 21 Llenado del formato del nivel general de actividad en el bloque I- primer nivel.....	82

Figura 22 Llenado del formato del nivel general de actividad en el bloque I- segundo nivel	83
Figura 23 Llenado del formato de carta balance en el bloque I- primer nivel.....	85
Figura 24 Llenado del formato de carta balance en el bloque I- segundo nivel	85
Figura 25 Big room plannig – sectorización y tren de actividades	89
Figura 26 Big room plannig – last planner system look ahead.....	89
Figura 27 Big room plannig – last planner system look ahead.....	90
Figura 28 Plano de localización – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles	91
Figura 29 Plano perimétrico – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles.....	91
Figura 30 Fachada – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles.....	92
Figura 31 Distribución de los bloques del proyecto	92
Figura 32 Plano de distribución del bloque I, I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles	93
Figura 33 Sectorización del bloque I, I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles.....	94
Figura 34 Trabajo productivo en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad	97
Figura 35 Trabajo productivo en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad.....	98
Figura 36 Porcentajes de trabajo productivo en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta carta balance en los diferentes procesos constructivos.....	99
Figura 37 Porcentajes de trabajo productivo en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta carta balance en los diferentes procesos constructivos	100
Figura 38 Porcentajes de las actividades cumplidas en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta last planner system	101
Figura 39 Porcentajes de las actividades cumplidas en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta last planner system	102

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	125
Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables.....	127
Anexo 3 Permisos solicitados a la parte técnica del proyecto	128
Anexo 4 Formatos llenados en campo	133
Anexo 5 Pruebas de normalidad	189
Anexo 6 Relación del personal obrero	190
Anexo 7 Diagrama de la implementación de la filosofía Lean Construction.....	191
Anexo 8 Cronograma de obra - Bloque I.....	193
Anexo 9 Planos de estructura y arquitectura - Bloque I.....	197

I. Introducción

El Perú, tiene un sector de la construcción que ha mostrado un crecimiento sostenido, lo que refleja un avance en el desarrollo económico y urbano de diversas regiones del país. Con el objetivo de impulsar este progreso, el gobierno ha establecido, a través de los decretos N°237-2019-EF y N°238-2019-EF, una serie de medidas que priorizan la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura clave, buscando potenciar la productividad y competitividad del país. Estas normativas facilitan la aplicación de prácticas que mejoran la calidad de la construcción, optimizan los tiempos de ejecución y reducen las pérdidas económicas asociadas a retrasos o fallas técnicas.

Además, contribuyen a prevenir el desgaste de los equipos y el personal técnico, al tiempo que buscan reducir las brechas que existen entre diferentes etapas y construcción de muchos proyectos, promoviendo una mayor coherencia y productividad en todo el proceso. En conjunto, estas iniciativas permiten que el sector de la construcción avance hacia una mayor sostenibilidad, calidad e innovación, favoreciendo tanto a los actores del sector como a la economía nacional.

Es importante subrayar que en esta tesis el objetivo principal es demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Asimismo, esta tesis se encuentra estructurado en nueve partes principales. En el apartado I se sintetiza la tesis a través de la introducción, en el apartado II se aborda la descripción y formulación del problema; del mismo modo, los objetivos, la justificación e importancia de la tesis y también se incluye la hipótesis y las variables. En el apartado III se presenta el marco teórico, el cual incluye los antecedentes relevantes, las bases teóricas y la definición de términos que sustentan la tesis. El apartado IV describe la metodología empleada, detallando el tipo y nivel de investigación; de la misma forma se describe la población y muestra, los instrumentos utilizados, el procedimiento, el análisis de datos estadísticamente y un breve detalle de las consideraciones éticas que se tuvo en cuenta

durante la ejecución de la tesis. El apartado V se centra en los resultados estadísticos y discusión de los mismos. Finalmente, en los apartados VI, VII se describe las conclusiones y las recomendaciones derivadas de esta tesis y se cierra con los apartados VIII y IX dónde se adjunta las referencias usadas en toda la tesis y los anexos más esenciales que la justifican.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

- ***Descripción del problema***

A nivel mundial, la productividad de la mano de obra en la construcción se ve afectada por diversos factores, como la falta de control, políticas desmotivadoras y métodos de trabajo inadecuados. Estos problemas impactan negativamente en la eficiencia de los trabajadores, lo que resulta en un aumento de costos y retrasos en los proyectos (Cantú et al., 2018).

El sector de la construcción en el Perú enfrenta el reto de mejorar su productividad para ser competitivo y generar desarrollo. Su resistencia al cambio y lentitud para adoptar nuevas tecnologías contribuyen a la baja productividad. Además, existen problemas adicionales como la falta de conocimiento en sistemas modernos de planificación, deficiencias en la calidad de la obra, incumplimiento de normas de seguridad, errores en los diseños, falta de capacitación y mala coordinación, lo que provoca retrasos, baja calidad, sobrecostos e incidentes laborales (Gonzales, 2023).

En el Perú, el sector de la construcción ha sido clave para el desarrollo económico, evidenciado en la expansión de infraestructuras y la creación de empleos. Sin embargo, a pesar de la implementación de nuevas tecnologías y herramientas, muchas empresas constructoras siguen utilizando enfoques tradicionales en la gestión de la productividad. Estos enfoques se limitan a las actividades finales de transformación, sin considerar los flujos que generan valor a lo largo de todo el proceso, lo que dificulta la optimización de los proyectos (Estrada y Rodríguez, 2024).

A nivel de nuestra región de Apurímac, los proyectos ejecutados bajo la modalidad de administración directa no concluyen en los tiempos previstos ni con el presupuesto de obra inicial, las causas principales son la baja productividad de la mano de obra puesto que en nuestra región no se han utilizado herramientas de control que ayuden a verificar el proceso de la productividad de la mano de obra y que a su vez nos ayuden a mejorarlas.

Los factores que afectan negativamente la productividad en la construcción incluyen deficiencias críticas en el diseño y la planificación, métodos de trabajo ineficaces, una gestión inadecuada de los recursos humanos y la ausencia de sistemas formales de control. Además, se presentan pérdidas significativas en los procesos constructivos, como el trabajo no contributivo, que puede alcanzar hasta el 32% del tiempo total, generando un impacto directo en el progreso del proyecto. Estas problemáticas incrementan los costos operativos y comprometen tanto la calidad como el cumplimiento de los plazos establecidos. (Cantú et al. ,2018).

Por lo tanto, la motivación para llevar a cabo la presente tesis radica en la implementación de la filosofía Lean Construction, con el objetivo de abordar las incertidumbres y problemas que surgen durante la ejecución de los proyectos, los cuales impactan directamente en la productividad de la mano de obra.

Lean Construction es una filosofía de gestión enfocada en la mejora continua, que busca optimizar los procesos en la construcción mediante la eliminación de actividades que no generan valor. Esta metodología tiene como objetivo principal maximizar la productividad, reducir los costos, mejorar la calidad y reducir los plazos de entrega de los proyectos. Además, Lean Construction promueve una cultura de colaboración entre todos los actores del proyecto, fomenta la productividad en el uso de los recursos y minimiza el desperdicio, lo que contribuye a una ejecución más ágil y efectiva de las obras (Pons ,2014), mediante esta tesis vamos a buscar las posibles mejoras que se pueden implementar si contamos con el conocimiento claro y preciso de esta filosofía.

- ***Problema general***

¿De qué manera la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023?

- **Problemas específicos**

Problema específico N°01. ¿Cómo influye la implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023?

Problema específico N°02. ¿Cómo influye la implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023?

Problema específico N°03. ¿Cómo influye la implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023?

2.2. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

2.1.2. Objetivos Específicos

Objetivo específico N°01. Emplear la herramienta Nivel General de Actividad de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Objetivo específico N°02. Emplear la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Objetivo específico N°03. Emplear la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

2.3. Justificación e importancia

- ***Justificación de la tesis***

En la ejecución de los proyectos de edificaciones, la productividad de los recursos, principalmente de la mano de obra tiene grandes efectos en el avance y el costo del proyecto, en ese sentido la presente tesis toca en gran medida la filosofía con sus herramientas para la mejora de la productividad del trabajador manual, en nuestro caso el obrero de construcción. Sin embargo, el enfoque empleado también impacta directamente a la productividad del trabajo de los profesionales responsables e incluso de los técnicos, maestros de obra y operarios. Y como resultado, de esta implementación se obtiene la eficiencia laboral que no solo favorece el crecimiento económico y social de la región, sino que también establece las bases para una sociedad más justa, avanzada y preparada para los desafíos venideros.

Esta tesis, considera la implementación de la filosofía Lean Construction como una alternativa para mejorar la productividad de los procesos, mediante la introducción de cambios que buscan maximizar los recursos en una organización. Asimismo, este trabajo servirá como base para investigaciones futuras en el campo de la ingeniería civil, especialmente aquellas relacionadas con el uso de la metodología Lean Construction en proyectos de construcción que se deseen analizar.

- ***Importancia de la tesis***

La importancia de la implementación de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales y tabiquería del proyecto de infraestructura en Abancay 2023 radica en generar nuevos conocimientos y experiencias en la gestión de proyectos de construcción. Esto fortalecerá la capacidad técnica de los profesionales involucrados, mejorando la productividad de la mano de obra. Además, la experiencia adquirida podría

dar lugar a nuevos métodos y herramientas aplicables en otras regiones y sectores, promoviendo una mayor productividad en futuros proyectos de infraestructura.

2.4. Hipótesis

- ***Hipótesis general***

La implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

- ***Hipótesis específicas***

Hipótesis N°01. La implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Hipótesis N°02. La implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Hipótesis N°03. La implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

2.5. Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición	Escala de medición
Variable Independiente: Filosofía Lean Construction	Pons (2014), afirma que: Lean Construction es una filosofía de gestión de mejora continua que tiene como función principal minimizar o eliminar actividades que no agregan valor y maximizar la productividad, a un menor costo, mayor calidad y con plazos de entrega más cortos.	Esta variable se medirá por medio de fichas de recolección de datos.	Nivel general de actividad	Porcentaje de TP, TC, TNC (*)		(%)
			Carta balance	Porcentaje de TP, TC, TNC (*)		(%)
			Last planner system	Planificación intermedia Análisis de restricciones Planificación semanal PPC	Formatos que propone las herramientas Lean Construction como:	(%)
Variable Dependiente: Productividad de la mano de obra	Mejía y Hernández (2007) definen que: La productividad de la mano de obra es cuantificar la cantidad de obra ejecutada por una cuadrilla, interpretado como una evaluación del desempeño en el proceso constructivo con respecto a una unidad de tiempo.	Esta variable se medirá por medio de fichas de recolección de datos.	Cantidad física de trabajo terminado	Avance diario	carta balance, nivel general de actividad, last planner system, hojas de cálculo excel.	(m ² /día, m ³ /día, etc.)
			Muestras de trabajo	Tiempo de duración de las actividades		(%)

Nota. (*) Tipos de trabajo: trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). Elaboración propia.

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

- ***Investigaciones a nivel internacional***

Shaqour (2022) presentó la tesis “The impact of adopting Lean Construction in Egypt: level of knowledge, application, and benefits”, cuyo objetivo principal fue evaluar las causas del desperdicio en la construcción en Egipto, explorar el nivel de conocimiento y adopción de herramientas Lean Construction, e identificar los beneficios de su implementación en los sitios de construcción egipcios. La metodología se basó en encuestas estructuradas aplicadas a 162 profesionales de la construcción involucrados en proyectos de la nueva ciudad capital de Egipto, obteniendo una tasa de recuperación del 81%. Los resultados indicaron que las principales causas de desperdicio eran la necesidad de rehacer trabajos por defectos en la construcción (RII=0.579) y el transporte de materiales (RII=0.496). Además, el nivel de adopción de herramientas Lean (74.7%) fue superior al nivel de conocimiento (65.8%). Los principales beneficios identificados incluyeron la mejora del control de procesos (RII=0.944), mejor planificación (RII=0.875) y reducción de tiempo (RII=0.867). Esta tesis destacó la importancia de profundizar en la cultura Lean y de implementar herramientas Lean de manera sistemática para maximizar los beneficios económicos, ambientales y sociales. Su aporte para la investigación radica en proporcionar una base para comprender la adopción de herramientas Lean en contextos similares y en promover su implementación para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia en proyectos de construcción.

En su tesis, Muñoz (2021) quiso demostrar cómo la metodología Lean Construction puede ayudar en la construcción, usando sus herramientas para hacer los trabajos más eficientes y productivos. La investigación se realizó sin experimentos, utilizando métodos para describir algo. Se utilizaron tanto números como opiniones para recopilar información. Se investigaron 51 documentos desde el año 2008 hasta el 2020, que se encontraban en diferentes bases de datos como Scopus, ResearchGate, ScienceDirect, SciELO, Taylor y

Francis, Emerald Insight, Semantic Scholar, ASCE y EBSCO. Los estudios mostraron que las empresas de construcción que usaron Lean Construction tuvieron ventajas como más dinero, trabajos de mejor calidad, menos gastos, proyectos terminados más rápido y clientes más contentos. En lugares como el Reino Unido, Estados Unidos, Australia y Perú, las empresas de construcción que usaron esta forma de trabajar vieron una gran mejora en cómo completaban sus proyectos. En algunos casos, la productividad aumentó hasta un 77%. En América latina, al usar Lean Construction para construir casas, se logró ahorrar un 25% en materiales, un 20% en dinero y también se construyeron las casas más rápido.

Pérez (2021), expuso la tesis denominada "Implementación de Lean Construction en la construcción argentina", tuvo como objetivo implementar la filosofía Lean Construction en Argentina para mejorar la productividad en el sector de la construcción, para lo cual se tomó de muestra un edificio de oficinas. En el mismo se analiza tanto una parte de planificación y diseño como de construcción. En la implementación se utilizaron diferentes herramientas, siendo ellas: Value stream mapping, para hacer una planificación inicial incorporando a todas las áreas y viendo la dirección a seguir del proyecto. Se concluyó que la implementación de Lean Construction en Argentina es posible. También es posible aplicarlo en cualquier otro lugar del mundo, ya que su funcionamiento para que brinde mejoras en las empresas no depende del país en el cual se aplique, sino del compromiso de las partes involucradas.

Xing et al. (2021) presentaron la tesis "Implementing Lean Construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China". El objetivo fue analizar la implementación de técnicas y métodos de gestión Lean Construction (LC) en proyectos industriales en Suzhou, China, evaluando su impacto en el rendimiento del proyecto y las mejoras logradas. La investigación se centró en un proyecto de construcción industrial de un estacionamiento de seis pisos, con un área total de 31,349.47 m², utilizando un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo. Entre los resultados, se logró una reducción del 30% en los tiempos de espera y un aumento del 25% en la productividad general. Asimismo, los defectos en la construcción disminuyeron en un 20%, mientras que la

seguridad en el sitio mejoró en un 15%. El sistema Kanban jugó un papel clave al optimizar la visualización y coordinación del progreso del proyecto. Se concluyen que estas prácticas de Lean Construction proporcionaron beneficios significativos, aunque persisten desafíos como la falta de confianza y habilidades entre los participantes. Esta tesis aporta a la investigación al evidenciar cómo la implementación de herramientas Lean puede mejorar la productividad y reducir desperdicios, alineándose con el objetivo de optimizar la gestión y rendimiento en proyectos de construcción.

López et al. (2019) desarrollaron su tesis orientada a implementar las metodologías Lean Construction y BIM (Building information modeling) en la gestión administrativa del proceso constructivo de viviendas populares (de hasta 42.50 m² y un costo máximo de 200 salarios mínimos) en Torreón, Coahuila, México. El objetivo principal fue analizar el impacto económico y la reducción de tiempos en la ejecución del proyecto. La investigación adoptó un diseño no experimental, de tipo aplicada, con nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. Para la recopilación de datos y análisis se utilizaron herramientas como Lean Construction, metodología BIM, carta balance, modelación 3D en Revit, Microsoft Project Pro-2010 y Navisworks. Los resultados evidenciaron un ahorro del 26.56 % en el tiempo de construcción, un aumento en la productividad de los trabajos del 43% al 60%, la conservación del 25% en trabajos contributivos y una reducción en los trabajos no contributivos del 32% al 15%.

- ***Investigaciones a nivel nacional***

Gonzales (2023), en su tesis de grado titulada: "Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obra del proyecto sol de Pimentel, Chiclayo, 2020". Tuvo como objetivo aplicar la filosofía, metodología y herramientas que permitan mejorar la productividad en el proyecto sol de Pimentel en Chiclayo, para el desarrollo de la investigación con enfoque cuantitativo de tipo de investigación aplicada se tomó de muestra las partidas con mayor alcance económico de la obra sol de Pimentel, llegando a concluir que al usar las herramientas Lean Construction tuvo gran incidencia en la

productividad de las partidas como encofrado y desencofrado de losas y frisos, tarrajeo de muros interiores y exteriores.

Díaz y Puicón (2021), presentaron la tesis denominada: "Implementación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en la construcción del Edificio VOCE", tuvo como objetivo central incrementar la productividad en la ejecución del edificio VOCE implementando la filosofía Lean Construction haciendo uso de las herramientas de línea de balance, cartas balance y las teorías de restricciones, para el desarrollo de la tesis se utilizó un diseño de investigación del tipo no experimental, como muestra de estudio se usó a la construcción del edificio VOCE y la recopilación de datos fue a través de cuestionarios de campo durante la fase de casco estructural. Se llegó a concluir que la aplicación de la filosofía Lean Construction generó un incremento en el rendimiento de 22% a 44% en el trabajo trayendo una reducción de costo de S/. 3,254.50.

Alvarado (2021) expuso la tesis "Filosofía Lean Construction: Comparación de beneficios en empresas emergentes y grupos constructores exitosos", cuyo objetivo principal fue demostrar que los beneficios de la filosofía Lean Construction son proporcionales en empresas pequeñas y grandes grupos constructores. La investigación analizó proyectos como NEOMAR II y BARRANCO 360° mediante la aplicación de herramientas Lean Construction. Los resultados evidenciaron una mejora en los niveles de productividad y optimización de procesos, destacándose una reducción de costos significativa, con diferencias económicas de S/. 30,314.88 en vaciado vertical y S/. 27,979.34 en vaciado horizontal. Este aporte es relevante para la investigación al mostrar evidencia cuantitativa del impacto positivo de Lean Construction en proyectos de diferente envergadura, incentivando su implementación como modelo eficiente y sostenible en la industria de la construcción

Gilacopa y Colque (2020), presentaron la tesis "Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la ciudad de Tacna", evaluaron la influencia de esta filosofía en la optimización de la productividad en proyectos de construcción. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, alcance

descriptivo y diseño no experimental, tomando como muestra seis actividades constructivas. Para la recolección de datos, se utilizaron instrumentos como la carta balance y el análisis del nivel general de actividad. Lograron una productividad laboral media de 30.10% en trabajos productivos (TP), 45.07% en trabajos contributivos (TC) y 24.83% en actividades no contributivas (TNC).

Huapaya y Torres (2021), expusieron la tesis “Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el distrito de Imperial - provincia de Cañete - departamento de Lima”, el objetivo central del estudio es conocer el estado actual del trabajo productivo expresado en porcentaje y la aplicación de la metodología Lean con sus instrumentos de calidad con el propósito de mejorar la productividad a nivel de casco estructural. Para la elaboración de la metodología de investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, alcance explicativo y con un diseño no experimental longitudinal se usó como muestra las actividades que conforman el casco estructural y la recopilación de la información fue a través de técnicas de observaciones y procesadas por hojas de cálculo Excel, llegando a concluir que el empleo de la metodología Lean Construction y sus herramientas, generan una eficiencia mayor al 20% y un progreso de 87% a fin de mes.

- ***Investigaciones a nivel regional y local***

Cárdenas (2022), presentó su tesis “Lean manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de ambientes complementarios, Apurímac 2022”, tuvo como objetivo principal demostrar como las herramientas de Lean manufacturing maximiza la eficiencia de proyectos constructivos. Para la elaboración de la metodología de investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño experimental se usó de muestra a cuatro proyectos y seis procesos constructivos llegando así a la conclusión que se aceptaron las hipótesis de investigación para los 3 objetivos específicos. Así mismo se evidencio la mejora de la eficiencia en los procesos constructivos, utilizando Lean manufacturing.

Kari (2020), desarrolló su tesis "Aplicación de Lean Construction para la optimización de la productividad en el mantenimiento rutinario del camino vecinal tramo: Villagloria-Abancay, 2020", con el propósito principal implementar la filosofía Lean Construction para incrementar el rendimiento en las operaciones de mantenimiento rutinario del tramo Villa gloria-Abancay. La investigación siguió una metodología de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, alcance explicativo y diseño no experimental, utilizando como muestra las tareas y el personal asignado al mantenimiento de dicho tramo. Los resultados indicaron que el uso de Lean Construction dio un incremento del 26.26% en la productividad en los diferentes procesos. Además, el análisis de varianza evidenció un p-valor de 0.02 (menor a 0.05) al comparar las medias del desempeño correspondiente a septiembre y diciembre, confirmando con un 95% de confianza que la metodología tiene un impacto notable en las tareas del mantenimiento periódico, permitiendo validar la hipótesis alternativa (H_a).

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Lean production

Principios de Lean. Campero y Alarcón (2008), afirman que los fundamentos para el diseño, optimización y supervisión de los procesos de producción pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- Minimizar las tareas que no dan beneficios
- Maximizar las utilidades teniendo en cuenta las necesidades del cliente
- Disminuir la fluctuación en los procesos.
- Disminuir la duración de cada etapa
- Simplificar el proceso, reduciendo la cantidad de fases, componentes y conexiones.
- Incrementar la adaptabilidad de los logros.
- Dirigir el control hacia el flujo completo del proceso.
- Incluir la mejora constante en cada etapa

- Encontrar el equilibrio entre la optimización y eficiencia
- Utilizar el benchmarking o referenciación. (p.468)

Por otra parte, Sandoval y Valdez (2020) realizaron un comparativo de definiciones con respecto a los principios de Lean, tal como se ve en la Tabla 2:

Tabla 2

Principios Lean

Koskela 1992	Womack y Jones 1996	Liker 2004
1. Reducir /eliminar las actividades que no aportan valor.	1. VALOR Aprecio que le da el cliente al producto	1. Las decisiones de gestión deben tomarse priorizando un enfoque a corto plazo en lugar de largo plazo.
2. Aumentar el valor del producto		2. Los procesos deben mantener un flujo constante y continuo.
3. Disminuir la variabilidad	2. CADENA DE VALOR Todas las acciones requeridas para convertir los materiales y la información en el producto final.	3. Implementar el sistema "PULL" (producción basada en la demanda) para prevenir la sobreproducción.
4. Reducir el tiempo de ciclo		4. Equilibrar la carga de trabajo 5. La producción debe detenerse en cuanto se detecte un problema y resolverlo de inmediato para no comprometer la calidad.
5. Simplificar los procesos	Establecer un flujo constante en la cadena de valor, eliminando cualquier forma de desperdicio.	6. Para lograr una mejora continua, es fundamental que el equipo trabaje de manera organizada.
6. Aumentar la flexibilidad de la producción	3. FLUJO	7. Los problemas deben ser visibles para todos los empleados mediante herramientas de control visual.
7. Transparentar el proceso		8. Emplear tecnología confiable en los procesos.

8. Enfocar el control completo				9. Formar líderes con la capacidad de enseñar y promover la filosofía.
9. Mejora continua	4. SISTEMA PULL		Reducir el exceso de inventario y evitar la sobreproducción.	10. Capacitar a todo el personal en esta filosofía para alcanzar el bienestar común de la organización.
10. Conservar la armonía entre las optimizaciones del flujo y las tasas de conversión.				11. Respetar a los proveedores y colaborar en su propio proceso de mejora.
11. Benchmarking o referenciar	5. PERFECCIÓN		Proporciona puro valor definido por el cliente	12. Realizar supervisiones constantes para comprender plenamente la situación.
				13. Tomar decisiones en equipo y aplicarlas con rapidez.
				14. Convertirse en una organización que fomente el aprendizaje continuo con el objetivo de lograr una mejora constante.

Nota. La tabla 2 muestra un comparativo de definiciones con respecto a los principios de Lean. Tomado de la investigación de Sandoval y Valdez (2020), p.29.

Con respecto a las definiciones mencionadas líneas arriba, en esta tesis nos adherimos a los principios descritos por Koskela (1992), porque explica de mejor manera los principios básicos a tener en cuenta y de los cuáles se resume lo siguiente:

- **Disminuir las actividades que no aportan valor.** Se logra identificar todas aquellas tareas que agregan valor y las que no. En este principio es importante detectar las tareas que no generen valor para reducirlas y/o eliminarlas puesto que estas generan ineficiencias.
- **Incrementar el valor del producto.** Al disminuir y/o eliminar las tareas que no generan valor nos enfocamos en incrementar el valor del producto para

el cliente final. El objetivo de este principio es superar las expectativas que tiene el cliente respecto al producto.

- **Reducir la variabilidad.** La ocurrencia de eventos imprevistos impacta de forma negativa en las áreas de producción, esta variabilidad genera pérdidas puesto que no se logra cumplir con las programaciones, por ende, es fundamental disminuir la variabilidad para prevenir la insatisfacción del cliente.
- **Reducir la duración del flujo.** La duración del flujo puede reducirse aplicando la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia. Esta teoría sugiere dividir el lote de producción en unidades más pequeñas (lotes de transferencia) que se mueven entre etapas. Así, el flujo será más breve en comparación con procesar el lote completo y esperar a que esté listo para moverlo al siguiente paso.
- **Reducción de procesos.** La complejidad de un producto genera el aumento de costo y tiempo, por eso se sugiere simplificar los procesos planteando un flujo constante con actividades consolidadas.
- **Incrementar la flexibilidad de la producción.** Aunque este principio podría parecer opuesto al anterior, muchas empresas han logrado cumplir ambos objetivos al mismo tiempo. Para ello, es necesario considerar la teoría de lotes de producción y transferencia, reducir los tiempos de cambio y configuración, y contar con un equipo bien consolidado.
- **Transparencia en los procesos.** Mientras los procesos sean más claros, aumentarán las probabilidades de actuar rápido y corregir los errores.
- **Enfocar el control completo.** Este principio tiene dos requisitos, el primero consiste en medir todo el proceso completo y el segundo consiste en tener un inspector para el control de todo el proceso.

- **Mejoramiento continuo.** El propósito fundamental de este principio es analizar todas las razones y causas que impiden cumplir con las tareas planificadas, con el fin de encontrar soluciones para las futuras acciones y, así, lograr una mejora progresiva.
- **Benchmarking.** Esto se fundamenta en conocer nuestros procedimientos, analizar las fortalezas, debilidades y al mismo tiempo hacer una comparativa con los procesos que realizan otras empresas líderes en nuestro campo de acción para lograr un estímulo de ayuda, incorporar mejoras y reconfigura nuestros procesos.

Como podemos apreciar, todos estos principios comparten un propósito común, fundamentado en la filosofía japonesa “Kaizen” que viene a ser la mejora continua enfocada en lograr un flujo de trabajo simple, uniforme de todo el proceso de producción, además de ello se basa en evaluar los errores e ir mejorando día a día.

Tipos de desperdicios. Taiichi Ohno identificó siete tipos de desperdicios responsables de las interrupciones en el flujo de la cadena o flujo de valor dentro de la planta de producción que gestionaba.

Tabla 3

Clasificación de los 8 desperdicios de la construcción

Desperdicios	Descripción
Sobreproducción	Fabricación de excedentes de lo necesitado; generación de diseños adicionales (innecesarios, poco prácticos o con detalles excesivos); utilización de equipos altamente avanzados cuando uno más sencillo sería suficiente; y calidad estándar de lo requerida.

Tiempo de inactividad	<p>Demoras y pausas en las labores surgen principalmente por la falta de información clave, como datos, especificaciones o directrices, así como por la ausencia de materiales, herramientas o diseños adecuados. Estas interrupciones también pueden deberse a la necesidad de esperar la culminación de actividades previas, la inaccesibilidad de áreas de trabajo, inconsistencias en los documentos técnicos o problemas de comunicación entre especialistas. Además, los retrasos en el transporte o montaje de equipos, la falta de coordinación entre los equipos laborales, las reiteraciones por cambios en los diseños, y los accidentes ocasionados por medidas de seguridad insuficientes agravan la ineficiencia en los procesos.</p>
Transporte innecesario	<p>Hace referencia al transporte innecesario vinculado al movimiento interno de recursos, como materiales o datos, dentro de la obra. Generalmente, está asociado a una distribución deficiente y a la falta de planificación adecuada de los flujos de materiales e información. Entre sus principales consecuencias se encuentran: la pérdida de tiempo laboral, el consumo innecesario de energía, la ocupación ineficiente del espacio en la obra y el riesgo de pérdidas de materiales durante el traslado.</p>
Sobreprocesamiento	<p>En las etapas de construcción o instalación, la ejecución de procesos innecesarios genera un gasto excesivo de recursos como materiales, equipos y energía. Asimismo, la duplicidad en monitoreos y controles, como inspecciones redundantes, incrementa los desperdicios y reduce la eficiencia.</p>
Exceso de inventario	<p>El exceso de inventarios, innecesarios o adquiridos de forma anticipada, genera pérdidas de materiales debido a deterioro, caducidad, condiciones inapropiadas de almacenamiento, robo o vandalismo. Además, implica la necesidad de más personal para</p>

	gestionar este excedente y ocasiona gastos financieros asociados a la adquisición prematura de insumos.
Movimientos innecesarios	Se refiere a inventarios excesivos o prematuros que ocasionan pérdidas por deterioro, obsolescencia, robo, condiciones inadecuadas, costos financieros por compras anticipadas y mayor necesidad de personal para su gestión.
Defectos de calidad	Errores de diseño, mediciones o planos; discrepancias entre planos de diseño y estructura, métodos de trabajo inadecuados y mano de obra no calificada, derivando con ello a la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
Talento humano	Se desperdician tiempo, ideas, habilidades y competencias de mejora por no motivar ni escuchar a los empleados, así como por contar con una mano de obra poco calificada, insuficientemente formada, información incorrecta y sin medios o motivaciones para impulsar el progreso constante. y la solución de inconvenientes.

Nota. La tabla 3 muestra estos siete desperdicios adaptados al sector de la construcción, añadiendo además el desperdicio de talento humano y la ausencia de innovación, según lo expresado por Jeffrey Liker. Tomado de “Introducción a Lean Construction” (Pons ,2014, p.19).

3.2.2. Lean Construction

Lean Construction, ve los procesos de construcción y representa una adaptación del Lean production, que tradicionalmente se enfoca en empresas manufactureras. Esto permite comprender que en el desarrollo de esta adaptación surgieron ciertos desafíos debido a que ambas industrias tienen características propias.

Inicialmente, el sector construcción bajo un enfoque tradicional se percibía como un campo de transformación que recibía recursos (como mano de obra, materiales, herramientas y equipos), los procesaba y generaba un producto final; por otro lado, se reconoce que el sistema de producción Lean representa un enfoque colaborativo enfocado en una producción fluida y confiable, con mejora continua en todos sus procesos. En consecuencia, la filosofía Lean Construction considera la construcción no solo como una simple transformación, sino como un modelo de flujo de recursos que conforman el proyecto para obtener el producto final. Según Ballard, el enfoque de flujo de procesos identifica aquellas actividades que generan pérdidas que a menudo existen en la construcción y que con el enfoque tradicional no se logran visualizar. (Guzmán, 2014, p.10)

Costa de los Reyes (2016) menciona que Lean Construction “es una filosofía propuesta por Lauri Koskela en 1992, basado en maximizar el valor y minimizar las pérdidas identificadas en los proyectos, mediante la aplicación de sus principios que logra mejorar la productividad generando ganancias para las empresas” (p.11).

De la misma manera, otros autores argumentan lo siguiente:

El uso del sistema Lean en el ciclo de vida de un proceso constructivo se conoce como Lean Construction o construcción eficiente.

Lean Construction representa la adopción de estos principios y herramientas Lean en cada etapa del proyecto, desde su planificación inicial hasta su construcción y entrega final. Así, Lean, como filosofía de trabajo, procura alcanzar la eficiencia organizacional, haciendo sus principios aplicables en cada etapa del proyecto: planificación, desarrollo técnico, promoción previa, estrategias de mercado y comercialización, implementación, soporte posterior, servicio al usuario, activación operativa y conservación del inmueble, gestión empresarial, logística y coordinación con los recursos. (Pons, 2014, p.26)

Lean Construction representa una filosofía alineada con los principios de Lean production, los cuales están enfocados a la gestión de la producción en el ámbito de la construcción. Su propósito central se enfoca en crear flujos de trabajo

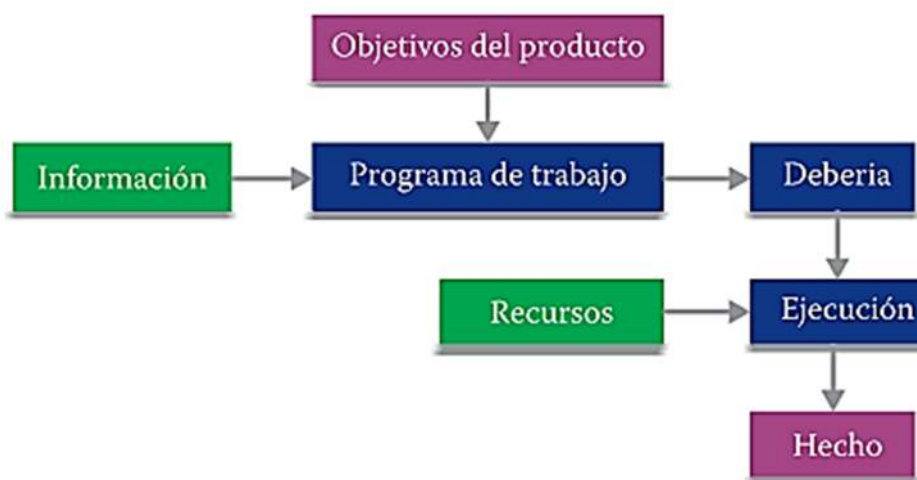
seguros y libres de desperdicios, implementando principios que transforman el enfoque hacia la optimización de la productividad, logrando así que el proyecto completo funcione como un sistema de producción coordinado con la implicación de todos los participantes en el proyecto. (Albarracín y Molero, 2020, p.13)

3.2.3. *Enfoque convencional*

El enfoque convencional de planificación se basa en la creación de un cronograma general para toda la obra, ordenando cada tarea de acuerdo con su secuencia de actividades, ya sean predecesoras o sucesoras, y sustentado en la experiencia del profesional que lo diseña. Para ello, se utilizan técnicas conocidas como PERT y CPM. Sin embargo, al ser elaboradas en un entorno de oficina, estas proyecciones representan más un ideal de lo que se debería realizar. En la práctica, debido a eventos inesperados, el cronograma tiende a desalinearse de la realidad a medida que el proyecto avanza, distanciándose de lo que se requiere. (Orihuela y Ulloa, 2011, p.1)

Figura 1

Modelo tradicional



Nota. En la figura 1 se sintetiza la secuencia de procesos, el cual se aplica en los proyectos de forma tradicional, pues al tener la información y los recursos se asume de manera ideal

que los procesos fluirán sin ningún tipo de restricción o variabilidad. Tomada de “Application of the New Production Philosophy to Construction” (Koskela, 1992).

El enfoque convencional de gestión integral de proyectos, que incluye desde el diseño hasta la implementación, uso y mantenimiento, se suelen identificar varios problemas comunes:

- Falta de interés de los profesionales en la capacitación y habilidades en enfoques de administración y programación de proyectos.
- Supervisión de calidad deficiente, fundamentado en técnicas estadísticas que no aseguran el 100% de la calidad.
- Incumplimiento de normas de seguridad.
- Errores y omisiones en la etapa de planificación de los proyectos.
- Falta de motivación e interés en la capacitación y formación del personal obrero.
- Carencia de coordinación entre los participantes (personal técnico, obrero, etc.) en las diferentes etapas del proceso de ejecución del proyecto.
- Disminución de la productividad y comunicación entre las partes interesadas.
- Disminución en la productividad en comparación con otras industrias.

Todos estos problemas generan incertidumbre y variabilidad en el proyecto en relación con las condiciones originales del contrato, lo cual deriva en múltiples consecuencias, entre las que destacan: ejecución de obras fuera del plazo acordado (extensiones de plazo), sobrecostos (adicionales de obra), baja calidad en la entrega del proyecto y un aumento significativo en el riesgo de accidentes laborales.

Las causas de este mal funcionamiento incluyen la variedad de participantes con intereses opuestos, una cultura organizacional que no es compatible entre los miembros del equipo del proyecto y el acceso restringido a la información necesaria en el tiempo

adecuado. Por lo tanto, la meta de todos los involucrados en la industria de la construcción debería enfocarse en una administración integral del proyecto que sea más eficiente, rápida y efectiva, abarcando desde el diseño hasta el uso final de la edificación o infraestructura, mediante la creación de equipos completamente unificados y colaborativos. (Pons, 2014, p.11)

3.2.4. Modelo Lean

El modelo Lean está definido como un “modelo de flujos, basados en procesos de transformación de materiales y flujo de recursos durante la producción; analiza las actividades que generan o no valor, con la finalidad de eliminar las actividades que significan un desperdicio al producto final” (Porras et al., 2014, como se citó en Sandoval y Valdez, 2020, p.30).

Tabla 4

Distinciones entre un proyecto convencional y un proyecto basado en Lean

Proyecto convencional	Proyecto Lean
Sistema operativo	
Administración del camino crítico	Last planner system
Enfoque Push	Sistema Pull
Enfocado en la transformación de procesos y datos	Basado en la transformación, flujo de valor y generación de valor
Las tareas se ejecutan tan pronto como es factible	Las tareas se ejecutan en el momento de mayor responsabilidad
Los buffers están dimensionados y ubicados para maximizar la eficiencia local	Los búferes se configuran para absorber la variabilidad del sistema
Orientado a transacciones y acuerdos contractuales	Enfoque en la optimización del sistema de producción
Acuerdos y términos comerciales	
Transacciones individuales, que incentivan esfuerzos unilaterales y trasladan el riesgo sin compartirlo	Estimula, impulsa, promueve y respalda el intercambio libre de información e ideas, así como la colaboración entre diversas partes
Riesgo	

Riesgo asumido de manera individual, y transferido a terceros en gran medida	Administrado de manera colaborativa, distribuido de forma adecuada
--	--

Aprendizaje y transmisión del conocimiento

El aprendizaje ocurre de manera ocasional. Los conocimientos que se adquieren son “solo los imprescindibles”, y la información tiende a ser acumulada y retenida, creando silos de conocimiento y habilidades.	El aprendizaje se integra en el proyecto, la empresa y la cadena de suministro, comenzando con la aportación de conocimientos y habilidades desde el inicio. Esto implica un intercambio de información de manera abierta, así como el establecimiento de confianza mutua y respeto entre todos los interesados
--	---

Diseño y procesos

las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño
Una vez el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta

Proceso

Lineal, inequívoco, segregado	Concurrente y multinivel
-------------------------------	--------------------------

Relación con proveedores y partes interesadas

Se llevan a cabo esfuerzos organizados para disminuir los plazos de entrega en la cadena de suministro.	Se realizan esfuerzos sistemáticos para reducir los tiempos de entrega en la cadena de suministro.
Los intereses de las partes involucradas están alineados entre sí.	Los intereses de las partes involucradas están alineados entre sí.
Enfoque colaborativo con autoridad distribuida.	Enfoque colaborativo con autoridad distribuida.
Las decisiones adoptadas en las fases iniciales incluyen la participación de las partes interesadas de etapas posteriores.	Las decisiones tomadas en etapas iniciales involucran la participación de las partes interesadas de las etapas posteriores.
Se conforma un equipo integrado desde el inicio del proyecto, compuesto por las partes clave, con un enfoque abierto y colaborativo.	Se forma un equipo cohesionado desde el comienzo del proyecto, integrado por las partes clave, y se adopta un enfoque abierto y colaborativo.

El éxito del equipo está directamente relacionado con el éxito del proyecto, basado en la entrega de valor al cliente. El éxito del equipo está directamente relacionado con el éxito del proyecto, basado en la entrega de valor al cliente.

Comunicación/Tecnología

Basada en papel, 2 dimensiones, analógica	Medios digitales, virtuales, Building Information Modeling (3, 4 y 5 dimensiones)
---	---

Nota. En la tabla 4 se pueden identificar las distinciones existentes entre un proyecto convencional y un proyecto Lean, considerando aspectos como su sistema operativo, acuerdos y condiciones comerciales, gestión de riesgos, aprendizaje y transferencia de conocimientos, diseño y procesos, relaciones con proveedores y partes interesadas, así como la comunicación y uso de tecnología. Tomado de “Introducción a Lean Construction” (Pons ,2014, pp.58-59).

3.2.5. Herramientas Lean

El Lean project delivery system o sistema de entrega de proyectos Lean, ha sido desarrollado por Ballard en el año 2000, tiene como propósito implementar los principios del TPS (sistema de producción toyota) a la producción en la construcción. Este sistema está compuesto por 5 fases los cuales incluyen: conceptualización del plan, diseño basado en Lean, aprovisionamiento eficiente, ejecución optimizada y utilización para completar el ciclo y generar una retroalimentación se tiene un control de la producción y un esquema del trabajo que logran extenderse a lo largo de todas las fases. El objetivo principal de este sistema es ejecutar proyectos de construcción sin pérdidas. (Castillo ,2014, p.10)

Tabla 5

Principios de la construcción Lean asociados a cada herramienta del LPDS

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
--------------	-------------

HERRAMIENTA DE DISEÑO LEAN	Reporte A3	Documento en formato A3 (28x43 cm) diseñado para la Gestión del Conocimiento, donde se registra el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.
	Matriz de responsabilidades	Diagrama que ilustra el proceso de diseño, asignando niveles de responsabilidad a los participantes del proyecto para alcanzar el objetivo esperado.
	Lista de tareas	Relación de datos indispensables antes del inicio de cualquier tarea.
	Lista de chequeos	Lista empleada para comprobar el cumplimiento de las tareas asignadas a cada participante.
HERRAMIENTA DE ABASTECIMIENTO LEAN	5 "S"	Conjunto de actividades enfocadas en mejorar la organización, limpieza, orden y estandarización en las áreas administrativas y operativas. "5S" proviene de cinco términos japoneses: SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU y SHITSUKE (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y crear el hábito).
	Nivel general de actividad	Método estadístico para analizar trabajos y movimientos en una actividad o proyecto, clasificando las tareas como productivas, contribuyentes o no contribuyentes.
HERRAMIENTA DE EJECUCION LEAN	Carta balance	Herramienta estadística que permite evaluar la distribución del trabajo entre diferentes tareas dentro de una actividad, con el fin de optimizar el procedimiento empleado.
HERRAMIENTA DE CONTROL	Last planner system	Diseñar un sistema productivo enfocado en maximizar el flujo y el valor, promoviendo la mejora continua.

Nota. En la tabla 5 se aprecia cada una de las herramientas que se puede utilizar según el proceso del proyecto en ejecución y el fin de su aplicación. Tomado de la investigación de Castillo (2014), pp.114-119.

Esta tesis empleó los instrumentos de ejecución Lean (nivel general de actividad, carta balance) y las herramientas de control (last planner system), ya que se evaluó la ejecución de los elementos estructurales y la tabiquería del proyecto, además de supervisar y fomentar la mejora continua en todos los procedimientos.

3.2.6. Herramientas de ejecución Lean

3.2.6.1. Nivel general de actividad.

“El nivel general de actividad es una herramienta estadística que fue propuesta en 1990 por Alfredo Serpell, es usada para estudios de tiempo y movimiento de cada actividad en un sector o en todo el proyecto” (Castillo, 2014, p.69).

Esta herramienta permite realizar un diagnóstico general sobre cómo el personal de una cuadrilla distribuye su tiempo en una actividad específica en ejecución. Además, clasifica las actividades en tres grados de trabajo:

Trabajo productivo (TP). Villamizar y Ortiz (2016) nos definen como: “trabajo productivo a las actividades que agregan valor; además, indica que es aquel trabajo que cambia la forma, naturaleza del producto o servicio de una manera que contribuye a la forma final que el cliente está dispuesto a pagar” (p.44).

Flores (2016), nos define que el trabajo productivo: “es aquel que corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción” (p.39).

Como ejemplos de trabajo productivo tenemos los siguientes: encofrar, desencofrar, habilitar los aceros, verter concreto, colocar ladrillos, colocar cerámicos, etc.

Trabajo contributivo (TC). Villamizar y Ortiz (2016) nos indican que el trabajo contributivo: “son las actividades de soporte; de la misma forma, considera que es aquel

tiempo dedicado a labores de apoyo necesarias para que se realicen las acciones productivas” (p.45).

Flores (2016), define que el trabajo contributorio: “es aquel trabajo de apoyo, necesario para poder ejecutar el trabajo productivo, pero no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad” (p.39).

Algunos ejemplos que se considera en este tipo de trabajo son: limpieza en la zona de trabajo, dar o recibir indicaciones, habilitar de material, leer los planos, transportar recursos, apoyo en las mediciones, etc.

Trabajo no contributorio (TNC). Villamizar y Ortiz (2016) nos dicen que: “el trabajo no contributorio son actividades que no agregan valor, además nos dice que es cualquier otra actividad que no corresponde a las categorías anteriores y que implica tiempo que no es aprovechado por diferentes causas” (p. 45).

Flores (2016), indica que el trabajo no contributorio: “es cualquier otra actividad realizada por la mano de obra y que no se clasifica en las anteriores categorías; entonces, se consideran pérdidas, porque tienen un costo, no agregan valor y se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo” (p. 40).

Se considera como trabajo no contributorio a las siguientes actividades: demoras, descansos, trabajo rehecho, transporte innecesario, etc.

Por otro parte, Castillo (2014) subraya la importancia de esta herramienta de ejecución y añade lo siguiente:

Esta herramienta es sumamente útil, ya que permite recopilar información detallada sobre la distribución del tiempo en una actividad específica. Con los datos obtenidos en campo, es posible identificar mejoras que incrementen el trabajo productivo, reduzcan el trabajo contribuyente y eliminen el trabajo no contribuyente. Las mediciones realizadas son puntuales, proporcionando datos de los eventos ocurridos en un momento del día. Por esta razón, es esencial realizar mediciones

periódicas para generar comparaciones y evaluar los avances en los trabajos realizados.

Para la aplicación de esta herramienta se sugiere realizar los siguientes pasos:

- Tener definido los sectores, las actividades, el objetivo y los detalles de lo que se va a medir.
- Se deberá identificar todos los trabajos que se van a realizar en dicha actividad, de ahí se tendrá que dividir según el tipo de trabajo que le corresponda (TP, TC, TNC).
- Se realizará una observación aleatoria de las actividades en el sector seleccionado, registrando en un formato lo que se aprecia de cada trabajador de la cuadrilla y clasificando sus tareas en trabajo productivo (TP), contribuyente (TC) o no contribuyente (TNC).
- Luego se procede a verificar y analizar la información obtenida en campo; asimismo, se debe realizar un gráfico para obtener los porcentajes de cada tipo de trabajo realizado en la actividad y en el sector seleccionado.

Se sugiere lo siguiente:

- Se debe identificar a todos los trabajadores que pertenecen a la actividad seleccionada para que sean parte de la medición.
- Al observar a los trabajadores se debe usar un mismo criterio para todos.
- Lo registrado en el formato deber estar de acuerdo con lo observado en campo en ese mismo instante.
- Para la obtención de la información deberá ubicarse en un lugar apropiado sin obstaculizar los trabajos que se encuentran realizando en la actividad en observación. (pp.69-70)
- Según Serpell (1993), se requiere un mínimo de 384 observaciones para asegurar una confiabilidad superior al 95%.

Se muestra un modelo de formato del nivel general de actividad propuesto por Castillo (2014):

Figura 2

Modelo del formato de nivel general de actividad

NIVEL DE ACTIVIDAD				
PROYECTO:			FECHA:	
NOMBRE DEL OBSERVADOR:			HORA INICIO:	
Nº	Cuadrilla	TP	TC	TNC
1	Ferrero	P		
2	Carpintero		T	
3	Concreto	P		
4	Abañiles		L	
5	Ferrero		L	
6	Concreto			V
7	Carpintero	P		
8	Concreto			E
9	Ferrero			E
10	Abañiles			R
11	Abañiles		M	
12	Concreto	P		
13	Carpintero			N
14	Concreto			E
15	Ferrero	P		
16	Ferrero	P		
17	Concreto		I	
18	Abañiles		L	
19	Abañiles		I	
20	Carpintero	P		
21	Carpintero			
22	Concreto		M	
23	Abañiles			R
24	Ferrero	P		
25	Concreto			E
TT		8	8	9

Clasificación del Trabajo	
Total	Trabajo Contributorio
1	T Transporte
3	L Limpieza
2	I Instrucciones
2	M Mediciones
0	X Otros TC

Total	Trabajo No Contributorio
1	V Viajes
1	N Tiempo Ocioso
4	E Espera
2	R Trabajo rehecho
0	D Descanso
0	B Nec Fisiológicas
0	Y Otros TNC

Nota. En la figura 2 se muestra un modelo de formato que usa la herramienta nivel general de actividad para la recolección de datos en campo. Tomado de la investigación de Castillo (2014), p.71.

Figura 3

Modelo de porcentajes obtenidos con la herramienta nivel general de actividad



Nota. En la figura 3 se muestra un modelo de porcentajes según el tipo de trabajo (trabajos productivos, trabajos contributivos y trabajos no contributivos), obtenidos con la herramienta nivel general de actividad a través del gráfico pastel. Tomado de la investigación de Castillo (2014), p.71.

3.2.6.2. Carta balance.

Para una definición clara y concisa de esta herramienta, Castillo (2014) sostiene lo siguiente:

La carta balance es un instrumento de análisis estadístico que se concentra en una actividad específica. Nos ayuda a identificar cómo se distribuye el tiempo en cada tarea de la actividad seleccionada, contribuye a evaluar el método constructivo empleado y encontrar maneras de optimizarlo, además de definir la cantidad ideal de trabajadores para el equipo.

Esta herramienta tiene como objetivo principal evaluar y examinar la efectividad del proceso constructivo aplicado en la actividad. Es necesario revisar si los equipos de trabajo están organizados de forma adecuada conforme a la tarea asignada, o si se requiere ajustar el tamaño del equipo para mejorar la productividad del trabajo.

Para realizar una carta balance se recomienda tener en cuenta los siguientes procesos:

- Identificar la actividad que se desea evaluar y comprender su proceso constructivo.
- Asignar un equipo de trabajadores con las categorías correspondientes (operario, oficial, ayudante, etc.) según la actividad seleccionada.
- Elaborar un listado de las tareas que forman parte de la actividad elegida, clasificando las labores según las categorías (TP, TC, TNC) que correspondan.

- Registrar en un formato Excel cada minuto lo que cada miembro del equipo está realizando.
- Para obtener los resultados, se procesará los datos, calculando los porcentajes correspondientes a cada tipo de trabajo por miembro del equipo, y se podrá utilizar gráficos para ilustrar los porcentajes y los tipos de trabajo realizados.

Algunas recomendaciones para elaborar una carta balance:

- Las labores determinadas para la actividad seleccionada pueden ser representadas por una letra del alfabeto y deben ser ingresadas en el esquema de la carta balance.
- El equipo para observar no debe superar los 8 a 10 miembros.
- La medición debe realizarse en un área controlada, donde se pueda supervisar a todos los miembros del equipo. (p.72)

En cuanto a la finalidad de la carta balance, Serpell (1990, citado en Vilca, 2014) lo explica de manera clara mencionando esta afirmación:

“El objetivo de esta técnica es analizar la productividad del método constructivo empleado, más que la productividad de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente” (p.23).

Figura 4

Modelo del formato carta balance

CARTA BALANCE								
PROYECTO: NOMBRE DEL OBSERVADOR: ACTIVIDAD OBSERVADA: Vaciado de Concreto de losa						FECHA: HORA INICIO:		
N°	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6	Trabajador 7	Trabajador 8
1	A	D	E	A	F	C	C	F
2	D	C	A	H	B	F	D	B
3	E	A	F	E	F	B	C	F
4	F	I	B	C	I	F	A	I
5	B	E	F	D	A	I	I	C
6	F	F	I	A	A	B	E	F
7	I	A	B	B	H	H	F	B
8	B	H	H	I	E	C	A	F
9	H	A	C	B	C	C	B	I
10	C	B	B	I	C	D	H	B
11	D	I	H	B	A	A	A	H
12	C	F	B	F	I	A	H	C
13	A	B	F	B	E	I	E	B
14	I	F	B	F	F	E	C	I
15	E	I	F	I	A	F	G	A
16	F	B	I	B	F	A	A	B
17	A	B	B	H	A	F	H	I
18	B	F	H	C	A	A	E	F
19	I	F	A	A	H	F	C	A
20	G	B	B	B	E	B	A	A
21	A	F	I	I	C	F	A	F
22	H	I	B	H	C	I	B	B
23	E	A	I	E	A	B	I	F
24	C	B	H	C	B	H	B	I
25	E	I	E	F	I	C	I	C

Trabajador	Nombre completo	Categoría
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Tipo	Letra	Tarea
TP	A	Vaciado de concreto
	B	Vibrado
	C	Regleado
	D	Lampeada
TC	E	Transporte de concreto
	F	Mediciones
	G	Instrucciones
	H	Limpieza
TNC	I	Esperas
	J	Descanso

A	4	4	2	3	7	3	6	3
B	3	6	8	6	2	4	3	6
C	3	1	1	3	4	4	4	3
D	2	1	0	1	0	1	1	0
E	4	1	2	2	3	1	3	0
F	3	6	4	3	4	6	1	7
G	1	0	0	0	0	0	1	0
H	2	1	4	3	2	2	3	1
I	3	5	4	4	3	3	3	5
J	0	0	0	0	0	0	0	0
TT	25	25	25	25	25	24	25	25

TOTAL	
32	TP
38	
23	
6	
16	TC
34	
2	
18	
30	TNC
0	
199	

Nota. Para la recolección de datos en campo con la herramienta carta balance, en la figura 4 se muestra un modelo de formato. Tomado de la investigación de Castillo (2014), p.73.

3.2.7. Herramientas de control

3.2.7.1. Last planner system.

De acuerdo con Orihuela y Ulloa (2011), sostienen lo siguiente:

El "Last planner system" o sistema del último planificador fue creado por los investigadores Ballard y Howell (fundadores del grupo internacional de Lean Construction - IGLC). Este sistema propone soluciones alternativas frente a la discrepancia entre lo que "debería" llevarse a cabo y lo que realmente "se hace", obteniendo información precisa y concisa de los últimos responsables de la planificación (como maestros de obra, proveedores, etc.) y permite mejorar de

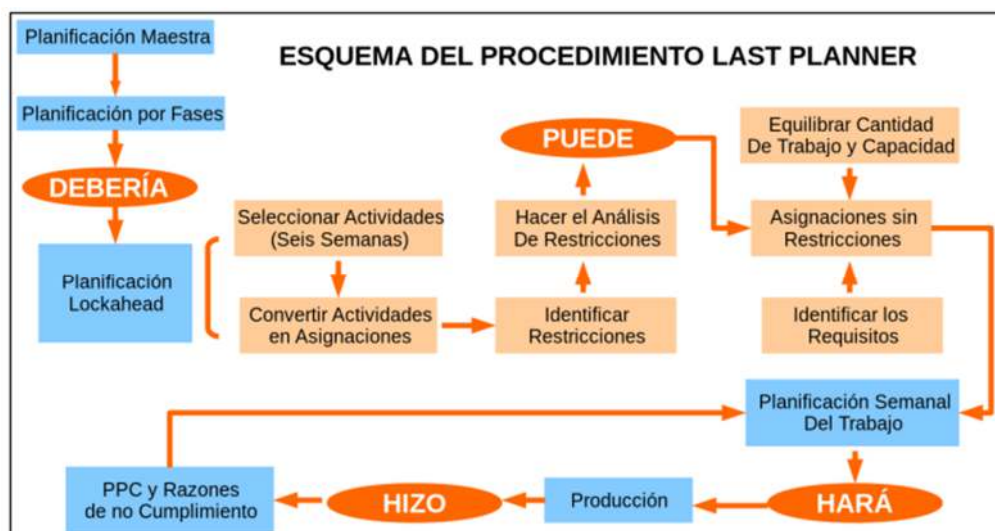
manera significativa las programaciones de obra, de modo que se observe y programe en un período intermedio lo que en la práctica "se podría" ejecutar, y luego en un plazo más cercano, lo que con más certeza "se hará".

El proceso de este sistema forma parte del modelo convencional, ya que comienza con una planificación global de toda la obra, donde se identifican los hitos principales del proyecto; después, se procede a una planificación por fases (lo que "debería" realizarse); luego, se establece una programación intermedia que varía de cuatro a seis semanas (analizando lo que realmente "puede" llevarse a cabo), conocida como look ahead, donde se lleva a cabo un análisis de restricciones (filtrando las actividades que pueden realizarse frente a aquellas que no); y por último, se pasa a una programación semanal (lo que finalmente "se hará"), ofreciendo una mayor confiabilidad porque está compuesta de actividades liberadas y sin restricciones.

El sistema last planner cuenta con indicadores de retroalimentación, como el porcentaje de plan completado (PPC) y las razones de no cumplimiento (RNC), los cuales se aplican una vez que las tareas han sido completadas (lo que realmente "se hizo"). (pp.1-2)

Figura 5

Esquema de procedimientos del sistema "Last planner system"



Nota. De acuerdo con la figura 5, se puede apreciar el ciclo que comprende la herramienta last planner system y como se observa nace desde la planificación maestra y concluye con el porcentaje de plan cumplido y las razones de no cumplimiento. Tomado de “La planificación de las obras y el sistema last planner” (Orihuela y Ulloa, 2011, p.2).

Planificación maestra. La planificación maestra se define como un “cronograma que consiste en identificar y plantear los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (inicio, entrega al cliente, pedido de elementos de entrega larga, movilización en el campo, diseño completo, revisiones gubernamentales, etc.) y su cronograma” (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE GLOSSARY, 2017, p.7).

Para el sistema last planner esta planificación es la base fundamental, debido a que de ella surge las demás programaciones como mediano y corto plazo, es necesario que esta se realice de acuerdo a la eficiencia real del proyecto.

Los softwares de planificación que se pueden usar son: Ms Project, Excel, Primavera P6, etc; en función a la envergadura y el tipo del proyecto que se ejecutará.

Para este tipo de planificación, es necesario considerar los principios Lean, los cuales deben proporcionar al equipo técnico una visión compartida alineada con los objetivos y entregables del proyecto, y facilitar un adecuado seguimiento del proceso; también se debe tener en consideración que esta planificación está sujeta a modificaciones y ajustes por parte del equipo técnico en consideración al estado en que se encuentra el proyecto. En la figura 6 se muestra un ejemplo:

Figura 6

Modelo de la planificación maestra

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras Provisionales	♦							
Movimientos de Tierras			S2					
Calzaduras			S2					
Cimentación			S2					
Muro de Contención			S2	S1				
Columnas y Placas			S2	S1	1P	2P	3P	4P
Vigas y Losas			S2	S1	1P	2P	3P	4P
Tabiquería						1P	S2	2P
Tarrajeros						S1	1P	2P
Pisos					S2			

Nota. Tal como se muestra en la figura 6, la planificación maestra considera en forma detallada todas las actividades que compone un proyecto y a su vez el tiempo en que se van a ejecutar. Tomado de “La planificación de las obras y el sistema last planner” (Orihuela y Ulloa, 2011, p.2).

Concepto de hitos. Lledó y Rivarola (2007) sostienen lo siguiente:

Los hitos del proyecto representan momentos clave que marcan la finalización de un conjunto de tareas importantes interrelacionadas. Se emplean principalmente para resumir los eventos significativos dentro de una obra. A diferencia de una actividad, los hitos no tienen un tiempo establecido.

Los hitos pueden ser utilizados para crear gráficos que representen el programa general del proyecto. Estos gráficos, que incluyen los hitos, se conocen como cronograma de hitos. Aunque el cronograma/calendario de hitos no proporciona información detallada necesaria, para administrar bien el proyecto, este informa a los interesados que quieren tener una visión global sin necesidad de ver el detalle de cada tarea. (p.54)

Planificación por fases o phase scheduling. Es un enfoque de trabajo más específico que el cronograma general de la obra, el cual detalla los hitos en cada fase importante del proyecto; es crucial desglosar las tareas requeridas para ejecutar cada etapa del proyecto y que todos los involucrados, responsables de cada actividad alineen objetivos y estrategias para ejecutar las fases definidas.

“Para esta planificación se usa la técnica PULL y, se recomienda la programación reversa; es decir, trabajar de atrás (actividad final) hacia adelante (actividad inicial). Esto ayuda a determinar los trabajos imprescindibles para cumplir el objetivo de la fase” (Orihuela y Ulloa, 2011, p.2).

Para llevar a cabo esta planificación, Lean sugiere un enfoque práctico que consiste en utilizar una pizarra y "post it", en los cuales se escriben las tareas que deben ser realizadas o que otras personas deben ejecutar para alcanzar un objetivo. Estos se colocan y organizan según la secuencia de trabajo establecida para cada fase, y luego se calcula la duración total del trabajo. Es importante que los tiempos asignados sean lo suficientemente flexibles para manejar cualquier tipo de variabilidad.

Esta metodología transforma la planificación tradicional, que solía ser realizada por el ingeniero de producción y/o residente, en un proceso colaborativo. En este enfoque, todos los participantes del proyecto se involucran activamente en la elaboración de la planificación, ejecución y/o modificación de dicha planificación. Finalmente, con este tipo de trabajo colaborativo los involucrados se sienten más comprometidos e incrementan la confiabilidad del plan.

Para entender de manera resumida la planificación por fases, ver la Tabla 6.

Tabla 6

La práctica tradicional versus la práctica LPS

Práctica tradicional	Práctica LPS
<p>“En la práctica tradicional el líder del proyecto desarrolla un programa, y luego se distribuye al equipo con una solicitud de comentarios. Con menos frecuencia, los miembros del equipo se ponen en las reuniones cara a cara para discutir el programa”. (report, Ballard 2009)</p>	<p>“Los miembros del equipo producen un plan de trabajo, no solo comentan sobre la viabilidad de un plan presentado por alguien más. Ellos están planeando en conjunto, y utilizando una técnica Pull Session para promover la comunicación y entendimiento compartido entre clientes y proveedores inmediatos sobre lo que realmente se necesita”. (report, Ballard 2009)</p>

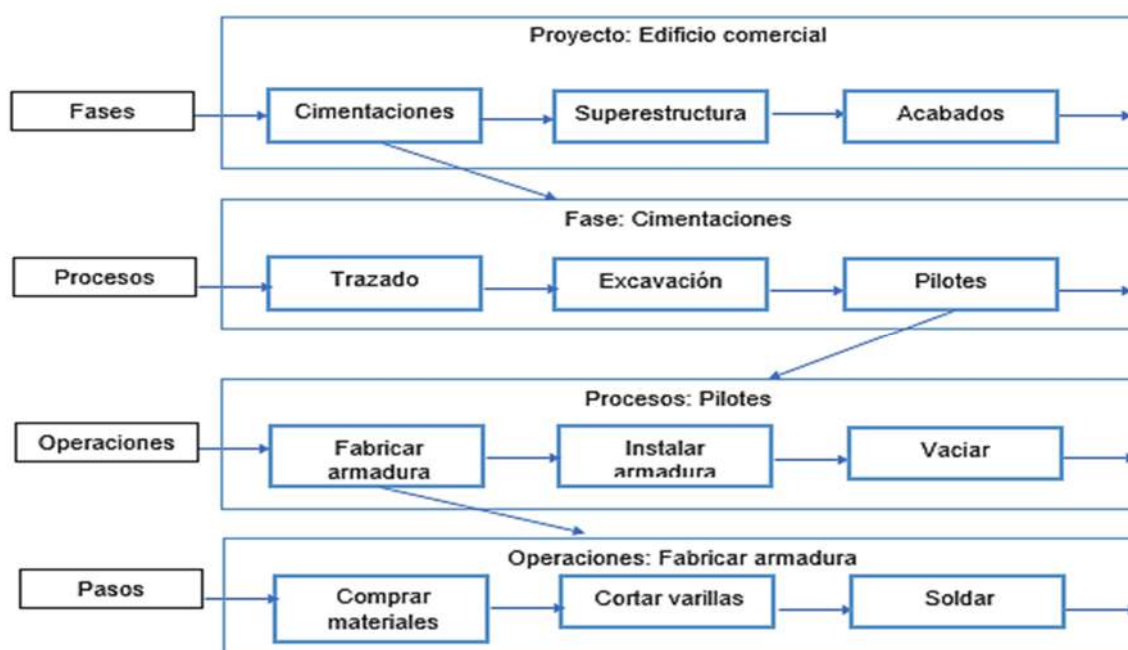
“El líder de proyecto diseña su propio cronograma y decide cómo usarlo”.
(report, Ballard 2009)

“Equipo genera ambos, el soporte en forma de una estructura de “red de compromisos” y decir colectivamente cómo hacer para amortiguar las tareas variables”. (report, Ballard 2009)

Nota. En la tabla 6, se esquematiza las diferencias que existen entre la práctica tradicional y la práctica LPS. Tomado de la investigación de Miranda (2012), p.41.

Figura 7

Diagrama de la planificación por fases



Nota. En la figura 7 se aprecia la secuencia de pasos, operaciones, procesos y fases que debemos identificar al momento de realizar la planificación por fases. Basado de la investigación de Miranda (2012), p.40.

Planificación intermedia o look ahead planning. Según la jerarquía del sistema de planificación, la planificación intermedia se encuentra en el tercer nivel. Castillo (2014), lo argumenta de la siguiente manera:

El término en inglés "Look ahead", introducido por Ballard y Howell en 1994, se puede entender como una "visión anticipada" dentro del cronograma principal. Se

refiere a un período de tiempo futuro que ofrece una visión preliminar de las actividades que se llevarán a cabo. Su objetivo principal es controlar el flujo de trabajo, y generalmente cubre un rango de actividades dentro de un período de 4 a 6 semanas. El último planificador es responsable de realizar esta programación junto con el equipo de trabajo. (p.97)

Otros autores afirman lo siguiente:

La planificación intermedia sigue siendo una extensión de la planificación inicial (plan maestro). Su propósito principal es gestionar el flujo de trabajo, el cual se puede representar a través de la coordinación de los planos, proveedores, recursos humanos, datos y requisitos necesarios para que la producción en cada equipo de trabajo se ejecute adecuadamente. Por lo tanto, la planificación intermedia establece y ajusta tanto el presupuesto como el cronograma generado en el plan maestro, arrastrando recursos hacia la obra y protegiendo que los recursos estén disponibles a un cien por ciento para la realización de las actividades. (Barría, 2009, pp.32-33)

El look ahead se encuentra orientado a proveer los recursos (materiales, equipos y herramientas) en la obra de manera anticipada para no generar atrasos o incumplimientos en la planificación prevista del proyecto. Se tiene que tener en cuenta que toda construcción se ve afectada por factores internos y externos, de manera habitual los profesionales suponen que los factores externos son los que más afectan y se eximen de responsabilidades porque consideran que estos factores están fuera de su control, pero lo cierto es que la mayoría de los factores que afectan a las obras dependen de nosotros. En relación con eso el look ahead planning nos orienta a controlar de forma anticipada el impacto que puede generar nuestra producción por los recursos puestos en obra; en otras palabras, planificar con anticipación la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos. Ghío afirma que el porcentaje más considerable de los factores que

afectan la productividad en las obras tienen como causa principal el no contar con los recursos necesarios en el momento que se requieren. (Ghío, 2001, p.112)

Para la realización de esta planificación se tiene que tener en cuenta que las programaciones semanales se producen con actividades liberadas y listas. Por su parte Orihuela y Ulloa (2011) proponen las siguientes etapas:

- Identificar todas las actividades que se sabe que podrán llevarse a cabo cuando se programen. Es importante considerar posibles cambios en el diseño, problemas pendientes, disponibilidad de materiales y la probabilidad de que las actividades previas se terminen a tiempo.
- Desglosar las actividades en asignaciones. Una asignación se refiere a un orden directo de trabajo, siendo el nivel más bajo dentro de la planificación.
- Evaluar las restricciones, un proceso que permite verificar si las asignaciones están liberadas, listas y pueden ejecutarse en el momento programado. Estas restricciones se dividen en dos categorías:
 - a) Detectar las restricciones, anticipándose a identificar las posibles causas o obstáculos que podrían impedir la realización de una actividad.
 - b) Evaluar las restricciones, lo que implica verificar si se dispone de la información necesaria, si se cuentan con todos los recursos y si los trabajos previos se completarán a tiempo, entre otros aspectos. Es crucial tener en cuenta que solo aquellas asignaciones que estén listas y sin restricciones podrán avanzar en las semanas siguientes y ser incluidas en la programación.
- Mantener un conjunto de asignaciones llamado "trabajo de reserva", o "buffer", que servirá para asegurar la productividad y efectividad del trabajo en caso de que las actividades planificadas no se puedan realizar o si el personal termina antes de lo previsto.
- Equilibrar la carga de trabajo, teniendo en cuenta la capacidad real disponible en la obra.

- Enumerar y definir los requisitos necesarios para ejecutar las asignaciones durante la semana en que han sido programadas. (p.3)

La consideración principal en esta planificación es permitir el ingreso sólo a las actividades que se puedan ejecutar y estas nos ayuden a completar la programación, si el planificador no está seguro de que las restricciones de algunas actividades se puedan resolver dentro del tiempo estimado, estas no deben incluirse en el look ahead, ya que podrían causar retrasos.

Figura 8

Modelo de planificación intermedia

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

Nota. En la figura 8 se muestra un modelo de planificación intermedia que se realiza conforme a la planificación maestra considerando fechas y semanas las cuales se tiene previsto ejecutar. Adaptado de “Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last planner system” (Pons y Rubio, 2019, p.54).

Programación semanal del trabajo. Es la última fase de planificación antes de ejecutar una tarea. Su objetivo principal se centra en el control de las unidades de producción.

Es una programación que se realiza con las actividades que se tienen listas, liberadas y “sin restricciones” que el equipo de producción se compromete a ejecutar en la semana, dicha programación debe ir acorde a lo establecido en la planificación look ahead.

Las tareas asignadas y liberadas se determinan tomando en cuenta la prioridad, secuencia de trabajo y si se tienen todos los recursos necesarios en campo. (Castillo, 2014, p.99)

A continuación, se muestra un ejemplo, donde se puede observar la entrega de actividades desbloqueadas después de realizar un análisis de restricciones.

Figura 9

Modelo de programación semanal de trabajo y análisis de restricciones

ACTIVIDAD	ENERO					Und	Metrado	RESTRICCIONES						Liberado										
	Sem 11-03							Información	Actividad Precedentes	Espacio	Mano de obra	Material	Equipos		Condiciones Externas									
	17	18	19	20	21											22	23							
Columnas y Placas																								
Fierro Columnas y Placas						kg	4,000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si	
Encofado Columnas y Placas						m ²	250	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si	
Concreb Columnas y Placas						m ³	23	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	No	
Losas, Vigas y Escaleras																								
Fierro Losas, Vigas y Escalera						kg	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofado Losas, Vigas y Escalera						m ²	255	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si	
Ladrillo de Techo						und	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si	
Concreb Losas, Vigas y Escalera						m ³	70	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	No	

Nota. Tal como se muestra en la figura 9, el modelo de programación semanal considera actividades que se tienen listas, liberadas y “sin restricciones” para su ejecución. Tomado de “La planificación de las obras y el sistema last planner” (Orihuela y Ulloa, 2011, p.4).

Porcentaje de plan completado. El porcentaje de plan completado (PPC) es un indicador de last planner system que se encarga de medir la efectividad de la programación al finalizar cada semana, según Guevara y Loayza (2020) establecen que el PPC “analiza el porcentaje de los avances comprometidos, que tal eficientemente se ejecutaron si se cumplieron el 100% o en qué porcentaje estamos, comparando lo planeado versus lo realmente ejecutado, considerando que cada partida se concluya según los compromisos adoptados” (p.19).

“El porcentaje del plan completado viene a ser la división de los compromisos ejecutados versus el total de compromisos programados en la semana, multiplicado por 100%” (Guevara y Loayza, 2020, p.19).

$$PPC = \frac{N^{\circ} \text{ de Compromisos Ejecutados}}{N^{\circ} \text{ Total de Compromisos}} \times 100\%$$

Esta herramienta nos sirve como retroalimentación para las futuras mejoras en las siguientes programaciones y de la misma manera para aprender de las fallas y/o errores cometidos al asignar las actividades.

Razones de no cumplimiento. Las causas de no cumplimiento (CNC) son todas aquellas razones o causas que se sobrepusieron a no culminar en un 100% con las partidas programadas del plan de trabajo semanal. Por consiguiente, determinar estas causas de no cumplimiento, nos ayudara a obtener una visión más amplia para la planificación de la próxima semana, siempre y cuando se recopilen las causas más resaltantes e importantes y se busquen la pronta solución de estas. (Guevara y Loayza, 2020, p.19).

Este indicador no tiene como objetivo encontrar culpables, sino identificar las razones y causas por las cuales no se pudieron ejecutar las actividades programadas, de manera que se puedan implementar acciones correctivas basadas en la causa raíz identificada. Es fundamental utilizar metodologías que nos ayuden a detectar la causa raíz para tomar las medidas adecuadas y lograr los resultados esperados, además de generar un listado de las causas más frecuentes de no cumplimiento, lo que nos permitirá aprender de los errores y mejorar continuamente. (Pons y Rubio, 2019, pp.61-62)

Análisis de restricciones. tiene como objetivo evaluar las condiciones necesarias para ejecutar una actividad, identificando y detallando las limitaciones que puedan impedir su realización. Este análisis debe ir acompañado de una estrategia para resolver esas restricciones a tiempo, asegurando que las actividades se lleven a cabo según lo planificado. Además, requiere que los proveedores mantengan un mayor control sobre la producción y entrega de materiales y servicios, proporcionando alertas tempranas que den tiempo suficiente para la ejecución de las tareas. Por último, los responsables de las cuadrillas deben participar en las reuniones de planificación, ya que son los más familiarizados con la situación real de sus equipos y deben tener la autoridad para informar sobre problemas o necesidades que surjan y que superen su capacidad. (Pons y Rubio, 2019, p.55)

Pons y Rubio (2019) recomienda que todas las restricciones sean registradas en una lista o registro de restricciones, las cuales se han identificado durante el desarrollo del plan intermedio. Este registro facilitará el seguimiento del progreso de cada compromiso asumido. Asimismo, se sugiere que la tabla incluya, al menos, la siguiente información:

- Identificación
- Actividad afectada
- Descripción detallada de la limitación
- Medida o compromiso para resolver la restricción
- Responsable de la eliminación de la restricción
- Fecha en que se identificó
- Fecha comprometida para la eliminación de la restricción
- Fecha real de eliminación. (p.56)

Figura 10

Modelo de análisis 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	Urbanización zona piscina. Avintia/DF/Beta Konerret (P110)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3.Cabezas.Disponibilidad/retirada de plataformas de descarga.	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 aluminio 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									

Nota. En la figura 10 se detalla un modelo de análisis de restricciones, las cuales deben ser identificadas con el equipo de producción. Adaptado de “Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last planner system” (Pons y Rubio, 2019, p.56).

3.2.8. Principales ventajas de last planner system

Tabla 7

Principales ventajas del last planner system

Principales ventajas	
1	Cumplimiento del presupuesto y reducción de costos.
2	Mejora en productividad, calidad y seguridad.
3	Reducción de los tiempos de entrega.
4	Fomento del aprendizaje y mejora continua.
5	Mejor comunicación y coordinación entre subcontratistas.
6	Eliminación de restricciones y desperdicios para generar valor.
7	Comprensión de dependencias entre subcontratistas.
8	Participación temprana de las partes involucradas.
9	Detección de mejoras en etapas iniciales.
10	Gestión efectiva de riesgos y disminución de reclamaciones.
11	Flujo de trabajo continuo y manejo de incertidumbre.
12	Impulso a la creatividad y mejora constante.
	Mayor satisfacción de clientes internos y externos.

Nota. La tabla 7 detalla las principales ventajas que nos ofrece la herramienta last planner system. Tomado de “Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last planner system” (Pons y Rubio, 2019, p.23).

3.2.9. Productividad

“La productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción” (Ghío, 2001, p.22).

Por otro lado, Serpell (2002) sostiene que:

La productividad se define como la relación entre lo que se produce y los recursos empleados para ello (recursos empleados como: materiales, mano de obra, herramientas o equipos).

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

La productividad también puede definirse como la medida de la productividad en la gestión de recursos para realizar un producto específico, dentro de un plazo determinado y cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

Figura 11

Efectividad + Eficiencia = Productividad idónea



Nota. La figura 11 esquematiza que la suma de la efectividad más la eficiencia nos da como resultado la productividad. Adaptado de "Administración de operaciones de construcción (2da Edición)" (Serpell, 2002, p.29).

El objetivo principal de todo proyecto en ejecución, es ubicarse en el cuadrante de alta productividad y alta efectividad, ya que solo en esta posición se puede alcanzar una productividad elevada. (p.29)

Figura 12

La conexión entre productividad, efectividad y productivdad



Nota. En la figura 12 podemos observar los cuadrantes que componen y delimitan el área de alta productividad. Adaptado de “Administración de operaciones de construcción (2da Edición)” (Serpell, 2002, p.30).

Tipos de productividad. Como plantea Botero y Álvarez (2004), las actividades están compuestas por recursos (materiales, fuerza laboral y equipos o maquinaria) y estas su vez conforman la productividad general del proyecto; por ende, es posible hablar de las siguientes productivdades:

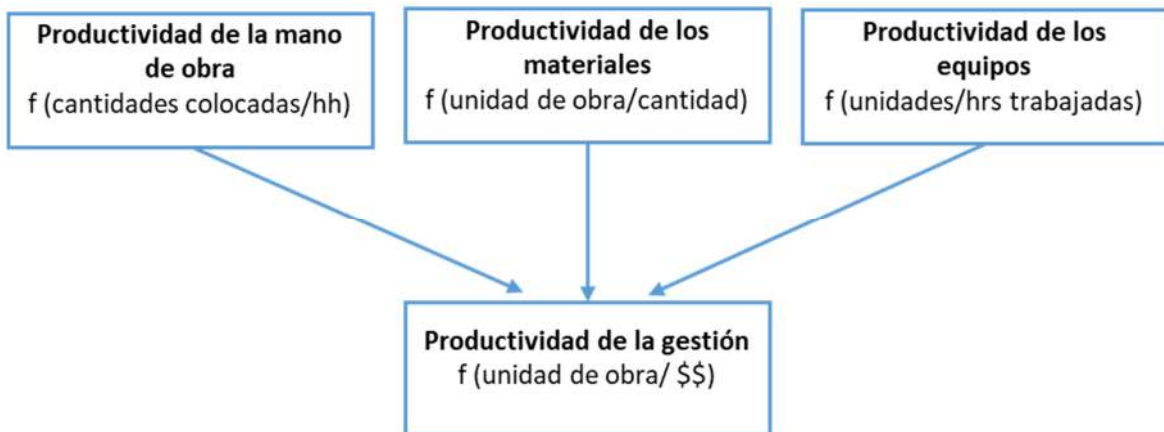
Productividad de los materiales. Los materiales son los recursos que nos ayudan a concretar las actividades, en el sector de la construcción es primordial controlar el uso (no generando pérdidas) y el costo para no llegar a sobrepasar el presupuesto asignado del proyecto.

Productividad de la mano de obra. El recurso de la mano es sin duda alguna el más considerable puesto que de él depende la productividad total de todos los recursos, el flujo del trabajo y por ende es considerado como un factor crítico a tener en cuenta.

Productividad de la maquinaria. Es crucial por el alto costo que representa alquilar los equipos; por ello, es necesario controlar las horas máquinas ejecutadas y las pérdidas que estas generan en el proyecto para ir mejorando.

Figura 13

Tipos de productividad



Nota. En la figura 13 se esquematiza de manera general los tipos de productividad del sector de la construcción. Adaptado de “Administración de operaciones de construcción (2da Edición)” (Serpell, 2002, p.32).

3.2.10. **Productividad de la mano de obra**

“La productividad de la mano de obra es cuantificar la cantidad de obra ejecutada por una cuadrilla, interpretado como una evaluación del desempeño en el proceso constructivo con respecto a una unidad de tiempo” (Mejía y Hernández, 2007, p.47).

La productividad de la mano de obra, se puede interpretar en lo siguiente:

Figura 14

Productividad de la mano de obra

$$PRODUCTIVIDAD_mano_de_obra = \frac{cantidad_de_obra}{hora - obrero}$$

$$PRODUCTIVIDAD_mano_de_obra = \frac{cantidad_de_obra}{hora - cuadrilla}$$

Nota. En la figura 14 se observa una forma de medición de la productividad de la mano de obra, teniendo en cuenta la relación entre la cantidad de obra respecto a la hora obrero o cuadrilla. Tomado de la investigación de Mejía y Hernández (2007), p.47.

Flores y Ramos (2018) destacan que, en los proyectos de construcción, la mano de obra es el factor más relevante, ya que son los trabajadores, mediante su esfuerzo físico y mental, habilidades y conocimientos, quienes convierten los recursos (materiales, herramientas, etc.) en el producto final destinado al cliente. Además, son los obreros, a través de su rendimiento, quienes establecen el ritmo de utilización de los demás recursos y, por ende, el avance general de la obra. Considerar un presupuesto para medir y mejorar la productividad no debe verse como un gasto innecesario, sino como una inversión significativa, dado que la productividad de la obra y su relación con la programación y ejecución del proyecto representa una oportunidad para mejorar tanto la productividad como la competitividad. (p.16)

3.2.11. Factores que influyen el rendimiento de la mano de obra

De acuerdo con Botero (2002), cada uno de los proyectos de construcción tienen su propia particularidad porque los profesionales a cargo toman diferentes decisiones a la hora de ejecutar según su propia experiencia, por ello existen diferentes factores que se suscitan, entre positivos y negativos que afectan directamente a la productividad. Estos se pueden agrupar en los siguientes.

Tabla 8

Factores que influyen al rendimiento de la mano de obra

Factores principales	
1	Economía general
2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Tareas
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Personal obrero

Nota. En la tabla 8 se destaca los factores principales que influyen al rendimiento de la mano de obra. Adaptado de “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción” (Botero, 2002, p.12).

Economía general. Es un factor fundamental, ya que depende del estado económico del país o la región donde se llevará a cabo el proyecto. Cuando la economía es favorable, se tiene la capacidad de contratar personal calificado (técnico y obrero) para tareas de supervisión y ejecución. Algunos aspectos a considerar incluyen: la disponibilidad del personal obrero, especialmente para actividades que requieran personal especializado (operarios, oficiales), la disponibilidad de personas que supervisan y la disponibilidad de los materiales.

Aspectos laborales. Las condiciones que otorga el proyecto a sus trabajadores son importantes porque influye directamente con su productividad; en la mayoría de los casos siempre se opta por contratar personal capacitado de la zona, pero en casos de que no se tenga la disponibilidad se tiene que contratar trabajadores de otros lugares con condiciones de pago ocasionalmente diferentes a los de la zona, en este factor algunos puntos a considerar son:

- **Tipo de contrato.** Basado en un sistema de subcontratación o en un sistema de pago por día trabajado.
- **Incentivos.** Recompensas otorgadas por el cumplimiento de las tareas asignadas.
- **Salarios o pago por tareas realizadas.** Remuneración adecuada por el trabajo ejecutado, ya sea a destajo o por salario.
- **Ambiente de trabajo.** Relaciones armoniosas entre los empleados y los superiores.
- **Seguridad social.** Cobertura de seguridad social para el trabajador y su familia.
- **Seguridad industrial.** Implementación de programas de seguridad industrial en los lugares de trabajo.

Clima. Los factores climáticos, como el estado del tiempo, la temperatura y las condiciones del suelo (afectadas por lluvias intensas), son aspectos esenciales a considerar en la obra para anticipar las condiciones durante la ejecución del proyecto.

Tareas. El grado de dificultad de las actividades a realizar, la repetición de tareas similares, la limpieza y el orden del lugar de trabajo, el tiempo disponible para completar una tarea, los recursos disponibles y el entorno general de la obra son factores que pueden impactar el rendimiento del personal obrero.

Equipamiento. La disponibilidad oportuna de equipos y herramientas, su calidad, estado general, mantenimiento y reparaciones a tiempo, influyen directamente en la productividad de la mano de obra al ejecutar las tareas del proyecto.

Supervisión. Es importante contar con personal técnico calificado y con experiencia para la supervisión, instrucción y seguimiento en la ejecución de las partidas, pues todo ello afecta notoriamente a la productividad esperada y favorece el desempeño del personal obrero.

Mano de obra. Entre los factores que influyen de manera favorable o desfavorable el desempeño del personal obrero, tenemos:

- **Conocimientos.** El grado de formación alcanzado, así como sus ganas de seguir aprendiendo, repercuten de manera favorable la productividad de su labor.
- **Habilidad.** Las habilidades que el personal obrero posee o desarrolla facilitan la ejecución de las tareas y optimizan su productividad.
- **Situación personal.** Es primordial brindarle apoyo emocional al trabajador, ya que algunos atraviesan problemas familiares y esto actúa de manera negativa en su rendimiento.
- **Actitud hacia el trabajo.** En la selección del personal se debe tener en cuenta no solo su habilidad, sino también su actitud positiva para desempeñar las actividades encomendadas.
- **Ritmo de trabajo.** Dentro de la jornada laboral se puede apreciar algunos trabajos exigentes y continuos; es por eso que, para lograr un ritmo de trabajo adecuado se debe contar con políticas sobre los descansos, esto nos ayuda de manera sustancial un normal rendimiento del trabajador en sus actividades.

3.2.12. Instrumentos de medición de la productividad de la mano de obra

Para la mejora de la productividad es necesario contar con buenas herramientas de medición, el método tradicional implica hacer un seguimiento al personal obrero, pero un método actual, confiable y conciso nos ayuda a medir y monitorear la utilización de los tiempos de trabajo, al mismo tiempo nos ayuda a eliminar los desperdicios que no generan valor al proyecto y por ende mantiene al sector de la construcción competitivo y eficiente.

Por su parte Schwartzkopf, (2004), plantea 4 métodos de medición de productividad para el sector de la construcción, los cuales se muestran a continuación:

1. **Método directo.** Se analiza de dos formas:

- a. Porcentaje avanzado.** Es un método fácil de usar, la medición se basa en medir el porcentaje de avances del proyecto por partida completada a fin de mes o semana. Por otra parte, podría generar dificultad o variaciones si en caso el evaluador mide porcentajes de partidas con avances parciales.
 - b. Cantidad física de trabajo avanzando.** Este método suele ser más minucioso porque las mediciones de los avances de obra se hacen de manera más constante. Dentro de los inconvenientes que podría generarse serían: la duplicidad por parte de los evaluadores en una misma partida y el análisis de partidas ejecutadas parcialmente.
- 2. Método de muestras de trabajo.** Es aplicado directamente al trabajador, al observar las actividades que realiza en cualquier punto de la jornada laboral. Con los datos obtenidos de las observaciones, se calcula los porcentajes de trabajos en que el personal es productivo. Los trabajos realizados son clasificados en 3 grupos, y se definen de la siguiente forma:

 - a. Trabajo directo o trabajo productivo.** “El trabajo productivo es aquel que aporta en forma directa a la producción. Ejemplo: asentar ladrillos, vaciar concreto, etc.” (Ghío, 2001, p.23).
 - b. Trabajo de soporte.** “Es el trabajo de soporte, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Ejemplo: Transporte de materiales o herramientas, desplazamientos en los puntos de trabajo, aseo, etc.” (Ghío, 2001, p.23).
 - c. Retrasos o trabajo no contributivo.** “Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor. Ejemplo: Ocio, interrupción de trabajo no autorizada, necesidades fisiológicas, etc.” (Ghío, 2001, p.23).
- 3. Método de cuestionarios.** Este método emplea cuestionarios diarios que son llenados por el personal obrero para identificar los motivos de los

retrasos, la falta de recursos (materiales, equipos o herramientas), el ambiente de trabajo, etc.; todo ello, ayuda a gestionar que el personal técnico pueda tomar acciones para minimizar y resolver los problemas suscitados en las actividades que se van ejecutando, por otro lado también es un medio para compartir las opiniones y experiencias del personal obrero, brindarles un clima laboral satisfactorio para su realización y generar aumento de la productividad.

4. Método del valor ganado. Es usado normalmente para medir la productividad, el costo y el avance de ejecución de acuerdo al cronograma de la obra. Este método considera tres valores básicos:

a. Valor planeado. Viene a ser el costo básico que se les asigna a las partidas cuando se realiza el presupuesto total del proyecto.

b. Valor ganado. Es un comparativo entre el costo presupuestado base versus el costo presupuestado de las partidas realmente ejecutadas en un momento dado.

c. Costo real. Refleja los costos reales incurridos al ejecutar las partidas durante el período determinado del proyecto.

3.3. Definición de términos

- **Lean Construction**

“Es una filosofía de gestión de mejora continua que tiene como función principal minimizar o eliminar actividades que no agregan valor y maximizar la productividad, a un menor costo, mayor calidad y con plazos de entrega más cortos” (Pons, 2014, p.27).

- **Nivel general de actividad**

“Es una herramienta estadística, que se encarga del estudio de los trabajos y movimientos de cada actividad en un sector seleccionado o en todo el proyecto” (Castillo, 2014, p.69).

- ***Carta balance***

“Es una herramienta estadística que analiza una actividad en particular, determina cómo se divide el tiempo que se dedica a cada una de las tareas dentro de la actividad escogida, indaga el procedimiento constructivo utilizado y buscar su mejora” (Castillo, 2014, p.72).

- ***Last planner system***

Es un sistema que permite al equipo prever y asegurar que todo lo necesario esté disponible para completar el trabajo, garantizando que esté listo para comenzar cuando lo indique la planificación por fases. Además, el equipo elabora un plan semanal para identificar lo que se puede hacer, lo que debe hacerse y lo que se llevará a cabo en la próxima semana. (Pons, 2014, p.57).

- ***Planificación maestra***

“Es un cronograma que identifica y plantea los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (inicio, entrega al cliente, movilización en el campo, diseño completado, revisiones gubernamentales, etc.) y su cronograma” (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE GLOSSARY, 2017, p.7).

- ***Planificación por fases***

“Es una planificación que utiliza la técnica PULL y, sugiere la programación reversa; es decir, trabajar de atrás (actividad final) hacia adelante (actividad inicial). Esto ayuda a determinar los trabajos imprescindibles para cumplir el objetivo de la fase” (Orihuela y Ulloa, 2011, p.2).

- ***Look ahead planning***

“Esta programación se encarga del control del flujo de trabajo y abarca las actividades dentro de un intervalo de tiempo de 4 o 6 semanas, lo realizan el último planificador (maestro de obra) y el equipo técnico” (Castillo, 2014, p.97).

- **Planificación semanal del trabajo**

“Es una programación que se realiza con las actividades que se tienen liberadas y “sin restricciones” donde el equipo de producción se compromete a ejecutar en la semana, dicha programación debe ir conforme a la planificación look ahead” (Castillo, 2014, p.99).

- **Porcentaje de plan completado**

“Es un indicador que analiza el porcentaje de los avances comprometidos, la productividad y si la ejecución alcanzó el 100% o en qué porcentaje estamos; compara lo planeado versus lo realmente ejecutado” (Guevara y Loayza, 2020, p.19).

- **Causas de no cumplimiento**

“Son todas aquellas razones o causas que se sobrepusieron a no culminar en un 100% con las partidas programadas del plan de trabajo semanal” (Guevara y Loayza, 2020, p.19).

- **Análisis de restricciones**

“Es un indicador que evalúa aquellas condiciones necesarias para que una actividad pueda ser ejecutada, identificando y detallando cuales son las restricciones que impidan realizarla” (Pons y Rubio, 2019, p.55).

- **Variabilidad**

“Es la ocurrencia de eventos fortuitos frente a los previstos y que se encuentran presentes en todos los proyectos y, se incrementan con la complejidad y avance de los mismos” (Flores y Ramos, 2018, p.16).

- **Productividad**

“La productividad es el cociente de la división de la producción (cantidad producida) entre los recursos (materiales, mano de obra y equipos) usados para lograr dicha producción” (Ghío, 2001, p.22).

- ***Productividad de la mano de obra***

“La productividad de la mano de obra es cuantificar la cantidad de obra ejecutada por una cuadrilla, interpretado como una evaluación del desempeño en el proceso constructivo con respecto a una unidad de tiempo” (Mejía y Hernández, 2007, p.47).

- ***Elementos estructurales***

“Es cada una de las partes diferenciadas y vinculadas entre sí, que al integrarse conforman un sistema estructural compuesto por: columnas, vigas y losas; estos elementos reciben las cargas, soportan esfuerzos transformándolos en cargas y transmitiéndolos a otros elementos” (Garza, 2020, p.9).

- ***Tabiquería***

“Es el muro el cual no tiene comportamiento estructural en una edificación, su función principal es la de dividir espacios dentro de una misma construcción, y no la de soportar o transferir cargas como los demás elementos estructurales” (Tello, 2023, p.37).

IV. Metodología

La metodología que se utiliza en cada tesis tiene como propósito proporcionar respuestas a determinadas interrogantes planteadas en el problema, así como verificar las hipótesis y alcanzar los objetivos de la misma.

Por lo tanto, en esta tesis se aplicó el método hipotético – deductivo; existen autores donde afirman que “este método consiste en la determinación de las características particulares de la realidad que se investiga haciendo uso de leyes científicas de carácter general. En otras palabras, da respuestas a problemas a través del uso de hipótesis” (Calduch, 2014, p.25).

4.1. Tipo y nivel de investigación

Para la presente tesis, el tipo de investigación es aplicada, según Vásquez et al. (2023) definen que “la investigación aplicada se origina a partir de la necesidad de solucionar problemas prácticos y mejorar las condiciones de vida de las personas en diferentes campos y sectores como son la medicina, ingeniería y educación” (p. 22).

De la misma forma, esta tesis adopta un nivel de investigación explicativo tal como afirma Hernández et al. (2014) en su libro “los estudios explicativos buscan encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos” (p.99). En otras palabras, buscan explicar por qué ocurre un acontecimiento y en qué condiciones se suscita.

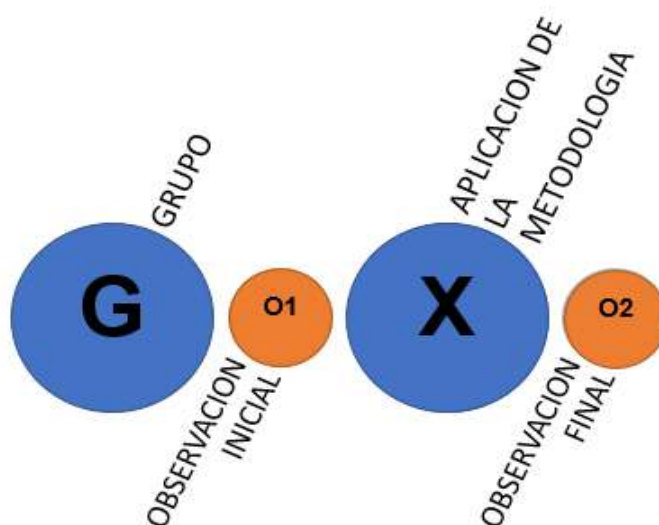
- ***Diseño de la investigación***

La tesis adopta un diseño experimental de corte preexperimental, ya que se manipula la variable independiente (la filosofía Lean Construction) en un único grupo, midiendo el estado inicial (pre test) y posterior (post test) de la variable dependiente (la productividad de la mano de obra) , tal como se ilustra en la figura 15 y es explicado por Hernández et al. (2014) , donde menciona que ese enfoque resulta útil para explorar relaciones causales, al manipular estímulos o tratamientos y medir sus efectos en las variables dependientes, permitiendo validar hipótesis de manera sistemática y controlada. Específicamente, el diseño preexperimental se emplea como un primer acercamiento al

problema, proporcionando un punto de referencia inicial para observar y analizar los cambios en las variables dependientes tras la intervención, donde se aplica un tratamiento experimental (X), a un único grupo (G) realizándose una observación inicial (O1) para medir el estado de la variable dependiente antes de la intervención y una observación final (O2) tras el tratamiento, permitiendo evaluar los cambios generados y validar hipótesis preliminares.

Figura 15

Diseño de investigación: corte pre-experimental



Nota. La figura 15 muestra el esquema de un diseño experimental con corte preexperimental, donde a un único grupo (G) se realiza una observación inicial (O1) para medir el estado de la variable dependiente antes de la intervención para luego implementar un tratamiento experimental (X), y finalmente realizar una observación final (O2) tras el tratamiento, permitiendo evaluar los cambios generados. Elaboración propia.

4.2. **Ámbito temporal y espacial**

- **Ámbito temporal**

La ejecución de esta tesis se inició luego de la aprobación del proyecto de investigación (27 de diciembre del 2023), con la finalidad de recolectar en campo todos los datos necesarios para responder nuestros objetivos de la presente tesis. El tiempo de ejecución abarca desde el mes de enero del 2024 al mes de abril del 2024.

- ***Ámbito espacial***

La tesis se realizó en el proyecto de infraestructura: Mejoramiento del servicio educativo nivel inicial N°92 Reyna de los Ángeles en la ciudad de Abancay, provincia de Abancay del departamento de Apurímac.

4.3. Población y muestra

- ***Población***

Para Hernández et al. (2014) la población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, básicamente es el universo conformado por todos los elementos de estudio” (p.174).

La población de esta tesis está conformada por 27 obreros, tal como se muestra en el anexo N°6, los cuales ejecutaron las partidas de los elementos estructurales y tabiquería del proyecto: “Mejoramiento del servicio educativo nivel inicial N°92 Reyna de los Ángeles del distrito de Abancay, provincia de Abancay -departamento de Apurímac”.

- ***Muestra***

Hernández et al. (2014) definen la muestra “como un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (p.173).

La muestra para la presente tesis fue del tipo no probabilístico censal, ya que se decidió trabajar con la totalidad de la población siendo los 27 obreros que conformaban las actividades de elementos estructurales y tabiquería del proyecto: “Mejoramiento del servicio educativo nivel inicial N°92 Reyna de los Ángeles del distrito de Abancay, provincia de Abancay -departamento de Apurímac”, lo que nos permitió obtener resultados más precisos de la población en estudio, la muestra se encuentra detallada en el anexo N°6.

Tal como afirma Hernández et al. (2014), “las muestras no probabilísticas pueden también llamarse muestras dirigidas, pues la elección de casos depende del criterio del investigador” (p.189). Asimismo, Arias y Covinos (2021) definen el muestreo intencional

censal, como el muestreo donde los criterios de selección se basan en el juicio del investigador (p.117). Para este caso específico, se hizo la elección de la totalidad de la población, puesto que fue accesible recoger la información de todos los trabajadores al ser un tamaño pequeño.

4.4. Instrumentos

En el presente trabajo de tesis con enfoque cuantitativo se usó como técnicas de recopilación a la ficha de recolección de datos que se aplicó en un antes (pre test) y un después (post test) de la implementación de la filosofía, básicamente se usó la técnica de observación en la variable dependiente, el cual fue manipulada mediante la implementación de la filosofía Lean Construction. Tal como estipula Hernández, et al. (2014) la técnica de observación consiste en registrar de manera organizada y confiable los comportamientos y situaciones observables mediante categorías específicas. (p.252)

El instrumento utilizado para esta tesis, fueron las herramientas que propone Lean Construction como nivel general de actividad, carta balance, last planner system el cual fue sistematizado mediante hojas de cálculo Excel y cámaras fotográficas, todo ello con el único propósito de alcanzar nuestros objetivos planteados.

4.5. Procedimientos

El procedimiento para la recolección de datos que se siguió para la implementación de la filosofía Lean Construction en este proyecto, partió desde las coordinaciones que se realizó con el sub gerente de obras del gobierno regional de Apurímac, la residente y el supervisor de la obra, quienes nos dieron el acceso para poder realizar esta tesis. En el anexo N°3, se podrá evidenciar los permisos solicitados a la parte técnica del proyecto.

La recopilación de información se realizó a través de la técnica de ficha de recolección de datos, los cuáles nos permitieron obtener datos antes y después de la implementación de la filosofía Lean Construction.

Tabla 9

Bloque I cuenta con 2 niveles; la forma en cómo se realizó la recolección de datos fue de la siguiente manera:

Nivel 1	Implementación de la Filosofía Lean Construction	Nivel 2
Antes		Después

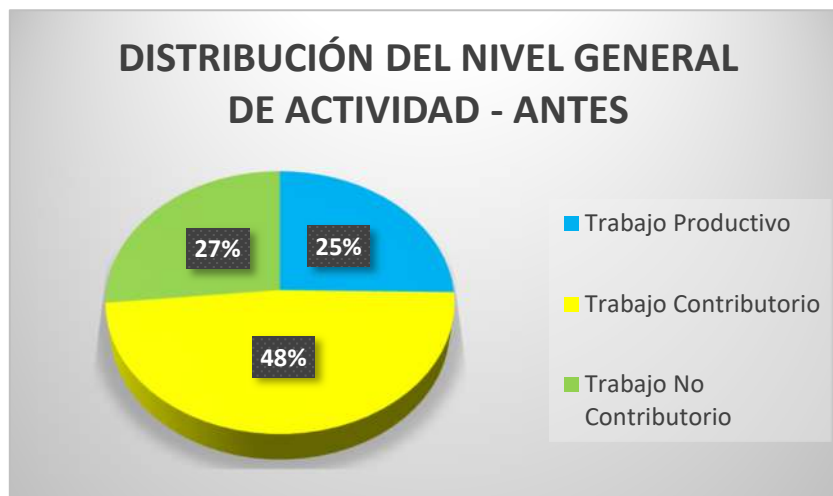
Nota. En la tabla 9 se pretende esquematizar la forma en que se realizó la implementación de la filosofía Lean Construction, en principio en el nivel 1 se recolectó datos antes de la implementación, luego se procedió a realizar mejoras en los trabajos que no generaban valor y por último se volvió a tomar datos en el nivel 2 obteniendo de ello datos del después de dicha implementación. Elaboración propia.

Dicha recolección de datos se realizó en un período de 11 semanas de lunes a sábado dentro de los horarios del jornal diario del personal obrero.

Para la presente tesis con enfoque cuantitativo y con un diseño experimental con corte pre- experimental, primero se procedió a tomar datos antes de la implementación mediante la herramienta nivel general de actividad conformada por todas las actividades que se estaban ejecutando en el momento y la herramienta carta balance conformada por partidas específicas como: acero, encofrado y concreto en elementos estructurales, columnetas, viguetas y asentado de muros de albañilería, todo ello con la finalidad de saber la situación actual en la que se encontraba el proyecto, con esto se pudo corroborar que la variable dependiente denominada productividad de la mano de obra efectivamente se encontraba baja; por ello, a través de un listado se dio a conocer las observaciones puntuales que se obtuvieron de dicha recolección de datos.

Figura 16

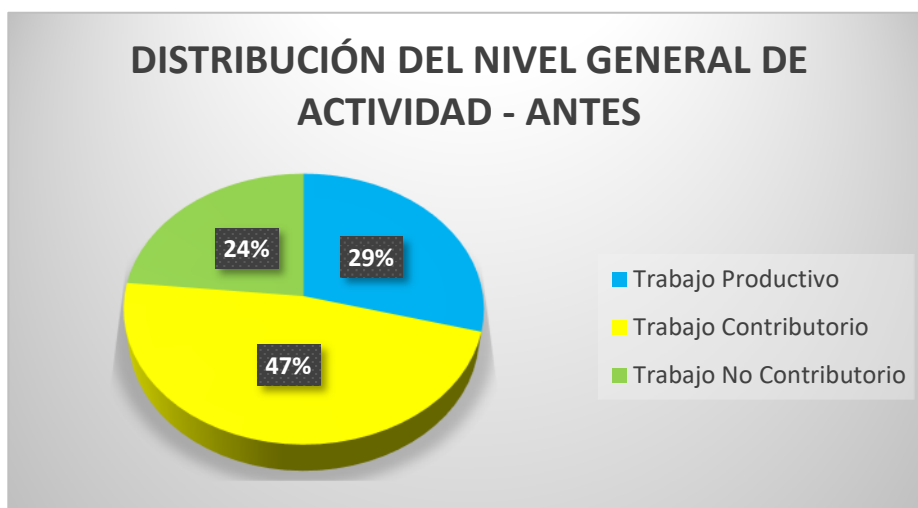
Gráfico pastel de los porcentajes de trabajos en los elementos estructurales antes de la implementación



Nota. Tal como se muestra en la figura 16, el gráfico pastel nos muestra los porcentajes de trabajos obtenidos en los elementos estructurales y como dato importante para la tesis tenemos un promedio de 25% de trabajo productivo antes de la implementación. Elaboración propia.

Figura 17

Gráfico pastel de los porcentajes de trabajos en la tabiquería antes de la implementación



Nota. Tal como se muestra en la figura 17, el gráfico pastel nos muestra los porcentajes de trabajos obtenidos en la tabiquería y como dato importante para la tesis tenemos un promedio de 29% de trabajo productivo antes de la implementación. Elaboración propia.

Tabla 10*Listado de observaciones*

Observaciones:	
1	Cuadrillas indefinidas (cambio constante del personal obrero)
2	Frente de trabajo sin ritmo constante (depender de las partidas predecesoras)
3	Inadecuada coordinación de trabajo (indicaciones fuera de tiempo)
4	Trabajos rehechos por procesos constructivos deficientes
5	Carencia de puntos estratégicos de almacenaje de materiales
6	Espacios inadecuados de almacenaje de desperdicios (orden y limpieza)
7	Demoras en el desplazamiento del personal obrero hacia su área de trabajo
8	Demoras en el llenado del análisis de trabajo seguro (ATS)

Nota. Según los datos obtenidos en campo, se realizó un listado de observaciones que se muestra en la tabla 10, los cuales afectan directamente a la productividad de la mano de obra. Elaboración propia.

Al tener como base este primer análisis, se procedió con la aplicación de la filosofía Lean Construction, se inició dando charlas informativas para que tanto la parte técnica como el personal obrero conozcan de esta forma de que se trata esta filosofía; por ende, se hizo hincapié en los conceptos más básicos y principales que eran necesarios abordar y conocer.

Figura 18

Charla informativa al personal técnico y obrero



Nota. En la figura 18 se logra apreciar a ambos bachilleres dando la charla introductoria respecto a la filosofía Lean Construction. Elaboración propia.

Asimismo, al identificar las actividades que no generaban valor dentro de las partidas específicas antes mencionadas, se instruyó cuadrilla por cuadrilla los procesos constructivos correctos para su mejor ejecución.

Figura 19

Charla de procesos constructivos al personal obrero



Nota. En la figura 19 se encuentra el bachiller Alex dando charla informativa a todas las cuadrillas, basado en los procesos constructivos para su correcta ejecución. Elaboración propia.

Figura 20

Verificación de los procesos constructivos en la tabiquería



Nota. En la figura 20 se muestra a la bachiller Marianne verificando la ejecución del asentado de ladrillos. Elaboración propia.

Por otro lado, paralelamente a ello se estuvo realizando el look ahead y el plan semanal según la secuencia de actividades ejecutadas en obra, se obtuvo un total de 11 semanas planificadas de las cuales 5 semanas le pertenecen a los elementos estructurales y 6 semanas a la tabiquería, esto con la finalidad de realizar un seguimiento de control de las partidas ejecutadas semana tras semana y ver los indicadores de PPC y análisis de no cumplimiento si en caso lo ameritaba.

Finalmente se procedió a tomar nuevamente datos para ver el después de la implementación de la filosofía Lean Construction; al obtener los datos del antes y después de la implementación, se procedió con consolidar todos los datos en un Excel ordenados según corresponda para luego trasladar al software SPSS v. 26, los resultados procesados se muestran desde la página 92 con la prueba de hipótesis.

- ***Recolección de datos en campo con la herramienta nivel general de actividad para la medición de la productividad de la mano de obra***
 - a. **Herramientas utilizadas:**
 - Útiles de escritorio
 - Formato Excel del nivel general de actividad
 - b. **Procedimiento.** La obtención de datos mediante la herramienta nivel general de actividad para evaluar la productividad de la mano de obra se realizó de la siguiente manera:
 - Primeramente, se identificaron todas las actividades que se estaban ejecutando según la programación de obra; de la misma forma se pudo definir las actividades que conformarían los trabajos

productivos, contributorios y no contributorios de las secciones a evaluar.

- Luego de obtener toda la información necesaria, se pudo adaptar el formato Excel del nivel general de actividad para este proyecto.
- Ambos tesisistas se colocaron en diferentes puntos estratégicos donde se podía observar la mayor parte de las actividades que el personal obrero se encontraba realizando, con ello se comenzó a llenar el formato Excel del nivel general de actividad.
- Para el llenado de este formato se ha considerado las siglas asignadas de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios. Asimismo, se tomó 200 muestras por tesisista y al consolidarlo se obtuvo un total de 400 muestras por día superando de este modo la recomendación de Serpell (1993) que se muestra en la página 31.

Figura 21

Llenado del formato del nivel general de actividad en el bloque I- primer nivel



Nota. En la figura 21 se observa al bachiller Alex tomando los datos en campo en el bloque I correspondiente a la ejecución de las partidas acero y encofrado de los elementos estructurales del primer nivel. Elaboración propia.

Figura 22

Llenado del formato del nivel general de actividad en el bloque I- segundo nivel



Nota. En la figura 22 se muestra a la bachiller Marianne tomando los datos en campo en el bloque I correspondiente a la ejecución de las partidas que componen a la losa del primer nivel. Elaboración propia.

- c. Toma de datos.** En los anexos N°4 se presentan los formatos llenados que se obtuvieron en campo, es necesario precisar que las actividades que se consideraron son exactamente las partidas que componen a los elementos estructurales y tabiquería del proyecto.

Tabla 11

Porcentajes de trabajos productivos obtenidos con la herramienta nivel general de actividad

N° de muestras	Descripción	Antes (TP)	Después (TP)	Diferencia
1		21.50%	44.25%	-22.75%
2		23.00%	46.25%	-23.25%
3	Elementos	26.25%	44.75%	-18.50%
4	estructurales	26.75%	47.25%	-20.50%
5		28.75%	44.00%	-15.25%

6		26.75%	45.00%	-18.25%
7	Tabiquería	29.00%	45.50%	-16.50%
8		31.75%	46.50%	-14.75%

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 11 se muestra el proceso de recolección en campo con la herramienta nivel general de actividad en los elementos estructurales, se logró obtener un antes y después de la implementación, con porcentajes de trabajos productivos (TP) que oscilan entre 21.50% al 28.75% y un 44.00% al 47.25% respectivamente; de la misma forma en la tabiquería se obtuvo un antes y después de la implementación con porcentajes de trabajos productivos (TP) que oscilan entre 26.75% al 31.75% y un 45.00% al 46.50% respectivamente.

- ***Recolección de datos en campo con la herramienta carta balance para la medición de la productividad de la mano de obra***

- a. **Herramientas utilizadas:**

- Útiles de escritorio
- Formato Excel de carta balance

- b. **Procedimiento.** La recolección de datos con la herramienta carta balance para la medición de la productividad de la mano de obra se realizó de la siguiente manera:

- Inicialmente, se identificaron las partidas que componen a los elementos estructurales y tabiquería del proyecto, después de ello se pudo definir las actividades que conformarían los trabajos productivos, contributorios y no contributorios de cada partida en estudio.
- Después de obtener toda la información necesaria, se logró adaptar el formato Excel de carta balance para este proyecto.

- Los dos tesisistas se pusieron en diferentes puntos estratégicos dónde se podía observar y realizar las anotaciones de las actividades que realizaba el personal obrero según las partidas en estudio, con ello se comenzó a llenar el formato Excel de carta balance.
- Para el llenado de este formato se tuvo en consideración las siglas asignadas en los trabajos productivos, contributorios y no contributorios que conformaban las partidas por evaluar y la composición de las cuadrillas. La toma de datos se realizó alrededor de 40 minutos por cada actividad ejecutada en el día.

Figura 23

Llenado del formato de carta balance en el bloque I- primer nivel



Nota. En la figura 23 se observa a la bachiller Marianne tomando los datos en campo en el bloque I correspondiente a la ejecución de las partidas de concreto en columnas y placas del primer nivel. Elaboración propia.

Figura 24

Llenado del formato de carta balance en el bloque I- segundo nivel



Nota. En la figura 24 se contempla al bachiller Alex tomando los datos en campo en el bloque I correspondiente a la ejecución de la partida de encofrado de las columnas del segundo nivel. Elaboración propia.

- c. Toma de datos.** Los formatos llenados que se obtuvieron en campo, se pueden apreciar en los anexos N°4, es necesario recalcar que las actividades que se consideraron son exactamente las partidas que componen a los elementos estructurales y tabiquería del proyecto.

Dimensiones estructurales:

Tabla 12

Dimensiones de los elementos estructurales y tabiquería

Componentes	Descripción	Dimensiones		
		a	b	
Elementos estructurales	Columnas	C-01	25	50
		C-02	35	60
		C-03	40	60
		C-04	40	25
		C-05	25	60
	Placas	PL-01	100x50	25
	Vigas	VP-01	25	60
		VCH-02	20	40
	Losas	L	20	
	Tabiquería	Columnetas	CV	15
15				25
Muros de albañilería		SOGA	variable	variable
		e=15cm		
		CABEZA	variable	variable
	e=25cm			

Nota. La tabla 12 conformada por las partidas, nomenclaturas y dimensiones corresponden a los elementos estructurales y la tabiquería del bloque I las cuales se encuentran estipuladas en los planos de expediente técnico del proyecto. Elaboración propia.

Tabla 13

Porcentajes de trabajos productivos obtenidos con la herramienta carta balance

Partidas	Tipo de elemento	Acero		Encofrado		Concreto		Ladrillo		Asentado de cabeza		Asentado de soga	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Elementos estructurales													
Columnas	1	25.63%	45.00%	28.44%	42.50%	28.75%	43.33%						
	2	26.25%	44.38%	29.38%	43.13%	28.75%	43.33%						
	3	24.38%	42.50%	27.19%	42.81%	28.75%	43.33%						
	4	28.75%	43.75%	26.25%	43.75%	28.75%	43.33%						
	5	25.00%	43.13%	28.13%	43.44%	28.75%	43.33%						
Placas	1	26.88%	45.63%	25.94%	44.06%	28.75%	43.33%						
Vigas	1	28.13%	44.30%	27.81%	45.00%	30.83%	45.83%						
	2	27.50%	46.88%	29.06%	41.88%	30.83%	45.83%						
Losas	1	29.38%	46.25%	30.31%	44.38%	30.83%	45.83%	30.00%	44.38%				
Tabiquería													
Columnetas y viguetas	1	30.63%	47.50%	26.88%	45.94%	27.19%	41.47%						
	2	31.88%	49.38%	26.25%	46.56%	27.88%	41.24%						
	3	32.50%	50.00%	27.50%	46.25%	26.73%	42.40%						
	4	29.38%	45.63%	27.19%	45.63%	27.65%	42.17%						
Muros de albañilería	1									29.17%	47.08%	30.83%	48.33%
	2									31.67%	48.75%	31.25%	46.67%
	3									33.33%	46.25%	32.50%	47.92%
	4									34.17%	47.50%	32.08%	49.17%

Nota. En la tabla 13 se muestra las partidas y la tipología de los elementos estructurales y de la tabiquería y se observa los porcentajes que se obtuvieron en campo con la herramienta carta balance antes y después de la implementación. Elaboración propia.

- ***Recolección de datos en campo con la herramienta last planner system para la medición de la productividad de la mano de obra***

a. Herramientas utilizadas:

- Rollo de ploter
- Posits de colores
- Plumones
- Formato Excel de look ahead
- Planos del proyecto

b. Procedimiento. La recolección de datos con la herramienta last planner system para la medición de la productividad de la mano de obra se realizó de la siguiente manera:

- En principio, se realizó una reunión con la participación de la parte técnica del proyecto con el fin de darles a conocer los conceptos básicos y claros correspondientes a la implementación de la tesis.
- Para la elaboración de este look ahead con una proyección de 4 semanas, se realizaron reuniones con la parte técnica y con los últimos planificadores, puesto que su opinión era sumamente relevante en este proceso.
- Posteriormente, los tesisistas realizaron un big room planning dónde se podía apreciar un cuadro detallado de las partidas en estudio según sus rendimientos y metrados, la sectorización y la programación de look ahead (4 semanas). Esto para que todos los involucrados del proyecto puedan observar de manera más objetiva y real la programación semanal del proyecto.
- Para el control de la ejecución de tareas se tomó registro de las limitaciones que se presentaron en las 4 semanas inicialmente programadas y así sucesivamente.

- Finalmente, de acuerdo con la ejecución de las partidas por parte del personal obrero y junto con las restricciones registradas se pudo realizar el control de esta herramienta a través de sus indicadores PPC y análisis de no cumplimiento.

Figura 25

Big room planning – sectorización y tren de actividades



Nota. En la figura 25 se observa al bachiller Alex implementando la sala de producción acorde con la filosofía Lean Construction. Elaboración propia.

Figura 26

Big room planning – last planner system look ahead



Nota. En la figura 26 se muestra la sala de producción mostrando el look ahead de la herramienta last planner system. Elaboración propia.

Figura 27

Big room planning – last planner system look ahead



Nota. En la figura 27, se logra ver a los bachilleres realizando el seguimiento del look ahead semanal a la parte técnica del proyecto. Elaboración propia.

c. Toma de datos. La programación total del look ahead abordó 11 semanas de las cuales 5 semanas le pertenecen a los elementos estructurales y 6 semanas a tabiquería, en el anexo N°4 se muestra las programaciones semanales, el PPC y las restricciones que se presentaron durante este tiempo de recolección.

- ***Características principales del proyecto***

Datos generales:

Proyecto: "Mejoramiento y ampliación del servicio educativo del nivel inicial N°92 - Reyna de los Ángeles de la provincia de Abancay - departamento de Apurímac", CUI: N° 2507785"

Unidad ejecutora: Gobierno regional de Apurímac

Ubicación política:

- Sector: Patibamba
- Distrito: Abancay
- Provincia: Abancay

- Región: Apurímac

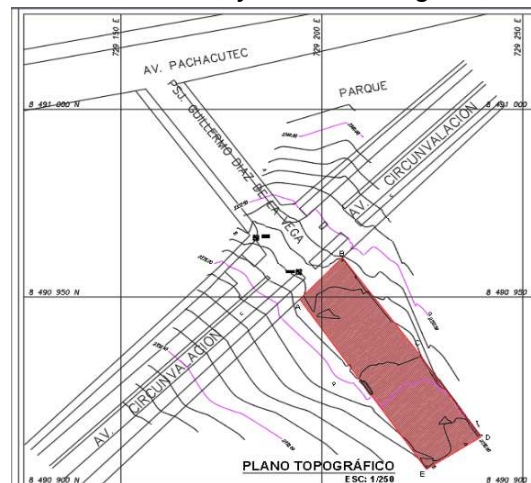
Costo total del proyecto: S/. 5,377,518.39 soles

Modalidad de ejecución: Administración directa

Tiempo de ejecución del proyecto: 06 meses

Figura 28

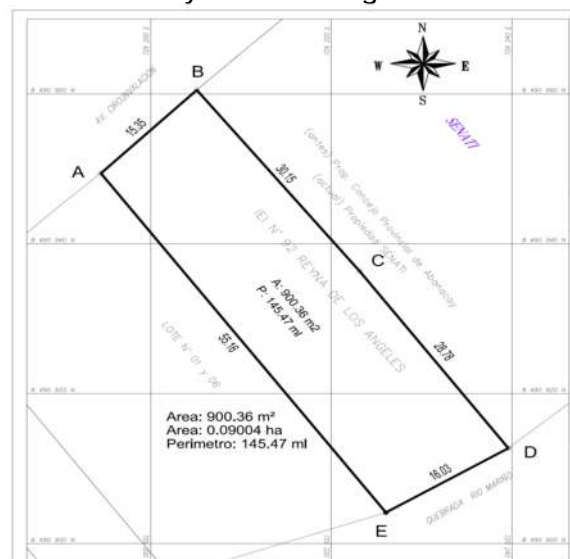
Plano de localización – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles



Nota. En la figura 28 se muestra el plano de localización de la institución educativa inicial con sus respectivas coordenadas. Tomado del expediente técnico, mayo del 2023.

Figura 29

Plano perimétrico – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles



Nota. En la figura 29 se muestra el plano perimétrico de la institución educativa inicial conformada por los vértices A, B, C, D y E, con un área total de 900.36 m². Tomado del expediente técnico, mayo del 2023.

Figura 30

Fachada – I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles



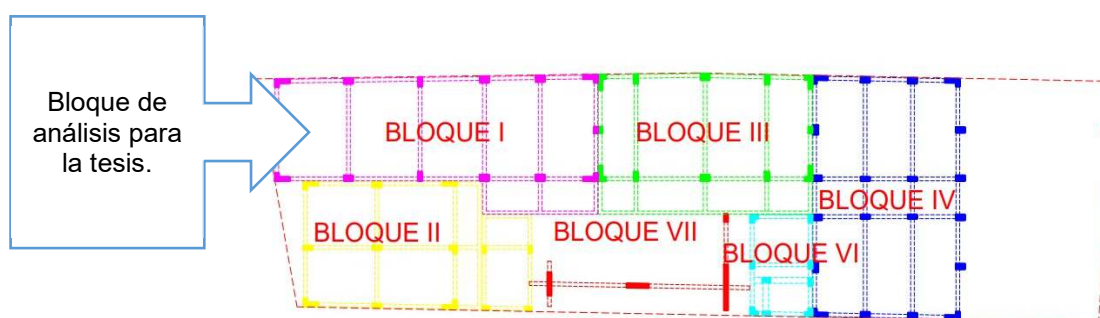
Nota. En la figura 30 se muestra la fachada en 3D de la institución educativa inicial. Tomado del expediente técnico, mayo del 2023.

Bloque a intervenir: Bloque I

Área del bloque I: 152.55 m²

Figura 31

Distribución de los bloques del proyecto



Nota. Tal como se muestra en la figura 31, la institución educativa inicial está compuesto por 6 bloques, de los cuales para el desarrollo de esta tesis se analizó el bloque I conformado por 2 niveles. Elaboración propia.

Componentes. Contiene los siguientes ambientes y diseños:

Primer nivel

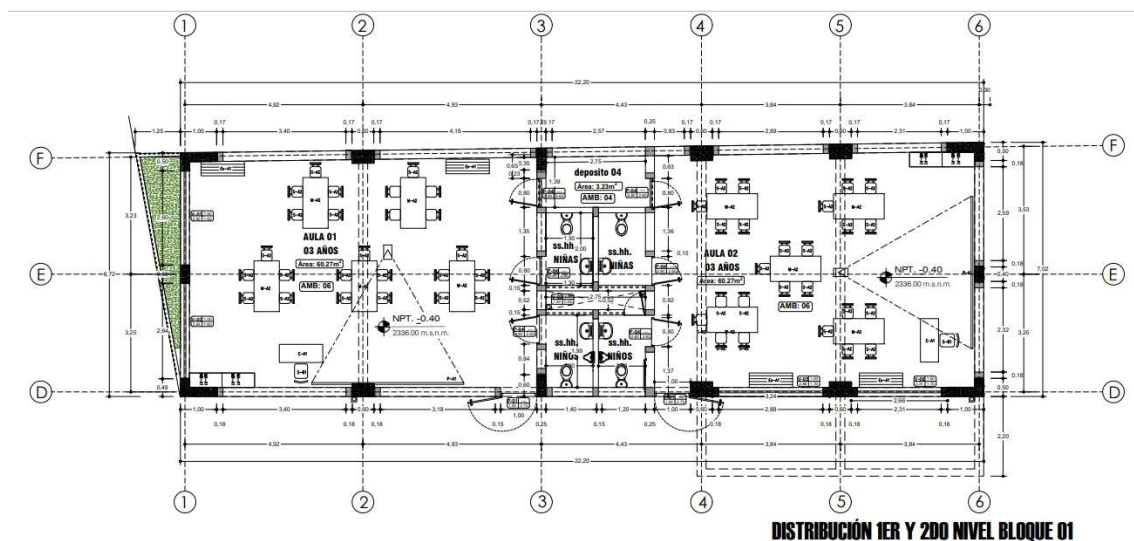
- 02 aulas de 3 años
- 02 SS. HH para niños diferenciados V/M.
- 01 depósito para material educativo

Segundo nivel

- 02 aulas de 5 años
- 02 SS. HH para niños diferenciados V/M.
- 01 depósito para material educativo
- Parte de la galería de circulación

Figura 32

Plano de distribución del bloque I, I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles

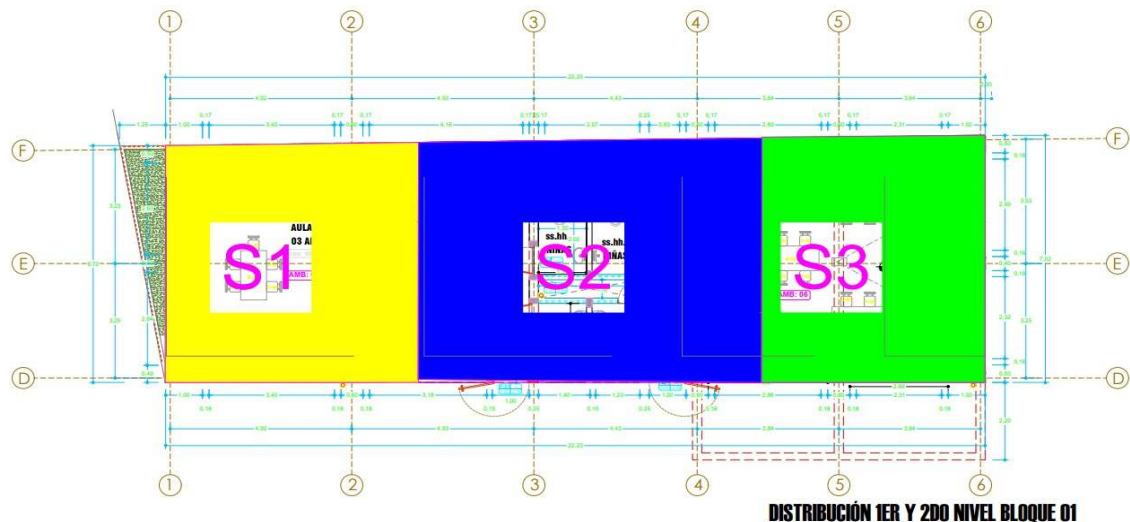


Nota. En la figura 32 se muestra el plano de distribución del bloque I de la institución educativa inicial con sus respectivos componentes en ambos niveles. Tomado del expediente técnico, mayo del 2023.

Sectorización del bloque I:

Figura 33

Sectorización del bloque I, I.E.I. N°92 – Reyna de los Ángeles



Nota. La figura 33 muestra la sectorización del bloque I conformado por 3 sectores, siendo el sector 1 (S1) de color amarillo, el sector 2 (S2) de color azul y el sector 3 (S3) de color verde. Elaboración propia.

Tabla 14

Sectorización de áreas del bloque I

SECTORIZACIÓN	
SECTOR	m ²
S1	46.40
S2	63.58
S3	42.57
TOTAL	152.55

Nota. La sectorización que se realizó en el bloque I se compone por tres sectores con sus respectivas áreas, según se detalla en la tabla 14. Elaboración propia.

4.6. Análisis de datos

Los datos utilizados en esta tesis fueron recolectados de acuerdo con los protocolos establecidos por ambos tesisistas, asegurando un enfoque sistemático y riguroso. El procedimiento estadístico se llevó a cabo utilizando la herramienta Excel, que permitió procesar y organizar los datos en tablas y diagramas para su posterior análisis. Esta metodología facilitó la visualización de patrones y tendencias relevantes dentro de los datos. Los datos estadísticos obtenidos han sido empleados para contrastar y validar la hipótesis planteada, sin embargo, antes de ello se comprobó la distribución normal de las variables, esto con el fin de saber el tipo de pruebas paramétricas o no paramétricas se iban a utilizar, a través del estadístico Shapiro Wilk, se encontró la prueba de normalidad de los datos detallado en el anexo N°5, ajustándose a la naturaleza de la tesis y proporcionando una base sólida para las conclusiones. Además, se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas y comparativas para evaluar la diferencia entre las variables, haciendo uso de la prueba paramétrica T-Student para muestras relacionadas, donde se contrastó la hipótesis planteada, ello permitió una interpretación más precisa de los resultados y contribuyó a la robustez de los hallazgos.

4.7. Consideraciones éticas

Teniendo en cuenta a Salazar et al. (2018) definen a las consideraciones éticas como: La habilidad de todo ser humano para desarrollar temas investigativos, se ha incrementado con el paso del tiempo, esto se debe a la naturaleza del mismo por indagar y adquirir nuevos conocimientos de diversos temas que despiertan curiosidad del individuo. A través de los años los diferentes trabajos investigativos se han ido escribiendo, guardando y publicando, para que otras personas interesadas en el mismo tema consigan extraer información de los mismos.

La investigación ética es muy primordial para los científicos puesto que realiza su estudio al no ser considerado como una externalidad negativa que afecta a la sociedad. La

ética debe estar necesariamente presente en los investigadores y debe ser observada mediante los estilos normativos de citación y referencia. (p.309)

La redacción de esta tesis, se llevó a cabo respetando los reglamentos, los instructivos, las normas, la ética y la educación de todos los individuos involucrados que ha formado parte de la fase de recolección de información; por ello, se tomó en consideración los deberes del investigador que se encuentran expuestos en el reglamento del comité de ética de investigación V0.4 en el capítulo I, artículo 11°, los cuales son:

- Respetar los principios éticos de la investigación expresados en el presente reglamento.
- Actuar con responsabilidad, honestidad, rigurosidad científica y transparencia en todo el proceso investigativo.
- Respetar la dignidad humana, la identidad, la diversidad, la libertad, el derecho a la autodeterminación informativa, la confidencialidad y la privacidad de las personas involucradas en el proceso de investigación.
- Implementar mecanismos de protección apropiados para garantizar los derechos y el bienestar de las personas, animales y ecosistema involucrados en la investigación.
- Tratar con sigilo la información obtenida y no utilizarla para el lucro personal.
- Orientar la búsqueda y aplicación de su conocimiento en asuntos de trascendencia social, económica, política, tecnológica o científica.
- Estar siempre dispuestos a compartir sus conocimientos y su experiencia investigativa con toda la comunidad universitaria.
- Cumplir con la legislación nacional e internacional vigentes en materia de investigación.
- Tener capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios y multidisciplinarios en el marco del respeto de la integridad profesional e interinstitucional.

V. Resultados y discusión

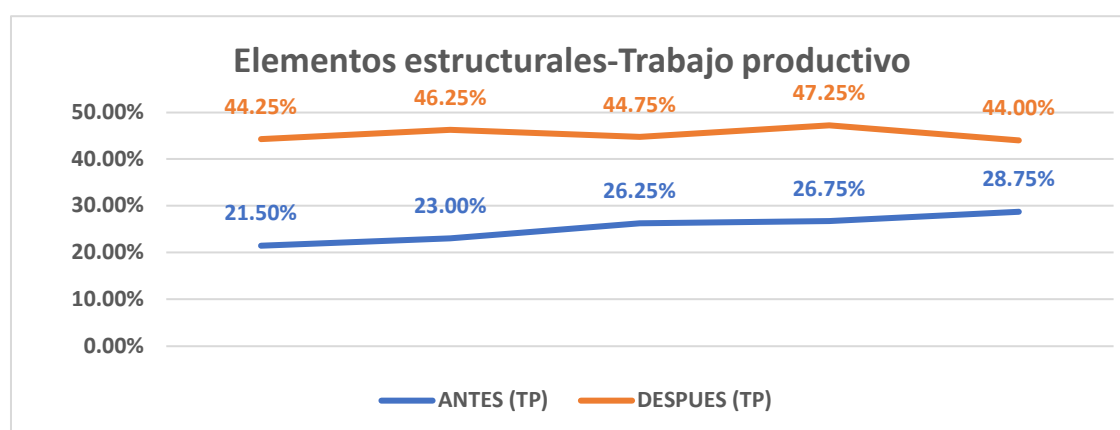
5.1. Resultados

- **Objetivo específico 1:**

Emplear la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Figura 34

Trabajo productivo en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad

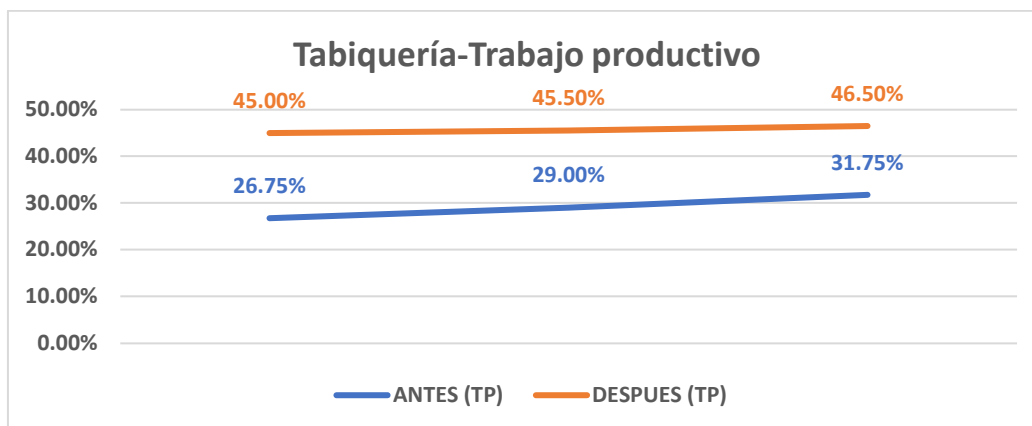


Nota. TP: Trabajo productivo. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

En la figura 34, se muestra los trabajos productivos de la mano de obra que conforma las cuadrillas de las partidas de los elementos estructurales en un antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad, de esa manera, se observa que la línea azul representa el antes con valores entre 21.50% y 28.75% y que la línea naranja representa el después de la implementación con valores superiores al antes los cuales van desde el 44.00% al 47.25%, esta diferencia se comprobará bajo una prueba de hipótesis la cual se muestra en la página 93.

Figura 35

Trabajo productivo en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad



Nota. TP: Trabajo productivo. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 35 donde se muestra los trabajos productivos de la mano de obra que conforma las cuadrillas de las partidas de la tabiquería en un antes y después de la implementación de la herramienta nivel general de actividad, se observa que la línea azul representa el antes con valores que oscilan entre 26.75% y 31.75% y que la línea naranja representa el después de la implementación con valores superiores al antes los cuales van desde 45.00% hasta 46.50%, esta diferencia se comprobará bajo una prueba de hipótesis la cual se muestra en la página 93.

- **Objetivo específico 2:**

Emplear la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Figura 36

Porcentajes de trabajo productivo en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta carta balance en los diferentes procesos constructivos



Nota. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

En la figura 36, se muestran los porcentajes de trabajo productivo en los diferentes procesos constructivos, antes y luego de la implementación de la herramienta carta balance, de esa forma, se denota en los elementos estructurales en la línea de color azul un antes (obtenido del nivel 1) con porcentajes que van desde hasta 24.38% a un 30.83%, de la misma manera en la línea de color naranja se tiene un después (obtenido del nivel 2) donde se observa un aumento en los porcentajes de trabajo productivo que oscilan entre 41.88% al 46.88%. Sin embargo, se demostrará bajo pruebas inferenciales dicha diferencia que se muestra en la página 95.

Figura 37

Porcentajes de trabajo productivo en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta carta balance en los diferentes procesos constructivos



Nota. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

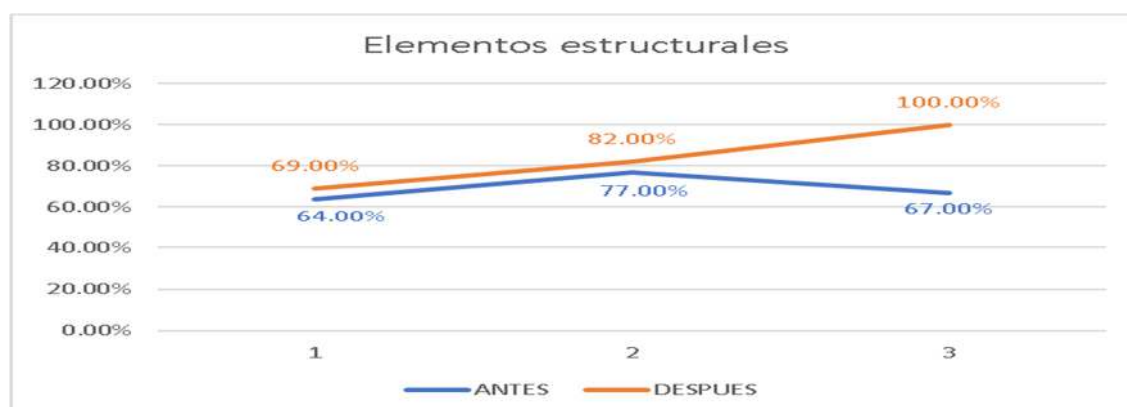
En la figura 37, se muestran los porcentajes de trabajo productivo en los diferentes procesos constructivos, antes y luego de la implementación de la herramienta carta balance, de esa manera, se tiene en la tabiquería en la línea de color azul un antes (obtenido del nivel 1) con porcentajes que van desde hasta 26.25% a un 34.17%, de la misma forma en la línea de color naranja se tiene un después (obtenido del nivel 2) donde se observa un aumento en los porcentajes de trabajo productivo que oscilan entre 41.24% al 50.00%. Sin embargo, se demostrará bajo pruebas inferenciales dicha diferencia que se muestra en la página 95.

- **Objetivo específico 3:**

Emplear la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Figura 38

Porcentajes de las actividades cumplidas en los elementos estructurales antes y después de la implementación de la herramienta last planner system

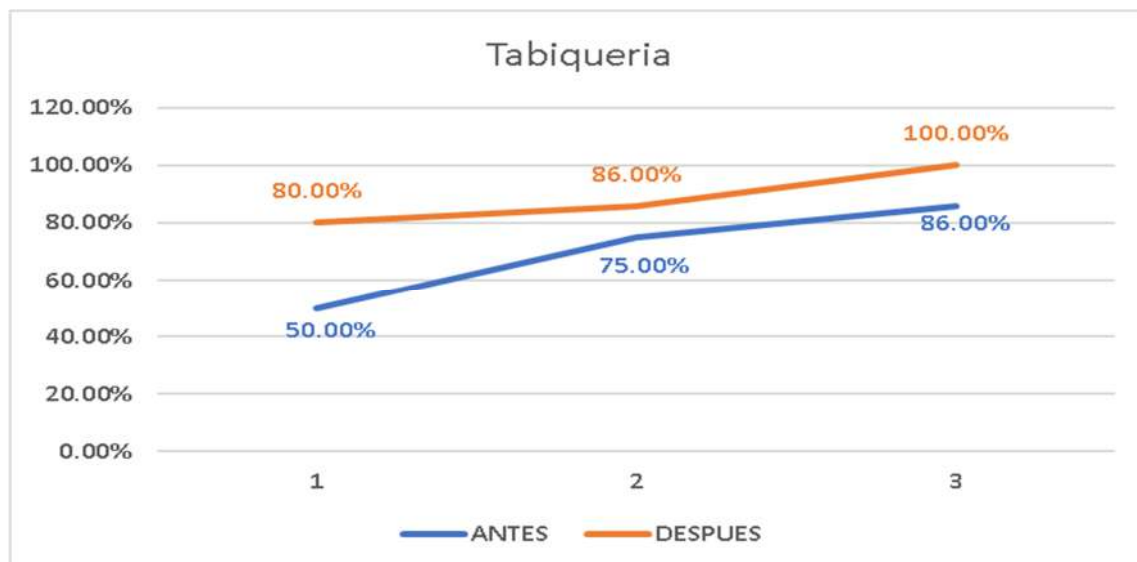


Nota. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura 38, los porcentajes de actividades cumplidas antes y luego de la implementación de la herramienta last planner system, donde se observa que en los elementos estructurales los porcentajes obtenidos antes de la implementación (línea de color azul) oscilan entre un 64.00% hasta un 77% y se aprecia aumentó considerablemente después del uso de la herramienta (línea de color naranja) los cuales van de un 69.00% a un 100%. De esta manera, se lleva a tener una idea de que la implementación de la herramienta tiene un efecto positivo en la mejora de la productividad de la mano de obra, sin embargo, dicha afirmación se logrará esclarecer con las pruebas de hipótesis que se detalla en la página 97.

Figura 39

Porcentajes de las actividades cumplidas en la tabiquería antes y después de la implementación de la herramienta last planner system



Nota. El eje X representa el número de semanas. Elaboración propia.

En la figura 39 se observa los porcentajes de actividades cumplidas antes y luego de la implementación de la herramienta last planner system, viéndose los porcentajes obtenidos de la tabiquería antes de la implementación (línea de color azul) que se encuentran entre un 50.00% hasta un 86% y se logra un aumento considerablemente después del uso de la herramienta (línea de color naranja) los cuales están entre un 80.00% a un 100%. De esta forma, se podría afirmar que la implementación de la herramienta tiene un efecto positivo en la mejora de la productividad de la mano de obra, sin embargo, dicha afirmación se logrará esclarecer con las pruebas de hipótesis que se detalla en la página 97.

- **Objetivo general:**

Demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Respecto a los análisis obtenidos de los objetivos específicos de esta tesis se logra corroborar que aplicando las herramientas de Lean Construction como son nivel general de actividad, carta balance y last planner system se observa que tanto en los elementos estructurales y en tabiquería hay una diferencia sustancial, puesto que los trabajos productivos después de la implementación aumentaron significativamente en ambos casos y es así como se logra demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023, dicha afirmación se esclarecerá con el contraste de las hipótesis que se muestran a continuación.

5.2. Pruebas de hipótesis

- **Hipótesis N°01**

La implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

La prueba de hipótesis 1 cuenta con un nivel de significancia de 5%, siendo alfa = 0.05, en la Tabla 15 se precisa el enunciado de la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_a), así como la prueba estadística con sus respectivos valores numéricos.

Tabla 15

Resultado de la prueba de hipótesis específica 1

Planteamiento de la hipótesis
<p>H_0: La implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction no mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p> <p>H_a: La implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p>
Prueba de normalidad
Shapiro Wilk: para muestras pequeñas (<30 individuos)

Nivel de confianza: 95%

Error de precisión: 5%

Entonces: $\alpha = 0.05$

Criterio para determinar Normalidad:

p-valor $\geq \alpha$ Los datos provienen de una distribución normal.

p-valor $< \alpha$ Los datos no provienen de una distribución normal.

	Shapiro-Wilk			p-valor	Criterio	
	Estadístico	gl	Sig.		α	Los datos
ANTES (TP)	0.960	8	0.810	0.810	> 0.05	presentan una
DESPUÉS (TP)	0.956	8	0.773	0.773	> 0.05	distribución normal.

Decisión estadística

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida p-valor $< \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_a)

Si la probabilidad obtenida p-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0

Pruebas T para muestras relacionadas

	Diferencia media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
			ANTES (TP) - DESPUÉS (TP)	-0.19			

Dado que el valor de la probabilidad Sig. (bilateral) = 0.000, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza H_0 y se acepta H_a = La implementación de la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Nota. gl: grados de libertad. Sig.= Significancia. Diferencia= Antes- Después. Prueba t-student para muestras relacionadas. Elaboración propia.

En la tabla 15, se exponen los resultados de la prueba de hipótesis específica 1. Lo que determina que, se obtuvo una diferencia de medias de -0.19, indicando que los trabajos productivos después de la implementación fueron aproximadamente 19% mayores que los trabajos antes de la implementación. La desviación estándar fue baja, lo que indica que existe homogeneidad en las diferencias, mientras que los límites, inferior y superior tuvieron valores de -0.21 y -0.16, indicando que la diferencia media del parámetro tendría que encontrarse dentro de estos límites. Por último, el valor de significancia de la prueba t-student, (Sig.=0.000<0.05), que permite rechazar la H_0 y aceptar la H_a .

- **Hipótesis N°02**

La implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

La prueba de hipótesis 2 cuenta con un nivel de significancia de 5%, siendo alfa = 0.05, en la Tabla 16 se precisa el enunciado de la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_a), así como la prueba estadística con sus respectivos valores numéricos.

Tabla 16

Resultado de la prueba de hipótesis específica 2

Planteamiento de la hipótesis
<p>H_0: La implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction no mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p> <p>H_a: La implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p>
Prueba de normalidad
Shapiro Wilk: para muestras pequeñas (<30 individuos)
Nivel de confianza: 95%
Error de precisión: 5%
Entonces: $\alpha = 0.05$

Criterio para determinar Normalidad:

p-valor $\geq \alpha$ Los datos provienen de una distribución normal.

p-valor $< \alpha$ Los datos no provienen de una distribución normal.

	Shapiro-Wilk			p-valor	Criterio α	
	Estadístico	gl	Sig.			
Acero ANTES	0.969	13	0.882	0.882	> 0.05	
Acero DESPUÉS	0.955	13	0.670	0.670	> 0.05	Los datos presentan una distribució n normal.
Encofrado ANTES	0.959	13	0.746	0.746	> 0.05	
Encofrado DESPUÉS	0.957	13	0.708	0.708	> 0.05	
Concreto ANTES	0.872	13	0.056	0.056	> 0.05	
Concreto DESPUÉS	0.856	13	0.054	0.054	> 0.05	

Decisión estadística

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida p-valor $< \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_a)

Si la probabilidad obtenida p-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0

Pruebas T para muestras relacionadas

	Diferencia media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
			Acero	-0.18			
Encofrado	-0.17	0.02	-0.18	-0.15	-24.84	12	0.000
Concreto	-0.15	0.01	-0.15	-0.14	- 101.37	12	0.000

Dado que el valor de la probabilidad Sig. (bilateral) = 0.000, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza H_0 y se acepta H_a = La implementación de la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Nota. gl: grados de libertad. Sig.= Significancia. Diferencia= Antes- Después. Prueba t-student para muestras relacionadas. Elaboración propia.

En la tabla 16, se detallan los resultados de la prueba de hipótesis específica 2 para cada proceso constructivo. De tal forma, para el proceso denominado acero, encofrado y concreto obtuvieron una diferencia de medias de -0.18, -0.17 y -0.15, respectivamente, indicando que los porcentajes de trabajo productivo después de la implementación fueron mayores a esas cantidades, indicando una mejora. En la prueba inferencial, se obtuvo un valor de significancia de 0.000 para todos los procesos de construcción, ello permite rechazar la H_0 , y aceptar la H_a .

- **Hipótesis N°03**

La implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

La prueba de hipótesis 3 cuenta con un nivel de significancia de 5%, siendo $\alpha = 0.05$, en la Tabla 17 se precisa el enunciado de la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_a), así como la prueba estadística con sus respectivos valores numéricos.

Tabla 17

Resultado de la prueba de hipótesis específica 3

Planteamiento de la hipótesis
<p>H_0: La implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction no mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p> <p>H_a: La implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.</p>
Prueba de normalidad
Shapiro Wilk: para muestras pequeñas (<30 individuos)

Nivel de confianza: 95%

Error de precisión: 5%

Entonces: $\alpha = 0.05$

Criterio para determinar Normalidad:

p-valor $\geq \alpha$ Los datos provienen de una distribución normal.

p-valor $< \alpha$ Los datos no provienen de una distribución normal.

	Shapiro-Wilk			p-valor	Criterio	
	Estadístico	gl	Sig.		α	Los datos
ANTES (TP)	0.976	6	0.931	0.931	> 0.05	presentan una
DESPUÉS (TP)	0.915	6	0.472	0.472	> 0.05	distribución normal.

Decisión estadística

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida p-valor $< \alpha$, se rechaza H_0 (Se acepta H_a)

Si la probabilidad obtenida p-valor $\geq \alpha$, se acepta H_0

Pruebas T para muestras relacionadas

	Diferencia media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
			ANTES (TP) - DESPUÉS (TP)	-0.16			

Dado que el valor de la probabilidad Sig. (bilateral) = 0.02, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza H_0 y se acepta H_a = La implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Nota. gl: grados de libertad. Sig.= Significancia. Diferencia= Antes- Después. Prueba t-student para muestras relacionadas. Elaboración propia.

En la tabla 17, se observan los resultados de la prueba de hipótesis específica 3. De esa manera, se obtuvo una diferencia de medias de -0.16, el signo negativo indica que el post test tuvo mayor valor, mientras que el valor denota que los porcentajes de actividades cumplidas después de la implementación fueron aproximadamente 16% mayor en comparación con los porcentajes antes de la implementación. La desviación estándar fue baja, lo que se traduce que existe homogeneidad en las diferencias (buen indicador), mientras que los límites inferior y superior tuvieron valores de -0.29 y -0.03, indicando que la diferencia media del parámetro tendría que encontrarse dentro de estos límites. Por último, el valor de significancia de la prueba t-student, obtuvo un valor igual a 0.02 el cual es menor a 0.05 ($\text{Sig.}=0.02<0.05$), este permite rechazar la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna.

- ***Hipótesis general***

La implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Para los estudios con diseño experimental, no se considera una prueba de hipótesis general, debido a que se miden los objetivos específicos que contienen la prueba antes y después del experimento (Hernández y Mendoza, 2018). Es decir, se realizó el contraste hipotético para sus tres indicadores, la prueba de hipótesis H1, H2 y H3 cuentan con un nivel de significancia de 5%, siendo $\alpha = 0.05$, en las Tablas 14, 15 y 16 se precisan la validación de estos y de esta manera se afirma la hipótesis general, el cual concluye que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

5.3. Discusión de resultados

- ***Discusión con respecto al objetivo específico 1***

En esta tesis al emplear la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction se obtuvo como resultado descriptivo una media estadística de 27% de trabajo productivo en el pre test, el cual bajo la implementación de la herramienta nivel general de actividad se incrementó a un 46% de trabajo productivo. Y de acuerdo con la estadística inferencial, el valor de la diferencia de los trabajos antes y después de la implementación de la herramienta es de -0.19, indica que los trabajos productivos fueron aproximadamente un 19% mayores tras implementar Lean Construction. La desviación estándar fue baja, lo que indica que existe homogeneidad, indicando que las diferencias de medias están dentro de los parámetros de -0.21 y -0.16. Indicando que mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería. Por lo que se halló similitudes con ciertas investigaciones, por ejemplo, con la tesis de Muñoz (2021), quien tuvo como resultado que las empresas que implementaron la filosofía Lean Construction experimentaron una serie de beneficios significativos, tales como más ganancias, resultados más fiables, mejor calidad en los trabajos y un incremento de productividad de hasta un 77%. Así también, se halló similitudes con López et al. (2019), quienes obtuvieron un incremento en la cantidad de trabajos productivos del 43.00% al 60.00%, manteniéndose en un 25% los trabajos contributivos, mientras que los trabajos no contributivos disminuyeron del 32.00% al 15.00%.

- ***Discusión con respecto al objetivo específico 2***

En esta tesis al emplear la carta balance se obtuvo como resultados descriptivos las medias estadísticas de 28%, 27% y 28% de trabajo productivo en el pre test que corresponden a las partidas de acero, encofrado y concreto, las cuales componen a los elementos estructurales y con respecto a la tabiquería se tiene un 32% de trabajo productivo en el pre test, bajo la implementación de esta herramienta los trabajos productivos para el post test se incrementaron a un 46%, 46% y 43% en las partidas de

acero, encofrado y concreto respectivamente, de igual forma el trabajo productivo post test de la tabiquería se incrementó a un 48%. Para la estadística inferencial, el valor de la diferencia de los trabajos antes y después de la implementación de la herramienta para cada proceso constructivo denominado acero, encofrado y concreto obtuvieron un aumento en la productividad de la mano de obra, aumentando un 18%, 17% y 15%, respectivamente, de la misma manera en el proceso constructivo de muros se obtuvo un aumento del porcentaje de productividad de la mano de obra de 16% ; en otras palabras , todo ello indica que después de la implementación se apreció un incremento en los porcentajes de trabajos productivos. Asimismo, concuerdo con la tesis de Huapaya y Torres (2021), que al aplicar la herramienta de carta balance, pudieron mejorar la productividad del proyecto al darle un correcto seguimiento a los tiempos de ejecución de los trabajos utilizados en las actividades, logrando eliminar las que no aportaban valor y reduciendo las incidencias de obra.

- ***Discusión con respecto al objetivo específico 3***

En esta tesis al emplear la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction se obtuvo como resultado descriptivo una media estadística de 69% de actividades cumplidas en el pre test, el cual bajo la implementación de la herramienta se incrementó a un 85% de cumplimiento en las actividades. Con respecto a la estadística inferencial, el valor de la diferencia de trabajos antes y después de implementar la herramienta es -0.16, lo que indica un aumento del 16% en los trabajos productivos. La baja desviación estándar sugiere homogeneidad, con diferencias de medias entre -0.29 y -0.03, lo que indica una mejora en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería. Así también su tesis de Huapaya y Torres (2021), concuerda que al aplicar a herramienta a llegando a concluir que la aplicación de la Metodología Lean Construction y su herramienta last planner system, permite un rendimiento mayor al 20% y un avance programado de 87% del avance mensual.

- ***Discusión con respecto al objetivo general***

En esta tesis al emplear las herramientas como: nivel general, carta balance y last planner system para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023. Los resultados obtenidos en esta tesis confirman que la aplicación de las herramientas Lean Construction, tiene un impacto positivo en la productividad de la mano de obra en los proyectos de construcción, particularmente en los elementos estructurales y la tabiquería. Los incrementos en los trabajos productivos, aunque moderados, reflejan mejoras significativas en la productividad y organización del trabajo, lo cual es consistente con los resultados de estudios previos. Por lo tanto, tiene concordancia con los estudios realizados de López et al. (2019) y Kari (2020), quienes afirman que la aplicación de la metodología Lean Construction influye de gran medida en el rendimiento y mejora la productividad entre un 60% y 95% de confiabilidad. Asimismo, Gonzales (2023) junto con el estudio de Díaz y Puicón (2021) en su investigación indican que este tipo de mejoras no solo favorece el rendimiento de los trabajadores, sino que también contribuye a una mejor calidad en la ejecución de los proyectos y una mayor rentabilidad para las empresas constructoras. Por último, Cárdenas (2022), menciona que la aplicación de Lean Construction, se propone como una táctica eficiente para mejorar los procesos en la construcción, reducir costos y asegurar el cumplimiento de plazos de manera más confiable.

VI. Conclusiones

Conclusión para el objetivo específico 1

Se empleó la herramienta nivel general de actividad de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería, teniendo como resultado un incremento de un 27% de trabajo productivo antes de la implementación a un 46% de trabajo productivo después de la implementación, asimismo, se obtuvo una diferencia de medias de -0.19, lo que indica que los trabajos productivos tras la implementación aumentaron aproximadamente un 19% mayores que los trabajos anteriores. Con esto se concluye que, si se aplica adecuadamente, la herramienta de la filosofía Lean Construction realmente mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y la tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Conclusión para el objetivo específico 2

Se empleó la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería, los cuales han sido confirmadas con la prueba de hipótesis 2. Para los resultados descriptivos las medias estadísticas de trabajo productivo en el pre test oscilan entre 28% en la partida de acero, 27% en la partida de encofrado y 28% en la partida de concreto que componen a los elementos estructurales y para la tabiquería se tiene un 32% de trabajo productivo en el pre test, luego de la implementación de esta herramienta los trabajos productivos en el post test se incrementaron a un 46% en la partida de acero, 46% en la partida de encofrado y 43% en la partida de concreto, así como el trabajo productivo post test de la tabiquería que incrementó a un 48%. En la estadística inferencial se observaron diferencias de medias de -0.18, -0.17 y -0.15, estos resultados indican que los porcentajes de trabajo productivo aumentaron un 18% en la partida de acero, 17% en la partida de encofrado y 15% en la partida de concreto, correspondientes a cada proceso, de esa

manera, tras la implementación se evidenció porcentajes de productividad superiores comparados con los encontrados antes de la implementación, lo que evidencia una mejora significativa.

Conclusión para el objetivo específico 3

Se empleó la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y tabiquería. De acuerdo con la estadística descriptiva se tiene una media estadística de 69% de actividades cumplidas en el pre test y mediante la implementación de la herramienta se incrementó a un 85% de cumplimiento en las actividades. Por otro lado, en la estadística inferencial se determinó una diferencia de medias de -0.16, lo que indica que los porcentajes de actividades cumplidas después de la implementación fueron aproximadamente un 16% mayor que los porcentajes de productividad antes de la implementación. Se concluye que la implementación de la herramienta last planner system de la filosofía Lean Construction mejora evidentemente la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales y la tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

Conclusión para el objetivo general

Se cumplió con demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra, dicha afirmación se validó con la prueba de hipótesis H1, H2 y H3 que se muestran en las Tablas 14, 15 y 16, llegando a obtener un contraste entre las hipótesis planteadas que confirman la hipótesis general logrando así alcanzar nuestros objetivos previstos en esta tesis. Esto se concluye que, si se aplica adecuadamente, la filosofía Lean Construction efectivamente mejora la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales, tabiquería del proyecto de infraestructura - Abancay, 2023.

VII. Recomendaciones

Recomendación del objetivo específico 1

Se recomienda emplear la herramienta nivel general de actividad porque es una técnica valiosa que se encarga de medir y mejorar la productividad en la construcción, para utilizar esta herramienta de manera efectiva es importante establecer los objetivos claros, identificar los procesos claves, capacitar al equipo técnico y personal obrero, y fomentar la mejora continua del proyecto a ejecutar.

Recomendación del objetivo específico 2

Se recomienda emplear la herramienta carta balance puesto que es un sistema de control eficaz que analiza de manera independiente partida por partida los trabajos que realizan las cuadrillas y de esta forma nos dan un panorama más claro para medir la productividad de la mano de obra, se sugiere que en la implementación de esta herramienta se prioricen el dimensionamiento de las cuadrillas, se agrupen los trabajos TP, TC y TNC, se capaciten al personal técnico y obrero y se promuevan una colaboración efectiva en equipo.

Recomendación del objetivo específico 3

Se recomienda emplear la herramienta last planner system dado que resulta ventajosa y eficiente, para implementar esta herramienta es primordial revisar y actualizar el plan maestro, el look ahead, asimismo identificar las restricciones, implementar cambios, fomentar la colaboración en equipo y obtener de este modo un aumento en la productividad.

Recomendación del objetivo general

Finalmente se recomienda que el sector público y privado de la industria de la construcción no solo adopten las herramientas características de la filosofía Lean Construction, sino que también prioricen la capacitación de líderes y promuevan una

colaboración efectiva en equipo. Es crucial abandonar los modelos jerárquicos tradicionales y promover un enfoque colaborativo que empodere a los equipos. Esto facilitará la adopción de prácticas Lean, mejorará la interacción entre los integrantes del equipo y contribuirá a una cultura organizacional más ágil y adaptable, esencial para el éxito en proyectos contemporáneos. En resumen, no solo se pide aplicar la filosofía Lean Construction, sino garantizar su implementación en el tiempo.

VIII. Referencias

- Albarracín Tito, L.G.P. y Molero Yáñez, N.H. (2020). Propuesta de mejora utilizando las herramientas Lean Construction para controlar la productividad en la ejecución de obras de edificación, en la provincia de Tacna, 2019 [Tesis de Maestría, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1460>
- Alvarado Chávez, L. P. (2021). Filosofía Lean Construction: Comparación de beneficios en empresas emergentes y grupos constructores exitosos [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20688>
- Arias, J. y Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting.
<http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>
- Barría Norambuena, C.F. (2009). Implementación del sistema Last Planner en la construcción de viviendas [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Austral de Chile]. <https://docplayer.es/16493735-Universidad-austral-de-chile.html>
- Botero Botero, L. F. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Colombia, Revista Universidad EAFIT, 128, 9-21.
<https://www.redalyc.org/pdf/215/21512802.pdf>
- Botero Botero, L. F. y Álvarez Villa, M. E. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). Colombia, Revista Universidad EAFIT, 40 (136), 50-64.
<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864>
- Calduch Cervera, R. (2014). Métodos y técnicas de Investigación Internacional. Edición electrónica: Universidad Complutense de Madrid.
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/835-2018-03-01-Metodos%20y%20Técnicas%20de%20Investigacion%20Internacional%20v2.pdf>
- Campero, M. y Alarcón, L.F. (2008). Administración de proyectos civiles. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

https://www.libreriaingeniero.com/2018/08/administracion-de-proyectos-civiles-mario-campero-luis-fernando-alarcon.html#google_vignette

Cantú, A., López, M., y Peirone, P. (2018). Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles. Primera Jornada de Divulgación de la Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

https://economicas.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10948/cantut09.pdf

Cárdenas Vivanco, J.C. (2022). Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de ambientes complementarios, Apurímac 2022 [Tesis para optar el grado académico de Maestro, Universidad Cesar Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98002>

Castillo Maguiña, I.R. (2014). Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos Lean (LPDS) [Tesis para obtener Título Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5387/CASTILLO_INES_INVENTARIO_SISTEMAS_ENTREGA_PROYECTOS_LEAN_LPDS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Costa de los Reyes, C.G. (2016). Tesis para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca].

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26161>

Díaz Córdova, L.J. y Puicón Tueros, K.J. (2021). Implementación de la Filosofía Lean Construction para la Mejora de la Productividad en la Ejecución del Edificio VOCE [Tesis para optar Título Profesional, Universidad San Martín de Porres].

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9924>

Estrada Muñoz, M. L., y Rodríguez León, W. A. (2024). Propuesta de plan de mejora de la productividad de la mano de obra de un edificio multifamiliar en Lima Metropolitana

- [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP. <https://hdl.handle.net/20.500.12404/28847>
- Flores Cervantes, D. (2016). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA – Puno [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Nacional del Altiplano]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/2208/Flores_Cervantes_Dianet.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores Mendoza, E. J. y Ramos Cornejo, M. E. (2018). Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa. [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Nacional de San Agustín]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/ae1d51ac-6d33-4756-8439-8a0582fb63fd>
- Garza Contreras, A. (2020). Los Criterios Estructurales en la edificación básica. Fondo Editorial de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ghío Castillo, V. (2001). Productividad en Obras de Construcción; Diagnóstico, crítica y propuesta. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gilacopa Banegas, A. E. y Colque Colque, R. (2020). Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna [Tesis para optar título profesional, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1563>
- Gonzales Martínez, A. (2023). Aplicación de la Filosofía Lean Construction para Mejorar la Productividad en Obra del Proyecto Sol de Pimentel, Chiclayo, 2020 [Tesis para optar Título Profesional, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11115>
- Guevara Lupaca, L., y Loayza Gallegos, J. H. (2020). Aplicación de la metodología Last planner system para mejorar la ejecución de los proyectos de infraestructura sanitaria en la región Tacna – 2020 [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Privada de Tacna].

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1572/Loayza-Gallegos-Guevra-Lupaca.pdf?sequence=1>

Guzmán Tejada, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos [Tesis para obtener Título Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5778>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación (6ta Edición). McGraw Hill Interamericana Editores, S.A.

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164908.pdf>

Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial: McGraw Hill Interamericana Editores, S.A.

Huapaya Escudero, C. X. y Torres Pérez, H. (2021). Implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para Mejorar la Productividad en la Obra de Reconstrucción y Modernización de la Institución Educativa N°21508 Ubicado en el distrito de Imperial - provincia de Cañete - departamento de Lima [Tesis para optar Título Profesional, Universidad San Martín de Porres].

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8713>

Kari Benites, R. (2020). Aplicación de Lean Construction para la optimización de la productividad en el mantenimiento rutinario del camino vecinal tramo: Villagloria-Abancay, 2020 [Tesis de Título Profesional, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60414>

Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE Technical Report: 72, Stanford University, USA

<https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>

Lean Construction Institute LCI. (2017). *Lean Project Delivery Glossary*. [Glosario | Instituto de Construcción Lean \(Leanconstruction.org\)](https://www.leanconstruction.org/glossary)

- Lledó, P. y Rivarola, G. (2007). Gestión de Proyectos. Pearson Education S.A.
https://books.google.com/sv/books/about/Gesti%C3%B3n_de_proyectos.html?id=23wkQwAACAAJyhl=es-419youtput=html_text
- López Montelongo, A. M, Pérez Gómez Martínez, G. J. F. y Del Toro Botello, H. Y. (2019). Mejora en la construcción por medio de Lean Construction y building information modeling: Caso tesis. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI), 7(14), 110-121. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
- Mejía Aguilar, G. y Hernández C., T. C. (2007). Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Personal obrero. Colombia, Revista Universidad Industrial Santander, 6 (2), 45-59.
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/405>
- Miranda Casanova, D. (2012). Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana [Tesis para obtener Título Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1219/MIRANDA_CASANOVA_DANIEL_SISTEMA_LAST_PLANNER.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muñoz Pérez, S. P., Chinchay Ramírez, B. P., y González Martínez, A. del R. (2021). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción. Revista Cubana de Ingeniería, 12(1), 35-46.
<https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/819>
- Orihuela Astupinaro, P. F. y Ulloa, K. (2011). La planificación de las obras y el sistema Last Planner. Corporación Aceros Arequipa, Construcción Integral, 12, 1-4.
http://www.motiva.com.pe/articulos/La_Planificacion_Obras_Sistema_LastPlanner.pdf
- Pérez, G. M. (2021). Implementación de Lean Construction en la construcción argentina [Trabajo final de grado, Pontificia Universidad católica de argentina].
<https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/11442>

- Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción. <https://www.fundacionlaboral.org/uploads/documento/applications/arch5333ddd498d7a.pdf>
- Pons Achell, J. F. y Rubio Pérez, I. (2019). Lean Construction y la Planificación Colaborativa Metodología del Last planner system. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf>
- Salazar Raymond, M. M., Icaza Guevara, M. F., y Alejo Machado, O. J. (2018). La importancia de la ética en la investigación. Revista Universidad y Sociedad, 10, 305-311. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/798>
- Sandoval Salazar, A.Z. y Valdez Reyes, M.V. (2020). Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en la construcción de 129 unidades básicas de saneamiento en cuatro caseríos del distrito de Llama - provincia de Chota – departamento de Cajamarca [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad de San Martín de Porres]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/9217>
- Schwartzkopf, W. (2004). Calculating lost labor productivity in construction claims (2nd Edition). ASPEN publishers. <https://www.amazon.com/Calculating-Labor-Productivity-Construction-Claims/dp/0735548935>
- Serpell B., A. (2002). Administración de operaciones de construcción (2da Edición). Santiago, Chile: Alfaomega Grupo Editor.
- Shaqour, E. N. (2022). The impact of adopting Lean Construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. Ain Shams Engineering Journal, 13(2), 101551. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101551>
- Tello Paucar, D. J. P. (2023). Muros de tabiquería con mortero bastardo – aplicación y beneficios en viviendas del distrito de Chilca en Huancayo [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13180>

- Vásquez Ramírez, A. A., Guanuchi Orellana, L. M., Cahuana Tapia, R. D., Vera Teves, R. y Holgado Tisoc, J. (2023). *Métodos de Investigación Científica*. Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología INUDI PERÚ.
- Vilca Uzategui, M. P. (2014). *Mejora de la productividad por medio de las Cartas de Balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar* [Tesis para obtener Título Profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/556447/Tesis%200Vilca%20Uzategui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villamizar Roa, D.H. y Ortiz Contreras, L.J. (2016). *Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.C. de un proyecto de vivienda en el municipio de Villa del Rosario* [Tesis para obtener Título de Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos, Universidad Industrial de Santander]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164908.pdf>
- Xing, W., Hao, J., Qian, L., Tam, V. W. Y., y Sikora, K. S. (2021). *Implementing Lean Construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China*. *Journal of Cleaner Production*, 286, 124944. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124944>

IX. Anexos

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes