



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION CON LAS
HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD
EN LA OBRA DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR CUBA, JESÚS MARÍA, 2024

Línea de investigación:
**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Carrillo Saldaña, Carlos Alonso

Asesor

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Benites Zúñiga, José Luis

Ariza Flores, Victor André

Lima - Perú

2026

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN
CONSTRUCTION CON LAS HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD
PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBRA DE
EDIFICIO MULTIFAMILIAR CUBA, JESÚS MARÍA, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	3 %	9 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	3 %
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	3 %
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unfv.edu.pe	3 %
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unprg.edu.pe	2 %
	Fuente de Internet	
5	www.coursehero.com	1 %
	Fuente de Internet	
6	Cornejo Rugel, Indira Jahana. "Estudio de viabilidad de un proyecto multifamiliar en el distrito de Jesus Maria.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021	1 %
	Publicación	
7	lexsoluciones.com	1 %
	Fuente de Internet	
8	repositorio.ulvr.edu.ec	<1 %
	Fuente de Internet	
9	guatemala.bienesonline.com	<1 %
	Fuente de Internet	



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION CON LAS
HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD
EN LA OBRA DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR CUBA, JESÚS MARÍA, 2024

Línea de Investigación:

Desarrollo urbano-rural, Catastro, Prevención de Riesgos, Hidráulica y Geotecnia

Tesis para optar por el Título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Carrillo Saldaña, Carlos Alonso

Asesor

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

ORCID: 0000-0002-0684-5114

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Benites Zúñiga, José Luis

Ariza Flores, Victor André

Lima – Perú

2026

Dedicatorias

A Dios, por otorgarme las virtudes y oportunidades necesarias para avanzar, guiándome en cada travesía y transformando cada desafío en una fuente de sabiduría y aprendizaje de vida.

A mi familia, por depositar en mí una confianza inquebrantable y ser el cimiento moral de mis aspiraciones.

A mi esposa, por convertirse en el soporte constante a lo largo de este trayecto; su presencia, aliento y paciencia en los momentos de mayor exigencia fueron el motor que me impulsó a perseverar hacia la meta

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, por haber sido el espacio institucional y académico donde consolidé mi formación profesional, brindándome las herramientas necesarias para culminar esta etapa.

Mi más sincera gratitud al Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga, cuya rigurosidad científica, guía metodológica y acertadas orientaciones fueron el pilar fundamental para el desarrollo y feliz término de esta investigación.

Al profesor Elder Rodríguez Vega, por haber sido el mentor que me impulsó a emprender el camino universitario y profesional. Mi gratitud por depositar su confianza en mí desde el inicio, enseñándome a proyectar mis metas con visión de futuro y altas aspiraciones.

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.1.1. <i>Problema general</i>	4
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	5
1.2. Antecedentes	5
1.2.1. <i>Antecedentes internacionales</i>	5
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	8
1.3. Objetivos	11
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	11
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	11
1.4. Justificación	12
1.4.1. <i>Práctica</i>	12
1.4.2. <i>Social</i>	12
1.5. Hipótesis	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	14
2.1.1. <i>Epistemología de la filosofía Lean Construction</i>	14
2.1.2. <i>Carta balance</i>	17
2.1.3. <i>Trabajo productivo</i>	18

2.1.4.	<i>Análisis de restricciones</i>	19
2.1.5.	<i>Herramientas de calidad</i>	20
2.1.6.	<i>Diagrama de flujo</i>	20
2.1.7.	<i>Diagrama Ishikawa</i>	21
2.1.8.	<i>La productividad</i>	22
2.1.9.	<i>Análisis de rendimiento</i>	22
2.1.10.	<i>Last Planner</i>	23
2.1.11.	<i>Trenes de trabajo</i>	24
2.1.13.	<i>La curva S</i>	25
2.1.14.	<i>Porcentaje de la productividad</i>	26
III.	MÉTODO	27
3.1.	Tipo de investigación	27
3.2.	Ámbito temporal y espacial	28
3.3.	Variables	29
3.4.	Población y muestra	31
3.5.	Instrumentos.....	32
3.6.	Procedimientos.....	33
3.6.1.	<i>Etapa 1 diseño de instrumentos de recolección de datos</i>	33
3.6.2.	<i>Etapa 2 validación de instrumentos</i>	33
3.6.3.	<i>Etapa 3 recolección de datos de productividad bajo enfoque tradicional</i> ..	33
3.6.4.	<i>Etapa 4 aplicación de la mejora Lean Construction con las herramientas de la calidad</i>	34

3.6.5.	<i>Etapa 5 recolección de datos de productividad con la aplicación de Lean Construction con las herramientas de la calidad</i>	34
3.6.6.	<i>Etapa 6 elaboración de resultados</i>	34
3.7.	<i>Análisis de datos</i>	34
3.8.	<i>Consideraciones éticas</i>	35
IV.	RESULTADOS.....	36
4.1.	Descripción de la obra	36
4.2.	Procedimiento	46
4.2.1.	<i>Etapa 1 diseño de instrumentos de recolección de datos</i>	46
4.2.2.	<i>Etapa 2 validación de instrumentos</i>	48
4.2.3.	<i>Etapa 3 Recolección de datos de productividad bajo enfoque tradicional</i> .	53
4.2.4.	<i>Etapa 4 Aplicación de la mejora Lean Construction con las herramientas de la calidad</i>	59
4.2.5.	<i>Etapa 5 Recolección de datos de productividad con la aplicación de Lean Construction con las herramientas de calidad</i>	76
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
VI.	CONCLUSIONES	95
VII.	RECOMENDACIONES	97
VIII.	REFERENCIAS.....	98
IX.	ANEXOS	107

Índice de tablas

Tabla 1. Características del lote	36
Tabla 2. distribución del área por niveles en obra	37
Tabla 3. Horas efectivas de producción bajo enfoque tradicional	53
Tabla 4. Tiempo útil bajo enfoque tradicional	55
Tabla 5. Porcentaje de tiempo útil bajo enfoque tradicional	57
Tabla 6. Tiempo de retrabajos detectados.....	58
Tabla 7. Carta balance de casco estructural edificio multifamiliar Cuba	60
Tabla 8. Análisis de restricciones partidas de casco estructural edificio cuba	63
Tabla 9. Sectorización, trenes de trabajo	69
Tabla 10. Causas de no cumplimiento	70
Tabla 11. Presupuesto de obra acelerado	71
Tabla 12. Presupuesto base	72
Tabla 13. Productividad de la mano de obra en general	76
Tabla 14. Productividad de la mano de obra bajo el proceso Lean Construction.....	79
Tabla 15. Tiempo útil bajo enfoque propuesto	80
Tabla 16. Porcentaje de tiempo útil bajo enfoque propuesto	82
Tabla 17. Tiempo de retrabajo detectado bajo el enfoque propuesto	83
Tabla 18. PPC Acumulado después de la aplicación	84
Tabla 19. Causas de no cumplimiento acumulado después de la implementación	87
Tabla 20. Productividad de los costos bajo método posterior al a sectorización de construcción	89
Tabla 21. Comparativo de los indicadores antes y después de la mejora	91

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la obra.....	29
Figura 2. Indicador 1: horas efectivas de producción, indicador 2: porcentaje de tiempo útil	46
Figura 3. Indicador 3: porcentaje de preparación y transición.....	47
Figura 4. Indicador 4: tiempo de retrabajo detectado	48
Figura 5. Validación de instrumento para indicador 1, horas efectivas de producción	49
Figura 6. Validación de instrumento para indicador 2, porcentaje de tiempo útil.....	50
Figura 7. Validación de instrumento para indicador 3, porcentaje de preparación y transición	51
Figura 8. Validación de instrumento para indicador 4, tiempo de retrabajos detectados	52
Figura 9. Horas efectivas de producción bajo un procedimiento tradicional con relación al TP, TC y TNC	55
Figura 10. Diagrama Ishikawa de las causas de baja productividad en obra.....	66
Figura 11. Diagrama de flujo para mejorar la productividad en obra.....	68
Figura 12. Productividad bajo un procedimiento Lean Construction y herramientas de calidad con relación al TP, TC y TNC	78
Figura 13. PPC acumulado después de la aplicación.....	86
Figura 14. Análisis de causas de no cumplimiento acumulado	88
Figura 15. índice de productividad de los costos posterior a la mejora	90

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad de la obra de edificación multifamiliar Cuba, ubicada en Jesús María, Lima. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y diseño no experimental, con un corte longitudinal que permitió comparar indicadores de desempeño antes y después de la intervención Lean. Se empleó como población las construcciones de edificaciones multifamiliares de alta densidad que enfrentan desafíos de productividad en el distrito de Jesús María. La muestra estuvo compuesta por la obra de construcción del edificio multifamiliar Cuba, aplicándose herramientas como carta balance, análisis de restricciones, diagrama de flujo y diagrama de Ishikawa para estandarizar procesos, equilibrar cargas de trabajo y corregir causas raíz de improductividad centrándose en las partidas más incidentes del casco estructural. Los resultados evidenciaron que las horas efectivas de producción aumentaron de 82.96h a 185.757h, mientras que el porcentaje de tiempo útil se incrementó de 43.33% a 75.56%. Asimismo, el porcentaje de preparación y transición pasó de 25.55% a 13.33%. En relación con los retrabajos detectados, el tiempo total se redujo en promedio de 7.25 min a 3.875. Se concluyó que la implementación de Lean Construction optimizó el flujo de trabajo, redujo actividades improductivas y mejoró significativamente la productividad en la ejecución de la obra asegurando el cumplimiento del 100% del presupuesto planificado al cierre del periodo anual.

Palabras clave: Lean construction, productividad, restricciones de obra, trabajo contributivo.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the effect of the implementation of the Lean Construction methodology with the quality tools for the improvement of the productivity of the multifamily building work Cuba, located in Jesús María, Lima. The research was developed under a qualitative approach and non-experimental design, with a longitudinal section that allowed comparing performance indicators before and after the Lean intervention. The constructions of high-density multifamily buildings facing productivity challenges in the Jesús María district were used as a population. The sample was composed of the construction site of the multifamily building Cuba, applying tools such as chart balance, analysis of restrictions, flow diagram and Ishikawa diagram to standardize processes, balance workloads and correct root causes of unproductivity focusing on the most incident items of the structural hull. The results showed that the effective hours of production increased from 82.96h to 185.757h, while the percentage of useful time increased from 43.33% to 75.56%. Likewise, the percentage of preparation and transition went from 25.55% to 13.33%. In relation to the detected rework, the total time was reduced on average from 7.25 min to 3.875. It was concluded that the implementation of Lean Construction optimized the workflow, reduced unproductive activities and significantly improved productivity in the execution of the work ensuring 100% compliance with the planned budget at the end of the annual period.

Keywords: Lean Construction, productivity, site constraints, contributory work.

I. INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción, la eficiencia y la productividad son factores clave que determinan el éxito de un proyecto. La naturaleza de los proyectos constructivos, sobre todo en edificios multifamiliares, necesita metodologías y herramientas que optimicen los procesos, minimicen los desperdicios y aseguren la calidad en cada etapa del proyecto. Es aquí donde la metodología Lean Construction entra en juego, una metodología de mejora continua y maximización de valor para el cliente, disminuyendo los tiempos de entrega y los costos.

Lean Construction, adaptación a la construcción de Lean Manufacturing, que pretende definir y eliminar todo lo que no aporta valor al proceso constructivo. "Este enfoque no solo busca reducir los desperdicios materiales, sino que también optimiza el tiempo, el flujo de trabajo y los recursos humanos". En proyectos multifamiliares, donde la sincronización entre disciplinas y subcontratistas es crítica, Lean Construction los integra y optimiza, mejorando directamente la productividad y disminuyendo los costos.

Pero no solo con Lean Construction se alcanzan objetivos de productividad y eficiencia en la construcción, sino que las herramientas de calidad también son definitorias. El control estadístico de procesos, los diagramas de Ishikawa y las cinco "S" (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke) son herramientas que proporcionan un marco para identificar problemas, analizar sus causas y desarrollar soluciones. Estas herramientas no solo ayudan a mantener altos estándares de calidad, sino que también crean un ambiente más organizado y seguro, lo que aumenta la productividad en la obra.

La metodología Lean Construction + herramientas de calidad es una mezcla potente para dar solución a los problemas frecuentes en la edificación de edificios multifamiliares. La aplicación de estas metodologías no solo ayuda a identificar y eliminar desperdicios, sino que crea una cultura de mejora continua en todos los involucrados en el proyecto. Esta cultura

asegura que cada etapa de la construcción se realice con excelencia, desde la planificación y el diseño hasta la ejecución y entrega del proyecto.

La investigación se basó en el Objetivo 9 de los ODS que habla de industria, innovación e infraestructura. El Objetivo 9 de Desarrollo Sostenible quiere construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, ya que el crecimiento económico, social y la acción por el clima dependen de estas infraestructuras. La manufactura mundial ha sido un motor de crecimiento, pero se ha desacelerado por tensiones comerciales, inflación y crisis de suministros. Mientras que los países menos desarrollados de Asia han avanzado, los africanos deben acelerar su industrialización. A pesar de las dificultades, las industrias de tecnología media-alta y alta han crecido.

En conclusión, la aplicación de Lean Construction con las herramientas de calidad en la edificación de edificios multifamiliares satisface la necesidad de mejorar la productividad, la sostenibilidad y la competitividad de las empresas constructoras en un mercado cada vez más exigente. La capacidad de entregar proyectos de alta calidad, en plazos más cortos y con menores costos, es un diferenciador clave que puede ser alcanzado mediante la implementación de estas metodologías, asegurando así el éxito de los proyectos y la satisfacción de los clientes.

1.1. Descripción y formulación del problema

La construcción sostenible y adecuada parte desde la optimización de los tiempos de construcción, distribución de materiales y documentación adecuada en contraste con el Objetivo 11 Ciudades y comunidades sostenibles ODS. Se estimó que para el año 2024 1100 millones de construcciones urbanas obtenían condiciones de menoscabo infraestructural; además, que otros 2000 millones en el año 2025 viven en estancias marginales o condiciones similares de asentamientos, esto evidenciado en países en desarrollo (Fernández, 2022).

A nivel global, la industria de la construcción enfrenta desafíos significativos en términos de productividad. Según un informe de la Universidad Politécnica de Madrid en el año 2022, la productividad en el sector de la construcción ha crecido a un ritmo promedio de solo un 1% anual en las últimas dos décadas, comparado con el 3.6% en la manufactura y el 2.8% en el conjunto de la economía mundial. Esta baja productividad está vinculada a prácticas ineficientes, sobrecostos y retrasos en los plazos de entrega (Garcés & Peña, 2023). La implementación de metodologías como Lean Construction, que busca optimizar los procesos eliminando desperdicios, se ha propuesto como una solución viable para revertir estas tendencias (Blandín, 2023). Sin embargo, la adopción a nivel global sigue siendo lenta y fragmentada, lo que evidencia una brecha significativa entre el potencial teórico de estas metodologías y su aplicación práctica (Abd & Syazli, 2020).

En América Latina también es igual, sus niveles de productividad son inferiores a los estándares internacionales. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020), la productividad del sector de la construcción en América Latina es 40% inferior a la de los países desarrollados. Y esto se debe, en gran medida, a la no adopción de nuevas tecnologías y metodologías de gestión como Lean Construction. Pero a pesar de los esfuerzos por modernizar el sector, la resistencia al cambio y la falta de capacitación han impedido la adopción de estas tecnologías. Como resultado, los proyectos de construcción en América Latina suelen enfrentar sobrecostos del 30% al 50% y retrasos que pueden extenderse hasta un 80% del tiempo planificado, según estudios de la Cámara Interamericana de la Industria de la Construcción (Baptista et al., 2024).

En Perú, la industria de la construcción ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, pero la productividad sigue siendo un desafío importante. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2022), la productividad laboral en la construcción en Perú ha crecido a un ritmo del 1.2% anual en la última década, una cifra que está por debajo

de otros sectores económicos del país. Este bajo rendimiento está asociado a prácticas de gestión obsoletas, falta de planificación y coordinación, y un alto grado de informalidad en el sector. La implementación de Lean Construction y herramientas de calidad se ha identificado como una estrategia clave para mejorar la eficiencia en los proyectos de construcción, pero su adopción aún es limitada, principalmente en proyectos públicos y privados de gran envergadura. Las obras suelen experimentar sobrecostos de hasta un 25% y retrasos promedio del 35% en sus cronogramas.

En el caso específico de la obra del edificio multifamiliar "Cuba", ubicado en el distrito Jesús María de Lima Metropolitana, la situación refleja los problemas observados a nivel nacional. A pesar de contar con un equipo capacitado y recursos adecuados, el proyecto ha experimentado ineficiencias que han afectado su productividad. Durante la fase inicial del proyecto, se registraron sobrecostos del 20% respecto al presupuesto inicial y un retraso del 15% en el cronograma previsto, debido principalmente a la falta de una metodología de gestión eficiente y al uso insuficiente de herramientas de calidad. La implementación de Lean Construction podría ser una solución crucial para revertir estas tendencias, permitiendo una mejor coordinación de las actividades, una reducción en los tiempos de espera, y una disminución de los desperdicios materiales y de recursos humanos.

1.1.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de la implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?
- ¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?
- ¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?
- ¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Castañeda et al. (2025), en su artículo científico titulado “Integración BIM-Lean para la programación de la construcción de intersecciones viales”. Tuvo por objetivo sugerir un marco para la programación de la construcción que combina las ideas de Lean Construction con el Modelado de información para la Construcción (BIM). El objetivo era mejorar la forma en que se elaboran los horarios para los proyectos de cruces viales. Esto se hizo mediante un proceso basado en Design Science Research (DSR), que permitió diseñar, desarrollar y probar la propuesta en varias etapas de iteración. El examen se realizó utilizando un estudio de caso que incluía tanto una unión nivelada como una desigual. Los hallazgos demuestran que combinar BIM con Lean hace que la planificación sea más precisa y eficiente mediante el uso de simulaciones digitales que ayudan tanto con la ejecución como con la gestión del tráfico.

Asimismo, los resultados demostraron una eficiencia global o trabajo productivo aumentado en un 45% versus el original 12%. Las simulaciones digitalizadas de la construcción en compañía de una programación adecuada mejorarán la infraestructura dentro de cualquier rubro de ingeniería.

Parameswaran et al. (2025), en su artículo científico titulado “aplicación de técnicas y herramientas Lean para el proceso constructivo de cascos sostenibles: revisión crítica”. Tuvo por objetivo analizar la posibilidad de utilizar el enfoque Lean Construction en la producción de prefabricados de hormigón mediante la revisión crítica de 35 artículos relevantes de 1999 a 2024 en tres etapas. Usando este método cualitativo, se descubrió que el Last Planner System, carta balance, análisis de restricciones y la sectorización fueron las estrategias Lean utilizadas con mayor frecuencia en este campo. Como consecuencia, se creó un mapa de conocimiento que organiza los efectos de 25 tecnologías Lean. Esto ayudará con futuras investigaciones y elecciones estratégicas. En conclusión, esta integración es buena para la eficiencia operativa, la reducción de desechos y la viabilidad a largo plazo, que es de lo que se tratan los ODS 8, 9 y 12. Asimismo, el estudio demostró que los indicadores de productividad se mejoran los trabajos contributivos, no contributivos y productivos en un 49%.

Shaqour et al. (2025), en su artículo científico titulado “Investigación estadística de los obstáculos para la aplicación de Lean en las construcciones egipcias”. Tuvo por objetivo averiguar cuáles son los mayores problemas que impiden que la metodología Lean se utilice en Egipto. Esto ayudaría a fomentar su uso y ayudaría al crecimiento de la industria. El método utilizó una revisión de la literatura para encontrar barreras que ya habían sido documentadas y luego las agrupó en cinco grupos. También utilizó un cuestionario estructurado para preguntar a 162 profesionales en el campo que habían trabajado en la capital administrativa y conocían LC. Los hallazgos sugieren que los cinco mayores problemas son: trabajadores insuficientes y competentes, personas que no saben lo suficiente sobre Lean, que no saben cómo usar sus

herramientas, mal mantenimiento de registros y gestión inadecuada de los suministros. En conclusión, las personas que trabajan en la industria de la construcción egipcia necesitan aprender más y difundir los conceptos Lean. Además, se destacó Lean-Calidad como un nuevo enfoque versus los métodos convencionales de la gestión de la construcción.

Malvik (2025), en su artículo científico titulado “TRIZ y calidad como herramienta de innovación para la gestión de oportunidades y Lean Construction”. Tuvo por objetivo analizar cómo se puede utilizar la Teoría de la Resolución Inventiva de Problemas (TRIZ) y calidad en la gestión de proyectos de construcción, con énfasis en cómo se relaciona con la gestión de oportunidades y la Construcción Ajustada. SE consolidó un diseño observacional para evidenciar como la programación del flujo de trabajo, Ishikawa para las causas raíz, Lean Construction y TRIZ puede mejorar los procesos de innovación en la industria de la construcción al analizar la investigación existente y encuestar a aproximadamente 100 expertos en construcción en Noruega. Los hallazgos mostraron que TRIZ no se usó en absoluto en esta situación, lo que demuestra que existe la posibilidad de usarlo. Los 40 Principios Inventivos han demostrado ser herramientas útiles para encontrar formas de mejorar las cosas, reducir el desperdicio y aprovechar al máximo las iniciativas basadas en el análisis teórico. La investigación encuentra que TRIZ, Lean y opportunity management funcionan muy bien juntos, lo que puede impulsar la innovación y marcar una gran diferencia en el éxito de los proyectos de construcción.

Negi et al. (2024), en su artículo científico titulado “Percepción de las barreras a la implementación de la construcción Lean y Calidad en el sector de prefabricación de la India”. Tuvo por objetivo analizar la construcción ajustada y calidad como una forma significativa de aumentar la eficiencia en los sitios de construcción prefabricados en India. Enfatiza la necesidad de utilizar equipos de calidad para agilizar las operaciones y reducir el desperdicio. Aunque cada vez más personas se están dando cuenta de que la prefabricación es una forma

sostenible y efectiva de construir cosas, todavía hay muchos problemas que dificultan la adopción total de los conceptos Lean en este campo. Se consideró un enfoque cualitativo en función de lo que pensaban los especialistas en el área, utilizando un enfoque que incluía leer sobre el tema y recopilar datos a través de entrevistas. Un análisis factorial exploratorio encontró 25 obstáculos que podrían agruparse en 10 categorías comunes. La más importante fue que la gente no comprendía muy bien el método Lean. En conclusión, la investigación muestra que las obras prefabricadas requieren capacitación en técnicas Lean y de calidad como Value Stream Mapping (VSM) y Mejora Continua (Kaizen) para hacer más y trabajar de manera más eficiente.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Pérez et al. (2024), en su artículo científico “Influencia del BIM y Lean-Calidad en la mitigación de factores de retraso en proyectos de edificación”. Tuvo por objetivo analizar cómo el uso conjunto de herramientas de Lean-calidad y metodología BIM puede ayudar a reducir las razones clave por las que cambian los horarios y retrasos en proyectos de construcción. Bajo un enfoque cuantitativo se empleó una técnica de cinco pasos que incluía encontrar las causas de los retrasos, BIM, herramientas Lean, diagrama de flujo del proceso para diseñar y probar un cuestionario y realizar un análisis cuantitativo de los datos de 50 gerentes de proyecto y dos estudios de caso. Uno de los principales hallazgos es que el uso de 4D BIM para la planificación y el análisis constructivo, así como el sistema Last Planner (LPS) y las reuniones colaborativas, puede reducir los retrasos causados por errores de diseño, planificación deficiente y falta de coordinación. En conclusión, combinar BIM con Lean de una manera inteligente te ayuda a administrar mejor tu tiempo y hace que el proyecto sea más eficiente.

Benites y Benites (2022), en su estudio, evaluaron la eficacia de la metodología Lean Construction y el uso de herramientas de calidad en la mejora de la productividad del casco estructural en la I.E 2254, El Porvenir, Trujillo. Se llevó a cabo un estudio aplicado con un diseño experimental de tipo pre-experimental. La población y muestra del estudio incluyó el proceso constructivo del casco estructural de los cuatro módulos, enfocado en las partidas de ruta crítica más incidentes. Se implementaron diversas herramientas lean, como cartas balance, sectorización, planificación maestra, trenes de trabajo, Lookahead, planificación semanal, análisis de restricciones y porcentaje de plan de cumplimiento, complementadas por diagramas de Ishikawa y de flujo, para optimizar el tiempo, costo y calidad del proyecto. Los resultados indicaron un incremento en el trabajo productivo y en los rendimientos de las partidas, superando el 20%. La eficiencia en la planificación reflejó un porcentaje de planes completados del 80%, el cumplimiento del 100% de los plazos previstos en la obra, un avance de obra del 121.27%, y una mejora del 18% en la productividad del casco estructural, con una curva S que mostró un nivel de eficiencia 14% superior al de un proceso tradicional. Estos resultados reflejan una optimización de recursos y una reducción de trabajos contributarios y no contributarios, gracias a un adecuado planeamiento y control de obra. El análisis estadístico, realizado mediante el método T de Student, demostró una diferencia significativa de 0.000, con una media de -20.61, donde el posttest fue superior al pretest, validando así la hipótesis.

García (2021), en su estudio, tuvo por objetivo analizar cómo la metodología Lean Construction puede influir en la productividad de una obra de casco estructural multifamiliar. La metodología utilizada fue de tipo hipotético-deductiva, aplicada, con un nivel explicativo y un diseño no experimental de corte transversal, dado que las variables de estudio no fueron manipuladas ni sometidas a prueba. La población del estudio estuvo compuesta por 90 trabajadores, incluyendo la gerencia de proyectos, ingenieros residentes y supervisores de obra, así como colaboradores como asistentes de obra, contratistas y subcontratistas. Los resultados

obtenidos tras la aplicación de Lean Construction demostraron que esta metodología tuvo un impacto positivo en la productividad de la empresa. La evidencia sugiere que la implementación de Lean Construction influyó de manera favorable en los procesos de la empresa, contribuyendo a una mejora significativa en la productividad durante el periodo analizado.

Marín y Correa (2020), en su artículo científico, implementaron la metodología Lean Construction para mejorar la producción en la red de alcantarillado de la Av. Cieza De León – La Purísima. El diseño del estudio fue no experimental y cuantitativo, utilizando técnicas de encuesta y observación para recopilar datos sobre el rendimiento por hora, además de verificar las partidas correspondientes a la red de alcantarillado. Las conclusiones a las que llegó la investigación indican un aumento significativo en la productividad de la mano de obra, con un incremento del 10.5% en el rendimiento, una reducción del 13.83% en las pérdidas de productividad, y un ahorro en el costo directo de S/.21,523.52 soles. Las principales causas de las pérdidas identificadas fueron el desconocimiento de los procesos de gestión, la ejecución deficiente de los procesos constructivos y la falta de control en los trabajos realizados.

Finalmente, Chinchay (2023), en su estudio, abordó la problemática de la productividad, dado que una baja productividad puede provocar retrasos en la ejecución de proyectos. Las técnicas de recolección de datos incluyeron el análisis documental y la observación directa. La revisión de la literatura fue fundamental para entender el desarrollo del estudio y para diseñar formatos adecuados para la obtención de datos, los cuales fueron procesados utilizando software como Microsoft Excel, Ms Project y AutoCAD. Los resultados iniciales mostraron deficiencias en la productividad, con un avance físico del 29.38% frente a un objetivo del 86.21%. Sin embargo, tras la implementación de la metodología Lean Construction, los resultados mejoraron significativamente, logrando cumplir con la meta y evitando retrasos en la entrega del proyecto. Se concluye que la aplicación de la metodología

Lean Construction, a través de herramientas como Visual Management, Last Planner System, Value Stream Mapping y gestión de proyectos, tiene un impacto positivo en la productividad y en los avances del proyecto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el efecto de la implementación la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de calidad para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificación, Jesús María, 2024.
- Evaluar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.
- Analizar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.
- Evaluar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.

1.4. Justificación

1.4.1. *Práctica*

Desde una perspectiva práctica, la adopción de Lean Construction con herramientas de calidad busca optimizar los procesos constructivos, eliminando actividades que no generan valor y mejorando la coordinación entre los actores del proyecto. En el caso específico del Edificio Multifamiliar Cuba, la aplicación de esta metodología es fundamental para revertir los sobrecostos del 20% y el retraso del 15% registrados inicialmente bajo un enfoque tradicional.

La magnitud del proyecto, que comprende una edificación de 22 pisos y 4 sótanos, exige una gestión eficiente de recursos para garantizar que el casco estructural se complete bajo el presupuesto asignado. Los beneficiarios directos son la constructora, al volverse más competitiva mediante la entrega de proyectos de alta calidad en menor tiempo, y los futuros propietarios, quienes recibirán una edificación que cumple con estándares superiores de seguridad y resistencia estructural. Asimismo, la estandarización de procesos permite reducir conflictos operativos, consolidando la imagen de eficiencia de la empresa en el sector inmobiliario.

1.4.2. *Social*

En el aspecto social, la investigación contribuye a la sostenibilidad urbana y la responsabilidad social corporativa. Al minimizar los desperdicios de materiales y optimizar el uso de recursos humanos, se fomenta una construcción más respetuosa con el medio ambiente, alineada con la necesidad global de reducir el impacto ecológico de la industria

Además, la mejora en la productividad genera un entorno laboral más seguro para los trabajadores de la obra, reduciendo los riesgos de accidentes mediante la organización y limpieza que proponen herramientas como las 5S. A nivel comunitario, la entrega oportuna de un edificio de 129 departamentos en un distrito de alta densidad como Jesús María ayuda a

mitigar la brecha habitacional, respondiendo con infraestructura de calidad a la demanda de espacios residenciales seguros y resilientes.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.
- La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.
- La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.
- La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Epistemología de la filosofía Lean Construction*

La epistemología de la metodología Lean Construction se basa en un enfoque pragmático para mejorar los procesos constructivos, eliminando desperdicios y maximizando el valor. Desde la epistemología, esta metodología se basa en un paradigma de eficiencia y mejora continua, propio de la filosofía Lean Manufacturing, pero adaptado al sector de la construcción. Este concepto trata de combinar los conocimientos prácticos y las herramientas de gestión para alinear los objetivos de los proyectos con las expectativas de los clientes, generando una visión crítica de las prácticas tradicionales (Zambrano et al., 2019).

Como cuerpo de conocimiento científico, Lean Construction se fundamenta en teorías sistémicas y prácticas colaborativas que reconocen la interdependencia de los actores en los proyectos. Entre ellas, la aplicación de metodologías como el Last Planner System, que cambia la forma de controlar el tiempo y los recursos de una manera predictiva y preventiva (Pérez et al., 2019). Desde su epistemología defiende la construcción de conocimiento a través de la observación empírica, la experiencia directa y el análisis constante de los resultados para una retroalimentación adaptable (Razo & García, 2021).

Finalmente, la epistemología de Lean Construction apoya un cambio cultural en la industria, donde se priorice la transparencia, la comunicación y la confianza. Esto implica revolucionar los valores tradicionales y construir un aprendizaje colectivo como base de la toma de decisiones. En ese sentido, el enfoque epistemológico es una manera de hacer no sólo resolver problemas inmediatos, sino que crea un impacto a futuro en la manera en que se manejan los proyectos de construcción (Rojas et al., 2016).

2.1.1.1. Origen de la metodología Lean Construction. La metodología Lean Construction se apoya en la filosofía Lean Manufacturing, desarrollada por Toyota en los años 50. Esta metodología buscaba mejorar la producción, eliminar desperdicios, maximizar el valor para el cliente y mejorar continuamente los procesos. Su uso en la industria de la construcción se empezó a desarrollar en los años 90, al ver académicos y profesionales la necesidad de una manera más eficiente de gestionar proyectos de construcción, los cuales siempre han tenido problemas de sobre costos, retrasos y baja productividad (González & Estrada, 2015).

El pensamiento Lean Construction fue propuesto por el International Group for Lean Construction (IGLC), un grupo de expertos establecido en 1993. Este equipo adaptó el sistema Toyota al sector de la construcción, adaptándolo a la naturaleza de los proyectos (su singularidad, la diversidad de actores...). En ese contexto surgieron herramientas como el Last Planner System, para controlar colaborativamente la planificación y ejecución de obras, coordinando a los actores (Díaz et al., 2019).

2.1.1.2. Contextualización de la Filosofía Lean Construction. Lean Construction es una forma de hacer más eficiente la construcción, eliminando desperdicios y optimizando los procesos. Esta filosofía nace de la "Lean Production" que Toyota desarrolló para la industria automotriz, con el objetivo de crear valor para el cliente y eliminar todo lo que no genere valor (Marín & Correa, 2020). En la edificación, Lean Construction significa diseñar y ejecutar proyectos para minimizar el desperdicio de tiempo, materiales y recursos y maximizar la eficiencia (Parameswaran et al., 2025).

La implementación de Lean Construction significa cambiar la forma de pensar del sector, tradicionalmente reactiva y enfocada en solucionar problemas a medida que surgen. Por el contrario, Lean Construction establece una cultura de mejora continua donde todos los

involucrados en un proyecto colaboran para identificar y eliminar desperdicios desde el inicio. Esto requiere la planificación detallada de todas las etapas del proyecto, la estandarización de procesos e implementación de tecnologías que garanticen la continuidad del flujo de trabajo (Machalski et al., 2022).

Pero más allá de la reducción de desperdicios, Lean Construction también promueve la comunicación y la colaboración de todos los involucrados en el proyecto. Esto es esencial para que todos los participantes conozcan los objetivos del proyecto y puedan tomar decisiones informadas sobre la marcha. La filosofía Lean también fomenta la flexibilidad y la adaptabilidad; los proyectos se pueden modificar a medida que cambian las circunstancias (Pérez et al., 2024).

2.1.1.3. Objetivos de la metodología Lean Construction. Los objetivos de la metodología Lean Construction son mejorar la productividad y la eficiencia en los proyectos de construcción. "El propósito es reducir al mínimo los desperdicios en cualquier fase del proyecto, desperdicios de tiempo, materiales, mano de obra o dinero". Al eliminar estas ineficiencias, los tiempos de entrega mejoran y los costos de los proyectos de construcción disminuyen (Cruz & Centeno, 2019).

Otro objetivo de Lean Construction es mejorar la calidad de los productos finales. Planificando y ejecutando de manera controlada, Lean Construction asegura que cada etapa se complete como se espera, mejorando la satisfacción del cliente. Esto también significa menos retrabajos, errores y correcciones, que siempre están asociados con las formas menos estructuradas de gestión (Collachagua, 2017).

La metodología Lean Construction también tiene como objetivo mejorar la comunicación y la colaboración entre todos los participantes del proyecto. Esto se logra mediante la implementación de procesos estandarizados que facilitan la coordinación y el flujo

de información entre los diferentes actores involucrados, desde el cliente hasta los contratistas y subcontratistas. Una mejor comunicación conduce a una toma de decisiones más rápida y efectiva, lo que a su vez mejora la eficiencia del proyecto (Castro et al., 2022).

2.1.1.4. Principios de la metodología Lean Construction. La metodología Lean Construction se basa en unos principios que guían la planificación y ejecución de proyectos de construcción. Uno de los principios es la identificación y eliminación de desperdicios en todas las fases del proyecto. Estos desperdicios son todo aquello que no aporta valor al producto final: esperas, sobreinventario, retrabajos, movimientos innecesarios. La eliminación de estos desperdicios es esencial para hacer más eficiente y disminuir los costos (Chinchay, 2023).

Otro principio de Lean Construction es la mejora continua (Kaizen en japonés). Este principio implica la revisión y mejora continua de los procesos para encontrar puntos débiles y realizar cambios pequeños que mejoren la eficiencia y la calidad. La mejora continua es una práctica fundamental en Lean Construction, que permite a los equipos de proyecto ajustarse a nuevas condiciones y mejorar con el tiempo (Abd & Syazli, 2020).

Generar valor desde la mirada del cliente es otro de los principios de Lean Construction. Esto significa que todo lo que se haga en el proyecto debe de ir encaminado a entregar un producto que satisfaga o supere las expectativas del cliente. Para ello, se deben conocer las necesidades del cliente y orientar todos los procesos y recursos del proyecto a satisfacerlas eficientemente (Acosta, 2018).

2.1.2. Carta balance

La carta balance es una de las herramientas Lean Construction para analizar y equilibrar la carga de trabajo entre actividades y recursos de un proyecto constructivo. Esta herramienta hace posible observar cómo se encuentra distribuido el trabajo y que no existan sobrecargas o

subutilización de los recursos, lo cual es esencial para la eficiencia y el flujo continuo de las operaciones (Díaz et al., 2019).

En la carta balance se visualizan de forma gráfica las tareas planificadas y el tiempo que tardarán en completarse según los recursos de los que se disponga. Esto permite detectar posibles cuellos de botella o puntos donde el trabajo está desequilibrado. Al balancear la carga de trabajo se evita el backlog y se aseguran de que todos los recursos se utilicen de manera óptima, lo que conduce a una mayor productividad y menor tiempo de ciclo (Giménez, 2022).

La carta balance también permite la articulación entre distintas disciplinas y equipos del proyecto. Conociendo la forma en que se asignan las tareas, los jefes de proyecto pueden hacer ajustes en la asignación de recursos o en la programación para prevenir interrupciones en el flujo de trabajo. Esto es vital en proyectos constructivos complejos, donde muchas tareas tienen que sincronizarse para completarse a tiempo (González & Estrada, 2015).

2.1.3. Trabajo productivo

El trabajo productivo en Lean Construction se refiere a las actividades que directamente contribuyen al avance del proyecto y la creación de valor para el cliente. Este concepto es fundamental, ya que Lean Construction se enfoca en maximizar el tiempo y los recursos dedicados al trabajo productivo, mientras se minimizan o eliminan las actividades que no aportan valor, conocidas como desperdicios (Flores, 2022).

El primer paso para hacer más productivo el trabajo es identificar y separar las actividades productivas de las no productivas. Esto requiere una revisión de los flujos de trabajo para identificar qué pasos son críticos para el avance del proyecto y cuáles son redundantes o ineficientes. Las actividades no generadoras de valor, como esperas, reprocesos, movimientos innecesarios y sobreinventario, deben ser eliminadas o minimizadas (Muñoz et al., 2018).

Una vez que se ha reconocido el trabajo productivo, hay que mejorar los procesos para hacerlos más eficientes. Esto puede incluir enfoques de planificación como el Last Planner System, que asegura que las tareas productivas se planifiquen y ejecuten sin problemas, minimizando interrupciones y tiempos muertos. La estandarización de procesos, la capacitación del personal también son factores que maximizan el trabajo productivo (Llerena, 2019).

2.1.4. *Análisis de restricciones*

El análisis de restricciones es una técnica de Lean Construction para reconocer y controlar las restricciones que pueden bloquear o demorar el avance de un proyecto constructivo. Estas limitaciones pueden ser físicas (por ejemplo, materiales o equipos) u organizativas (por ejemplo, falta de coordinación o información) (Negi et al., 2024).

El análisis de restricciones consiste en determinar todas las posibles restricciones que puedan afectar el proyecto. Esto requiere una revisión completa de los planes del proyecto, la logística, la cadena de suministro, la comunicación entre equipos y disciplinas. Una vez identificadas, las restricciones se priorizan según el tamaño de su impacto potencial en el proyecto, partiendo de las que generan mayor riesgo (Osunsammi et al., 2019).

Una vez que se han identificado y priorizado las restricciones, el siguiente paso es idear maneras de aliviarlas o eliminarlas. Esto puede requerir la reprogramación de tareas, la asignación de recursos adicionales, la mejora de la comunicación entre equipos o la implementación de soluciones tecnológicas para una mejor coordinación. "El objetivo es que las limitaciones no interrumpan el flujo de trabajo y que el proyecto avance sin detenerse" (Parameswaran et al., 2025).

2.1.5. Herramientas de calidad

Las herramientas de calidad son esenciales en Lean Construction para garantizar que los proyectos se realicen con altos estándares de calidad, satisfaciendo las especificaciones y expectativas del cliente. Estas herramientas capacitan a los equipos constructores para reconocer, analizar y solucionar problemas que influyan en la calidad del producto final, desde la etapa de planificación hasta la ejecución y entrega del proyecto (Miranda y Torobisco, 2019).

Una de las herramientas de calidad más comunes es el diagrama de Ishikawa, también llamado de causa y efecto o de espina de pescado. Esta metodología ayuda a descubrir las verdaderas causas de los problemas de calidad, y permite a los equipos trabajar en las causas raíz en vez de en los síntomas. El diagrama de Ishikawa es una herramienta útil para abordar problemas complejos con múltiples causas interrelacionadas (Pérez et al., 2024).

Otra herramienta es el control estadístico de procesos (SPC), que usa estadísticas para controlar procesos. El SPC detecta variaciones en los procesos que pueden influir en la calidad del producto final, y permite a los equipos de obra hacer correcciones antes de que los problemas se conviertan en defectos costosos. El SPC se utiliza para controlar la uniformidad y la calidad en proyectos constructivos donde la precisión y la repetibilidad son críticas (Díaz y Salazar, 2021).

2.1.6. Diagrama de flujo

El flujograma es una herramienta gráfica utilizada en Lean Construction para representar los pasos o procesos en un proyecto de construcción. Esta técnica es esencial para entender, analizar y mejorar los flujos de trabajo, y ayuda a los equipos a visualizar cómo se conectan las tareas y cómo los recursos se mueven a través de las etapas del proyecto (Rivero & Ortiz, 2022).

Un diagrama de flujo constructivo usa símbolos estandarizados para representar los pasos en un proceso, como actividades, decisiones y flujos de materiales o información. Estos iconos están unidos por flechas que señalan el orden y la dirección del flujo. Al plasmar en un flujograma todos los pasos de un proceso, los equipos pueden visualizar con facilidad ineficiencias, redundancias o cuellos de botella que estén ralentizando el proyecto o generando desperdicios (Pairol et al., 2020).

Para elaborar un diagrama de flujo, primero se deben identificar todas las actividades principales del proceso constructivo, desde la planificación hasta la ejecución y finalización. Cada actividad se representa con un símbolo en el diagrama y se indica el orden en que suceden las actividades. Este proceso de mapeo le permite a los equipos de proyecto visualizar cómo se conectan las tareas y cómo fluyen los recursos entre ellas (Vargas y Camero, 2021).

2.1.7. Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado de espina de pescado o de causa y efecto, es una herramienta de Lean Construction para encontrar las causas raíz de un problema determinado en un proyecto de construcción. Esta herramienta fue creada por el profesor Kaoru Ishikawa y es una de las más utilizadas para el análisis de problemas en la gestión de la calidad (Álvarez et al., 2024).

El diagrama de Ishikawa se visualiza como una espina de pescado, donde el "hueso" principal es el problema para analizar y las "espinas" que se desprenden del hueso principal son las posibles causas del problema. Estas causas se clasifican en categorías generales como mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medio ambiente, etc. Cuando se mira el problema de esta manera, los equipos pueden investigar todas las causas posibles y ver cómo se combinan para causar el problema que se ha identificado (Álvarez et al., 2024).

2.1.8. *La productividad*

La productividad en la construcción es la eficiencia con la que se emplean los recursos para alcanzar los resultados esperados en un proyecto; es la relación entre la producción y los recursos consumidos. La productividad es un indicador en Lean Construction, ya que esta metodología busca maximizar el valor entregado al cliente y minimizar los recursos consumidos (tiempo, materiales, mano de obra, etc.) (Pérez et al., 2019).

Uno de los objetivos de Lean Construction es hacer más productivo el proceso, eliminando todo aquello que suponga un desperdicio. Estos desperdicios pueden ser esperas, movimientos innecesarios, defectos que necesitan ser corregidos y sobreproducción. Al reconocer y eliminar estos desperdicios, Lean Construction pretende optimizar los procesos y hacerlos más eficientes, mejorando así la productividad (Shaqour et al., 2025).

La forma de medir la productividad en un proyecto constructivo puede variar; se puede medir el rendimiento de la mano de obra, los tiempos de ciclo, el avance real vs. el planificado, etc. Estas métricas ayudan a los gerentes de proyecto a medir la eficiencia de las operaciones y a tomar decisiones para mejorarlas. En Lean Construction, la productividad no solo se refiere a la cantidad de trabajo producido, sino también a la calidad y satisfacción del cliente (Valdes et al., 2022).

2.1.9. *Análisis de rendimiento*

El análisis de rendimiento es una herramienta de Lean Construction para medir qué tan eficientemente se están empleando los recursos en un proyecto constructivo. Esta evaluación implica medir la productividad de la mano de obra, equipos y materiales en el progreso del proyecto. El análisis de desempeño busca encontrar puntos de mejora y mejorar los procesos para hacerlos más eficientes y reducir los costos (Negi et al., 2024).

Una de las maneras más frecuentes de medir el desempeño es por medio de la productividad de la mano de obra, es decir, lo que producen los trabajadores en un tiempo determinado. Esta métrica permite a los gerentes de proyecto saber si el trabajo se está realizando eficientemente y si se están alcanzando los objetivos de producción. En Lean Construction, el control de productividad de la mano de obra es determinante para el éxito del proyecto (Llerena, 2019).

2.1.10. Last Planner

El Last Planner System (LPS) es una herramienta de planificación y gestión de proyectos utilizada en Lean Construction para mejorar la predictibilidad y eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción. Desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, el LPS se basa en la colaboración entre todos los actores involucrados en un proyecto para asegurar que las tareas se planifiquen y ejecuten de manera realista y coordinada, minimizando los retrasos y aumentando la productividad (Flores, 2022).

El LPS se compone de varias etapas, desde la planificación maestra estableciendo objetivos e hitos principales del proyecto. Esta planificación de alto nivel es seguida por la planificación intermedia o de fase, que desglosa los hitos en tareas más detalladas y establece la secuencia en que deben realizarse. La planificación más detallada es la semanal o lookahead, donde se planifican las tareas específicas que se ejecutarán en las próximas semanas, considerando las restricciones y los recursos disponibles (Hoyos & Botero, 2018).

Una de las características que definen el Last Planner System es el compromiso y la responsabilidad de los equipos de trabajo. En vez de establecer un cronograma desde la gerencia del proyecto, el LPS involucra a los "últimos planificadores" o ejecutores de las tareas en la planificación y programación de su trabajo. Garantiza que las tareas se planifiquen de

forma realista y que los equipos se comprometan a cumplir los plazos, lo que disminuye la variabilidad y aumenta la predictibilidad del proyecto (Muñoz et al., 2018).

2.1.11. Trenes de trabajo

Los trenes de trabajo son una táctica de Lean Construction para ordenar y sincronizar los pasos de un proceso, de modo que el trabajo fluya sin interrupciones en un proyecto de construcción. Esta técnica se fundamenta en los flujos continuos de producción, en los cuales las operaciones se encadenan para que cada operación se complete justo a tiempo para que la siguiente pueda comenzar; no hay esperas ni acumulaciones (Pérez et al., 2024).

En una obra constructiva, los trenes de trabajo se escalonan en el tiempo para que las distintas disciplinas o equipos de trabajo puedan ir avanzando en un orden preestablecido. Esto implica una planificación para garantizar que los recursos necesarios (materiales, equipos, mano de obra, etc.) estén disponibles en el momento preciso para cada actividad. "El propósito es establecer un flujo constante de trabajo y minimizar el tiempo muerto entre una tarea y otra" (Miranda & Torobisco, 2019).

La aplicación de trenes de trabajo en Lean Construction también requiere la estandarización de procesos y la eliminación de variabilidades que interrumpan el flujo. Esto implica planificar cada tarea, coordinar entre equipos y monitorear para garantizar que el trabajo se esté ejecutando según lo previsto. La estandarización de procesos garantiza que cada tarea se realice de manera consistente y eficiente; esto es esencial para garantizar un flujo de trabajo continuo (Pinzón & Millán, 2017).

2.1.12. Porcentaje de programa de cumplimiento

El porcentaje de programa de cumplimiento (PPC) es una métrica usada en Lean Construction para determinar qué tan bien se está planificando y ejecutando el trabajo en un proyecto de construcción. $PPC = (\% \text{ de tareas planificadas completadas a tiempo en un$

período de tiempo). Esta métrica es una medida de ejecución de un proyecto y determina la fiabilidad de la planificación y la capacidad de los equipos de trabajo para cumplir con los plazos estimados (Miranda & Torobisco, 2019).

El PPC es una métrica del Last Planner System, utilizada para hacer seguimiento al cumplimiento de las tareas semanales y ajustar la planificación en base a los resultados. Un PPC elevado significa que la mayoría de las actividades planificadas se están cumpliendo en el tiempo previsto, lo que es señal de una buena planificación y de que los equipos de trabajo están funcionando eficazmente. Por el otro, un PPC bajo señala que algo anda mal en la planificación o ejecución y debe ser corregido (Michalski et al., 2022).

2.1.13. La curva S

La curva S es una representación gráfica utilizada en la gestión de proyectos de construcción para mostrar el avance acumulado de un proyecto a lo largo del tiempo. La curva S se llama así porque tiene la forma de una "S". Esta curva se usa para comparar el avance real del proyecto contra lo planeado, y así los gerentes de proyecto pueden medir el desempeño y tomar medidas correctivas para poner el proyecto en curso (Figueroa et al., 2017).

En Lean Construction, la curva S es una forma de visualizar el avance del proyecto. Si se grafica el costo acumulado o el trabajo realizado en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal, la curva S representa cómo se está desarrollando el proyecto en el tiempo. Al principio del proyecto la curva es bastante llana, se están sentando las bases y los preparativos. A medida que el proyecto avanza y el ritmo se acelera, la curva se eleva, mostrando que la producción aumenta. Finalmente, la curva se vuelve a aplanar a medida que el proyecto se acerca a su finalización (Díaz et al., 2019).

2.1.14. Porcentaje de la productividad

El porcentaje de productividad es una métrica que se utiliza en Lean Construction para evaluar la eficiencia con la que se están utilizando los recursos en un proyecto de construcción. Esta métrica se calcula como la relación entre la producción real obtenida y la producción planificada, expresada como un porcentaje. Un porcentaje de productividad del 100% indica que la producción real ha cumplido con las expectativas, mientras que un porcentaje superior a 100% sugiere que se ha superado lo planificado, y un porcentaje inferior indica que la producción ha sido menor de lo esperado (Garcés & Peña, 2023).

El cálculo del porcentaje de productividad sirve para reconocer en qué puntos se puede mejorar. Si el porcentaje siempre es bajo, algo está fallando en la planificación, gestión o ejecución. Al conocer las razones que están afectando la baja productividad, los gerentes de proyecto pueden tomar medidas correctivas, tales como reprogramar tareas, capacitar más al personal o mejorar los procesos de trabajo (Cortés et al., 2020).

El porcentaje de productividad también sirve para dar seguimiento al avance del proyecto en el tiempo. Al medir la productividad en distintas fases del proyecto, los gerentes pueden reconocer tendencias y patrones que les permitan refinar sus estrategias y mejorar la eficiencia. Esta información sirve para la mejora continua, ya que permite a los equipos de proyecto aprender de la experiencia y utilizarla para mejorar el desempeño en proyectos futuros (Collachagua, 2017).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Enfoque de la investigación*

En cuanto al enfoque de investigación, fue cualitativa. Se basó sobre el análisis in situ de campo, por medio de la recolección de valores requeridos por medio de ficha de datos para luego ser analizados de acuerdo con las condiciones de campo (Hernández et al., 2014). Aunado a ello, se abordó un nivel explicativo, ya que se comprendió la incidencia entre las variables de estudio.

3.1.2. *Tipo de investigación*

Al mismo tiempo, la investigación fue aplicada porque se basó en un defecto de campo organizacional, específicamente en la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba. Esto es para que, luego de diseñada e implementada la gestión, se establezca la estructura concreta dentro de un territorio específico. Según Ramos et al. (2021), el objetivo es identificar enfoques que puedan utilizarse para abordar un problema específico. En campos como la ingeniería, el desarrollo del conocimiento práctico se basa en la comprensión teórica, que es la base de la investigación aplicada.

3.1.3. *Nivel de la Investigación*

La investigación fue de nivel explicativo, ya que su propósito principal fue determinar la relación de causa-efecto y comprender la incidencia entre las variables de estudio. Según Hernández et al. (2014), los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos y se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta.

3.1.4. *Diseño de la investigación*

Además, se enmarcó en un diseño no experimental. Vega & Barrantes (2022), mencionan que, es aquel en el que el investigador observa y analiza fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, sin manipular deliberadamente las variables independientes. En este sentido, la investigación tuvo como propósito describir, correlacionar o explicar relaciones existentes entre variables, a partir de la información recolectada en un momento específico o en distintos periodos de tiempo, manteniendo la objetividad y sin intervención directa en la realidad estudiada.

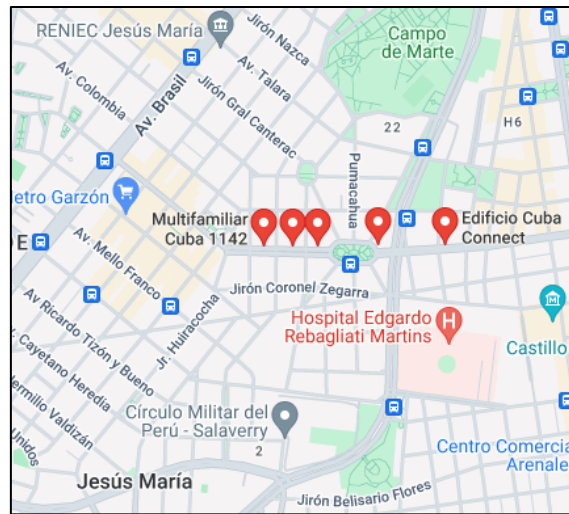
3.2. *Ámbito temporal y espacial*

3.2.1. *Ámbito temporal*

Desde una perspectiva temporal, la investigación se basó en un tiempo relevante, denominado corte longitudinal, donde se promovió el levantamiento correspondiente en función del avance de la obra en el tiempo. Esto promovió el estado continuo del diseño estructural y la aplicación de las herramientas Lean para la construcción del edificio multifamiliar.

3.2.2. *Ámbito espacial*

Desde un punto de vista espacial, el edificio multifamiliar Cuba se encontró ubicado en el distrito de Jesús María en la avenida Cuba 1044. Geográficamente se representa de la siguiente manera:

Figura 1*Ubicación de la obra*

Nota: Extraído de Google maps, todos los derechos reservados al 2024.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Posteriormente, se divide la variable independiente del estudio.

Y₁: Metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad

Definición conceptual: La Metodología Lean Construction es un enfoque de gestión aplicado al sector de la construcción, derivado de la filosofía Lean Manufacturing, que busca optimizar los procesos, eliminar desperdicios, maximizar el valor para el cliente y mejorar la productividad en los proyectos. Se basa en principios como la mejora continua, la colaboración y la planificación eficiente (Cortés et al., 2020). Por su parte, las herramientas de calidad son técnicas y métodos utilizados para garantizar que los procesos y resultados cumplan con los estándares establecidos, promoviendo la detección y solución de problemas. Entre estas herramientas destacan los diagramas de flujo, el diagrama de Ishikawa, los histogramas y el

control estadístico de procesos, que, junto con Lean Construction, potencian la eficiencia y la calidad en los proyectos constructivos (Díaz & Salazar, 2021).

Definición operacional: La Metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad se medirá mediante sus dimensiones: carta balance, análisis de restricciones, diagrama de flujo e Ishikawa, evaluando su aplicación y efectividad en la gestión de los procesos constructivos.

Dimensiones: Carta balance, análisis de restricciones, diagrama de flujo, Ishikawa.

3.3.2. *Variable dependiente*

X: Productividad

Definición conceptual: La productividad es un indicador que relaciona la cantidad de bienes o servicios producidos en un periodo determinado con los recursos empleados. Se suele medir como el cociente entre la cantidad de bienes producidos y los insumos empleados, como trabajo, capital o materiales (Ramírez et al., 2022). Mayor productividad significa obtener más resultados con menos recursos, lo que demuestra una utilización eficiente y sostenible de los recursos. En el ámbito empresarial, la productividad es determinante para ser más competitivo, disminuir costos y mejorar la rentabilidad, objetivo principal para la mejora de procesos y la gestión estratégica (Giménez, 2022).

Definición operacional: La productividad se evaluará a través de las dimensiones: trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo y planificación, midiendo la eficiencia en la utilización de recursos y el desempeño de los procesos constructivos.

Dimensiones: Trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, planificación.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Se empleó como población las construcciones de edificaciones multifamiliares de alta densidad que enfrentan desafíos de productividad en el distrito de Jesús María, departamento de Lima Metropolitana. En tal sentido, la población se define como el conjunto total de elementos que poseen características comunes sobre los cuales se pretende investigar (Chero, 2024).

3.4.2. Muestra

La muestra está compuesta por la obra de construcción del Edificio Multifamiliar Cuba, una edificación de 22 pisos, azotea y 4 sótanos con un área techada total de 12,186.33 m². La elección de esta unidad de estudio responde a criterios técnicos de selección o condiciones de inclusión que garantizan la viabilidad y el rigor científico de la investigación:

Complejidad y Repetitividad de la Estructura: El proyecto presenta una configuración arquitectónica de 22 niveles con plantas típicas (del piso 2 al 21). Esta característica es fundamental para la investigación, ya que permite la implementación de sectores y trenes de trabajo con ciclos repetitivos, facilitando la estandarización de procesos y la estabilización del flujo de producción.

Representatividad de la Crisis de Productividad: La obra fue seleccionada por ser un caso crítico que refleja fielmente la problemática del sector. Al inicio del estudio, el proyecto presentaba sobrecostos del 20% y retrasos del 15% respecto al cronograma inicial. Esta vulnerabilidad operativa permitió validar la efectividad de la metodología Lean Construction en un escenario real de baja eficiencia.

Disponibilidad de Diagnóstico Inicial y Trazabilidad: Se incluyó este edificio por contar con una línea base documentada y trazable. El proyecto disponía de un diagnóstico inicial que reportaba un Tiempo No Contributivo (TNC) del 31% y un Tiempo Productivo (TP) de solo el 43%. Estos datos permitieron establecer una comparación objetiva bajo un diseño de corte longitudinal.

Fase Constructiva Crítica: El estudio se concentró exclusivamente en la etapa de casco estructural, específicamente en las partidas más incidentes de la ruta crítica. Esta fase permite un control riguroso de las Horas Hombre (HH) y la aplicación del sistema Last Planner, asegurando que los resultados sean atribuibles directamente a la mejora implementada.

La muestra queda bien definida como el subconjunto de la población cuyas características son similares y finitas (Quispe et al., 2020).

3.4.3. Muestreo

La investigación fue realizada mediante un muestreo no probabilístico u orientada por conveniencia. Se desarrolla el juicio crítico de qué muestra tiende a ser la más idónea para el estudio, de tal forma, logra ser manejable para el investigador (Niño, 2019).

3.5. Instrumentos

Un instrumento de recolección de datos es el medio estructurado que se utiliza para obtener información de la muestra, mediante preguntas, registros u observaciones, con el fin de medir las variables de una investigación de manera sistemática y objetiva (Hernández et al., 2014). Con base en la conceptualización se consideraron las siguientes fichas técnicas.

- Carta Balance (indicador 1, anexo 2)
- Plan Maestro LookAhead (indicador 2, anexo 2)
- Análisis de Restricciones (indicador 3, anexo 2)

- Carta Balance (indicador 4, anexo 2).

3.6. Procedimientos

En la siguiente investigación se aplicó la metodología en su totalidad. También estuvo relacionado con la observación de campo y recolección de datos, donde se recolectaron condiciones muy específicas para establecer las partidas necesarias para la construcción del edificio multifamiliar. En este sentido, se aplicó metodologías de análisis y evaluación ejecutando una metodología inductiva en la recolección de datos con el fin de deducir diversas conclusiones y formulaciones de lo que se desea lograr a través del razonamiento lógico. Consecuentemente, el paso metodológico se siguió de la siguiente manera:

3.6.1. Etapa 1 diseño de instrumentos de recolección de datos

Se diseñaron los instrumentos de recolección de datos, consistentes en fichas de observación, cuestionarios estructurados y formatos de registro. Estos se elaboraron tomando como referencia las dimensiones de cada variable: carta balance, análisis de restricciones, diagrama de flujo e Ishikawa para la variable independiente; y trabajo productivo, contributivo, no contributivo y planificación para la variable dependiente.

3.6.2. Etapa 2 validación de instrumentos

Para asegurar la validez de los instrumentos, se realizó su validación y confiabilidad. Se utilizó el juicio de expertos, quienes valoraron la claridad, pertinencia y coherencia de cada ítem. Luego, se realizó una prueba piloto con un pequeño grupo, lo que permitió determinar el coeficiente Alfa de Cronbach y asegurar la confiabilidad estadística de las herramientas.

3.6.3. Etapa 3 recolección de datos de productividad bajo enfoque tradicional

Pasada esta etapa se llevó a cabo la labor de campo y recolección de datos en la obra multifamiliar Cuba, en Jesús María. En este proceso se tomaron datos relacionados con la

aplicación de Lean Construction y el comportamiento de la productividad en los distintos frentes de trabajo, en el cual participaron supervisores y encargados de obra.

3.6.4. Etapa 4 aplicación de la mejora Lean Construction con las herramientas de la calidad

Pasada esta etapa se llevó a cabo la labor de campo y recolección de datos en la obra multifamiliar Cuba, en Jesús María. En este proceso se aplicaron las herramientas de calidad Carta Balance, análisis de Restricciones, diagrama de Ishikawa, diagrama de flujo viendo la repercusión en el Last Planer y el valor Ganado.

3.6.5. Etapa 5 recolección de datos de productividad con la aplicación de Lean Construction con las herramientas de la calidad

Pasada esta etapa se llevó a cabo la labor de campo y recolección de datos en la obra multifamiliar Cuba, en Jesús María. En este proceso se tomaron datos relacionados con la aplicación de Lean Construction con las herramientas de calidad en el comportamiento de la productividad en los distintos frentes de trabajo, en el cual participaron supervisores y encargados de obra

3.6.6. Etapa 6 elaboración de resultados

Analizar los indicadores horas efectivas, porcentaje de tiempo útil, porcentaje de preparación y transición y tiempo de retrabajo detectado antes y después de la implementación.

3.7. Análisis de datos

El análisis de datos se orientó a comprender en profundidad cómo la implementación de la metodología Lean Construction y sus herramientas carta balance, análisis de restricciones, diagrama de flujo e Ishikawa influyeron en los procesos y dinámicas de trabajo dentro de la obra multifamiliar. Se realizó una interpretación descriptiva de los registros de campo y observaciones directas durante las fases de ejecución, identificando percepciones, cambios conductuales y mejoras en la organización del trabajo. Este enfoque permitió explorar no solo

los resultados visibles en términos de productividad, sino también los factores humanos, comunicativos y procedimentales que explicaron el éxito o las limitaciones de la implementación Lean, aportando una comprensión integral del proceso constructivo desde la experiencia de los actores involucrados.

3.8. Consideraciones éticas

A fin de salvaguardar la identidad de los participantes se trabajó con herramientas estandarizadas como la Norma Técnica en los cuales no figuran datos o formas de identificar al examinado, siendo el carácter normativo lo que definió esta aplicación. Asimismo, antes de la aplicación o comparativa de la normativa relacionada a la gestión se realizó posterior a la aprobación por parte de las autoridades correspondientes, sobre los alcances del estudio, el uso de los datos, mediante la lectura de una carta de consentimiento del participante, quedando en la elección personal de ellos si se quedan o se retiran del ambiente donde se abordó la construcción de la obra.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la obra

4.1.1. Ubicación del proyecto

Está ubicado en la provincia de Lima, distrito de Jesús María, bajo el nombre de la vía (avenida Cuba), bajo la manzana o lote urbanizado siguiente: 1142-1142°-1144-1150-1156-1158.

4.1.2. Características del lote

Las características vienen dadas por la siguiente tabla:

Tabla 1

Características del lote

Parámetro	Descripción
Área, lindero	670.14 m ²
	Terreno irregular de cuatro frentes
Desarrollo	El primer lado (frontal) con la Avenida Cuba se tiene un frente conformado por una recta de continua de 16.60 ml.
	El lado izquierdo colinda con terceros y está conformado por una recta de continua de 40.20 ml.
	El lado del fondo está conformado por una recta de continua de 16.61 ml.
	El lado derecho colinda con terceros y está conformado por una recta de continua de 40.00 ml.

Nota. Extraído del expediente técnico.

4.1.3. Aspectos generales

El inmueble está compuesto por una edificación multifamiliar de 22 pisos destinados a 126 departamentos flats y 3 departamentos dúplex, con áreas mayores a 38 m²; en el primer piso se encuentra el acceso a las viviendas, un ingreso al estacionamiento del primer nivel, ingreso a sótanos de estacionamientos y el acceso al local comercial por el frente de la Av. Cuba ; así mismo, 4 sótanos destinados a estacionamientos vehiculares (9 estacionamientos en primer nivel + 40 estacionamientos en sótanos).

Con un área techada total de 12,186.33m², la distribución de área de los distintos niveles se expone a continuación:

Tabla 2

Distribución del área por niveles en obra

Pisos	Área techada en m ²
Sótano 4 y PTAR	476.81
Sótano 3	624.54
Sótano 2	624.54
Sótano 1	617.19
Piso 1	549.29
Piso 2	462.57
Piso 3	449.66
Piso 4	449.66
Piso 5	449.66
Piso 6	449.66
Piso 7	449.66
Piso 8	449.66
Piso 9	449.66

Piso 10	449.66
Piso 11	449.66
Piso 12	449.66
Piso 13	449.66
Piso 14	409.02
Piso 15	409.02
Piso 16	409.02
Piso 17	409.02
Piso 18	409.02
Piso 19	409.02
Piso 20	409.02
Piso 21	409.02
Piso 22	409.02
Azotea	203.95
Total	12,186.33 m2

Nota. Extraído del expediente técnico.

4.1.4. Volumetría

A. Retiros. El volumen edificatorio se emplaza respetando el retiro municipal normativo de Av. Cuba en el certificado de parámetros el cual es de 5.00ml. En este retiro del primer nivel se encuentra el ingreso al hall de viviendas, el ingreso al local comercial, el ingreso al estacionamiento del primer nivel, además del acceso al sótano 1 con una rampa vehicular del 15.00% con una longitud del 19.83ml.

B. Altura. La altura de la edificación según D.S.002-2020-VIVIENDA, para zonas residenciales de densidad alta (RDA) la altura será calculada con la fórmula $1.5(a+r)$, donde a , es el ancho de la vía, y r , es la suma de los retiros a ambos lados de la vía. Según CPU, el retiro

de la edificación debe ser de 5.00ml. La altura de la edificación se calcula bajo la fórmula $1.5(a+r)$, en donde: $a:30.00$ ml y $r:5.00+5.00$ ml= 10 ml. Por lo tanto, se tiene:

$$1.5(a + r) = 1.5 * (30 + 10) = 60 \text{ ml}$$

El proyecto cuenta con 22 pisos más azotea teniendo este último un nivel de +59.48 más un parapeto de concreto de 0.45ml + 0.95 de vidrio, teniendo la edificación una altura final de 59.93ml, por lo que cumple con lo normado (ver anexo 2).

C. Ocupación y área libre. Según el D.S. 002-2020-VIVIENDA, el área libre deberá ser 30% de la ocupación máxima del proyecto. En el nivel de su máxima ocupación (piso 2) presenta un área libre resultante de 207.57m² correspondiente al 30.97% sobre el área total del terreno, por lo tanto, cumple con lo normado.

D. Circulaciones. El proyecto posee un núcleo vertical, compuesto por la escalera de evacuación y tres ascensores, lo cual garantiza el desplazamiento en todos los niveles del primer piso hasta la azotea. Se plantea una escalera de uso de viviendas que comunica al primer nivel hacia la azotea y hacia los sótanos. En los sótanos los núcleos de ascensores tendrán continuidad.

E. Pozo de luz y ventilación. El pozo central del edificio ilumina y ventila los vanos de tres fachadas interiores, De acuerdo con lo normado en el RNE, el requerimiento para la iluminación y ventilación de esta servidumbre visual estaría determinado por:

Los incisos a y b del Art.19 de la Norma A.010 del RNE para pozos de iluminación y ventilación natural: “a) tendrán dimensiones mínimas de 2.20m por lado, medido entre las caras de los paramentos que definen el pozo b) la distancia perpendicular entre los vanos de los dormitorios, estudios, salas y comedores que sirven del pozo medida en el punto central o eje del vano y el muro opuesto que conforman el pozo no debe ser menor a un tercio de la altura del paramento más bajo del pozo, medido a partir de 1,00m sobre el piso más bajo.

También se menciona en el inciso c del Art.19 de la Norma A.010 del RNE para pozos de iluminación y ventilación natural: c) En edificaciones de 5 pisos o más, es menor hasta en 20% al mínimo, la dimensión mínima perpendicular del pozo deberá aumentar en porcentaje proporcional.

Según el oficio N°315 -2019-VIVIENDA: Las dimensiones del pozo de luz en edificios multifamiliares se calculan en función a la distancia perpendicular medida desde el punto central o eje del vano con el muro opuesto y la altura desde el paramento más bajo que forma el pozo de luz, al respecto es preciso señalar que dicho articulado no establece que el paramento más bajo mencionado, deba encontrarse obligatoriamente frente al vano que se sirve del pozo, toda vez que un pozo de luz puede servir a varios vanos.

Al tener el paramento más bajo el piso 13, se realiza el cálculo del pozo con 13 pisos, tomando la altura desde el piso 2, para las dimensiones del pozo según lo señalado por el oficio.

F. Área mínima de vivienda. Según el RNE en la Norma A.020, Art 8, también se menciona “Estas áreas mínimas no son de aplicación para las viviendas edificadas dentro de los programas de promoción de acceso a la propiedad privada de la vivienda. Para techo propio (que no es el caso) indica 25m². Para mi vivienda indica que se puede reducir el área de 40 siempre y cuando cumpla con los elementos necesarios. El proyecto cuenta con departamentos a partir de los 38m². Además, contarán con servicios adicionales de uso común para los residentes como lavandería común, coworking, sala bar y área de parillas.

G. Estacionamientos. Requerimiento estacionamientos viviendas: requerimiento estacionamientos vehiculares según CPU: 1 estacionamiento vehicular cada 3 viviendas 138viviendas/3: 46 estacionamientos. Para el proyecto se consideraron 49 estacionamientos por lo cual cumplió con lo normado.

H. Distribución

PISO 1: Este piso se encuentra a +0.00 del nivel de la calle. Aquí se puede acceder al hall de la vivienda, dos ingresos a estacionamientos, uno hacia el estacionamiento del primer nivel y otro hacia los sótanos. Además, se cuenta con el ingreso al local comercial con frente hacia la Av. Cuba. Por último, frente al local comercial se ubica la entrada hacia la subestación eléctrica enterrada. El hall se encuentra conectado con el núcleo de circulación vertical que cuenta con una escalera de evacuación y dos ascensores.

SOTANO 1: Con nivel de -3.20, alberga un total de 11 estacionamientos de autos. Se accede vehicularmente a él por la rampa de 15.00% de 3.00m de ancho que nace del nivel de la calle. En este nivel se encuentra el estacionamiento de bicicletas con un área de 37.74m² y 06 estacionamientos de motos. Continúa descendiendo mediante dos rampas de 6.00% y 6.00% para llegar al nivel -3.85 y -4.19. En este nivel se encuentra la Subestación eléctrica con un NPT de -04.95.

SÓTANO 2 Con nivel de -6.04 alberga un total de 11 estacionamientos de autos y 06 estacionamientos de motos. Se accede vehicularmente a él por la rampa de 15.00% de 3.00m de ancho que llega del sótano 01. Continúa descendiendo mediante dos rampas de 6.00% para llegar al nivel -6.69 y -7.03.

SÓTANO 3 Con nivel de -8.88 alberga un total de 12 estacionamientos de autos y 06 estacionamientos de motos. Se accede vehicularmente a él por la rampa de 15.00% de 3.00m de ancho que llega del sótano 02. Continúa descendiendo mediante dos rampas de 6.00% para llegar al nivel -9.53 y -9.87.

SÓTANO 4 y PTAR Con nivel de -11.72 alberga un total de 06 estacionamientos de autos y 06 estacionamientos de motos. Se accede vehicularmente a él por la rampa de 15.00% de 3.00m de ancho que llega del sótano 03.

En este nivel se encuentra una kitchenette, una administración y una escalera integrada la cual dirige hacia el nivel -12.72 en donde se encuentra el cuarto acelerógrafo, lockers y la esclusa del cuarto de bombas de las cisternas de la edificación. Por último, con nivel -14.56 se encuentra el cuarto de bombas de la PTAR con una cisterna de aguas grises y una de agua tratada. El ambiente del Cuarto de bombas se encuentra debidamente ventilado mediante sistema de inyección y extracción mecánica por ductos. A este nivel se llega a través del núcleo de circulación vertical.

PISO 02 al 13°: Con un npt de +3.20/ + 5.88/ +8.56/ +11.24/ +13.92/ +16.60/ +19.28/ +21.96/ +24.64/ +27.32/ +30.00/ +32.68, este piso cuenta con 1 núcleo de circulación vertical, en conjunto formado por 1 escalera de evacuación y 2 ascensores, a las que se acceden desde el piso 01. A través de la circulación horizontal, se puede acceder a 07 departamentos:

- Departamento X01: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X02: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 2 dormitorios secundarios y 1 dormitorio principal con walk in closet y baño privado.
- Departamento X03: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X04: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X05: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X06: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza, baño común y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.

- Departamento X07: Cocina abierta y cuarto de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.

PISO 14°: Con un npt de +35.36, este piso cuenta con 1 núcleo de circulación vertical, en conjunto formado por 1 escalera de evacuación y 2 ascensores, a las que se acceden desde el piso 01. A través de la circulación horizontal, se puede acceder a 06 departamentos:

- Departamento X01: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X02: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario, 1 escritorio y 1 dormitorio principal con walk in closet y baño privado.
- Departamento X03: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X04: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X05: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X08: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor con acceso a terraza privada, baño común, 1 dormitorio secundario, 1 escritorio y 1 dormitorio principal con walk in closet y baño privado.

PISO 15 al 21°: Con un npt de + +38.04/ +40.72/ +43.40/ +46.08/ +48.76/ +51.44/ +54.12, estos pisos cuentan con 1 núcleo de circulación vertical, en conjunto formado por 1 escalera de evacuación y 2 ascensores, a las que se acceden desde el piso 01. A través de la circulación horizontal, se puede acceder a 07 departamentos:

- Departamento X01: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X02: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario, 1 escritorio y 1 dormitorio principal con walk in closet y baño privado.
- Departamento X03: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X04: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X05: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X08: Cocina abierta y cuarto de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario, 1 escritorio y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.

PISO 22°: Con un npt de +56.80, este piso cuenta con 1 núcleo de circulación vertical, en conjunto formado por 1 escalera de evacuación y 2 ascensores, a las que se acceden desde el piso 01. A través de la circulación horizontal, se puede acceder a 07 departamentos:

- Departamento X01 (primer nivel): Cocina abierta, escalera, sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X02 (primer nivel): Cocina abierta, escalera; sala-comedor +balcón, baño común, 2 dormitorios secundarios y 1 dormitorio principal con walk in closet y baño privado.

- Departamento X03: Cocina abierta con área de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X04: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X05: Cocina abierta con closet de lavado; sala-comedor + terraza y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.
- Departamento X08 (primer nivel): Cocina abierta y cuarto de lavado; sala-comedor +balcón, baño común, 1 dormitorio secundario y 1 dormitorio principal con closet y baño privado.

AZOTEA: Con un npt de +59.48, se puede acceder a las áreas comunes de este nivel por medio del núcleo de circulación vertical. Las áreas comunes están compuestas de dos zonas de parrillas, sala bar, coworking y sala de niños. En este nivel también se encuentra un cuarto de acelerógrafo de 4m². Así mismo, se encuentran los segundos niveles de departamentos dúplex.

- Departamento X01 azotea: Área techada de 33.46m²; sala, baño común, escritorio, terraza de 28.31m² con lavandería.
- Departamento X02 azotea: Área techada de 36.19m²; sala, baño común, escritorio, terraza de 26.29m² con lavandería

4.2. Procedimiento

4.2.1. Etapa 1 diseño de instrumentos de recolección de datos

Figura 2

Indicador 1: horas efectivas de producción, indicador 2: porcentaje de tiempo útil

CARTA BALANCE (Tiempo de preparación)					
PROYECTO: NOMBRE DEL OBSERVADOR: ACTIVIDAD OBSERVADA: UBS:			FECHA: HORA INICIO:		
N°	TRABAJADOR 1	TRABAJADOR 2	TRABAJADOR 3	TRABAJADOR 4	TRABAJADOR 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					
L					
M					
N					
O					
P					
Q					
R					
S					
Total					

Trabajador	Nombre completo	Categoría	Edad	Pro

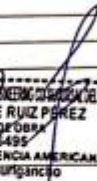
Tipo	Letras	Tarea
TP	A	
	B	
	C	
	D	
	E	
	F	
	G	
	H	
TC	I	
	J	
	K	
	L	
	M	
TNC	N	
	O	
	P	
	Q	
	R	
S		

TOTAL	
0	TP
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	TC
0	
0	
0	
0	
0	TNC
0	
0	
0	
0	
0	TOTAL

Registrar, en intervalos de tiempo, las actividades de cada trabajador y clasificarlas como trabajo productivo (TP), contributivo o de preparación (TC) y no contributivo (TNC); con esta información se obtienen totales y porcentajes que permiten evaluar rápidamente la productividad y detectar pérdidas en el proceso constructivo.

Figura 5

Validación de instrumento para indicador 1, horas efectivas de producción

Nombre del instrumento	CARTA BALANCE					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD		X				
OBJETIVIDAD		X				
ACTUALIDAD	X					
ORGANIZACIÓN		X				
SUFICIENCIA	X					
INTENCIONALIDAD	X					
CONSISTENCIA	X					
COHERENCIA	X					
METODOLOGÍA		X				
PERTINENCIA	X					
FIRMA DEL VALIDADOR				 INACIOPROB CONSTRUCCIONES E INGENIERIA CIVIL S.A. DE P.R. DAVID ENRIQUE RUIZ PÉREZ RESIDENTE OBRA CIP 150495 OBRA: I.E. INDEPENDENCIA AMERICANA San Juan de Lupatón		

Nombre del instrumento	LOOKAHEAD PLANNING					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD		X				
OBJETIVIDAD	X					
ACTUALIDAD		X				
ORGANIZACIÓN	X					
SUFICIENCIA		X				
INTENCIONALIDAD		X				
CONSISTENCIA	X					
COHERENCIA	X					
METODOLOGÍA		X				
PERTINENCIA	X					
FIRMA DEL VALIDADOR				 INACIOPROB CONSTRUCCIONES E INGENIERIA CIVIL S.A. DE P.R. DAVID ENRIQUE RUIZ PÉREZ RESIDENTE OBRA CIP 150495 OBRA: I.E. INDEPENDENCIA AMERICANA San Juan de Lupatón		

Figura 6

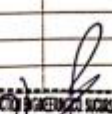
Validación de instrumento para indicador 2, porcentaje de tiempo útil

Nombre del instrumento	CARTA BALANCE					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD	×					
OBJETIVIDAD		×				
ACTUALIDAD		×				
ORGANIZACIÓN	×					
SUFICIENCIA	×					
INTENCIONALIDAD	×					
CONSISTENCIA		×				
COHERENCIA		×				
METODOLOGÍA		×				
PERTINENCIA	×					
FIRMA DEL VALIDADOR						

Nombre del instrumento	LOOKAHEAD PLANNING					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD	×					
OBJETIVIDAD		×				
ACTUALIDAD	×					
ORGANIZACIÓN	×					
SUFICIENCIA	×					
INTENCIONALIDAD	×					
CONSISTENCIA		×				
COHERENCIA	×					
METODOLOGÍA		×				
PERTINENCIA	×					
FIRMA DEL VALIDADOR						

Figura 7

Validación de instrumento para indicador 3, porcentaje de preparación y transición

Nombre del instrumento	PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO-PPC					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD	×					
OBJETIVIDAD		×				
ACTUALIDAD		×				
ORGANIZACIÓN		×				
SUFICIENCIA	×					
INTENCIONALIDAD		×				
CONSISTENCIA	×					
COHERENCIA	×					
METODOLOGÍA		×				
PERTINENCIA		×				
FIRMA DEL VALIDADOR				 INSTITUTO VICEPRESIDENCIAL DE INVESTIGACIONES SOCIALES DEL PERÚ DAVID ENRIQUE RUIZ PÉREZ RESIDENTE DE OBRA CIP 156495 OBRA: I.E. INDEPENDENCIA AMERICANA San Juan de Lurigancho		

Nombre del instrumento	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD		×				
OBJETIVIDAD		×				
ACTUALIDAD	×					
ORGANIZACIÓN		×				
SUFICIENCIA	×					
INTENCIONALIDAD	×					
CONSISTENCIA		×				
COHERENCIA		×				
METODOLOGÍA		×				
PERTINENCIA	×					
FIRMA DEL VALIDADOR				 INSTITUTO VICEPRESIDENCIAL DE INVESTIGACIONES SOCIALES DEL PERÚ DAVID ENRIQUE RUIZ PÉREZ RESIDENTE DE OBRA CIP 156495 OBRA: I.E. INDEPENDENCIA AMERICANA San Juan de Lurigancho		

Figura 8

Validación de instrumento para indicador 4, tiempo de retrabajos detectados

Nombre del instrumento	CARTA BALANCE					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD	x					
OBJETIVIDAD	x					
ACTUALIDAD			x			
ORGANIZACIÓN		x				
SUFICIENCIA	x					
INTENCIONALIDAD	x					
CONSISTENCIA		x				
COHERENCIA		x				
METODOLOGÍA		x				
PERTINENCIA	∧					
FIRMA DEL VALIDADOR						

Nombre del instrumento	LOOKAHEAD PLANNING					
Autor del instrumento	Carlos Carrillo Saldaña					
Ítem de evaluación	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente	Muy malo	Observaciones
CLARIDAD	x					
OBJETIVIDAD		x				
ACTUALIDAD		x				
ORGANIZACIÓN		x				
SUFICIENCIA	x					
INTENCIONALIDAD	x					
CONSISTENCIA		x				
COHERENCIA	x					
METODOLOGÍA		x				
PERTINENCIA	x					
FIRMA DEL VALIDADOR						

4.2.3. Etapa 3 Recolección de datos de productividad bajo enfoque tradicional

Indicador 1 horas efectivas de producción

Tiempo productivo (TP), tiempo contributivo (TC) y tiempo no contributivo (TNC)

Para obtener los resultados de estos indicadores de productividad de mano de obra, se observó detalladamente la ejecución de las partidas más incidentes de la obra, las mismas que se encuentran en ruta crítica. Así como también relacionado con el proyecto total Cuba por partidas de análisis y estas se relacionan con: obras provisionales y seguridad y salud, estructura, arquitectura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones electromecánicas y varios.

Tabla 3

Horas efectivas de producción bajo enfoque tradicional

Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Obras provisionales, seguridad y salud	100.00	59.01	100.03
Arquitectura	557.49	103.12	124
Instalaciones sanitarias	121.02	204	974
Trazo, nivelación y replanteo preliminar	945.55	845.25	1,003.52
Instalaciones eléctricas	1,465.02	712.25	789.01
Armado de placas	1,001.02	845	101
Instalaciones electromecánicas	475.65	201.3	103
Acero de refuerzo	312.25	8.07	412.08
Total	4,978	2,978	3,606.64

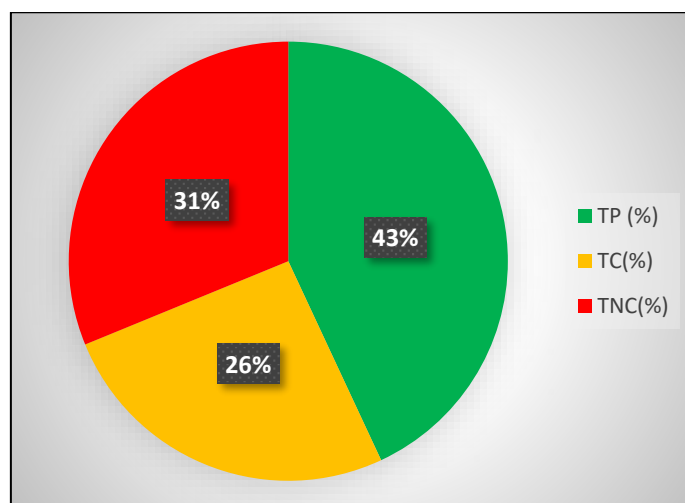
Nota. Periodo de medición 01/01/2024 – 27/01/2024.

La Figura 2 presenta un análisis de la productividad bajo un procedimiento tradicional considerando tres indicadores: TP (Tiempo Productivo), TC (Tiempo Contributivo) y TNC (Tiempo No Contributivo), representados en un gráfico de torta. Los resultados muestran que el TP representa el 43% del tiempo total, mientras que el TC abarca el 26%, y el TNC alcanza el 31%. Este último, correspondiente a actividades que no aportan directamente al cumplimiento de las tareas, refleja una proporción significativa que puede afectar la eficiencia general del procedimiento.

Por otro lado, la tabla complementa el análisis al detallar los tiempos en minutos asignados a cada partida para los tres indicadores mencionados. Se observa que el TP, que mide actividades directas y efectivas, suma un total de 4,978 minutos, destacándose partidas como “Instalaciones eléctricas” y “Trazo, nivelación y replanteo preliminar”, con 1,465.02 minutos y 945.55 minutos, respectivamente. Por su parte, el TC, que incluye actividades que apoyan indirectamente a la ejecución, suma 2,978 minutos, mientras que el TNC, correspondiente a interrupciones o actividades improductivas, alcanza un total de 3,606.64 minutos, siendo las partidas de “Instalaciones sanitarias” y “Acero de refuerzo” las más afectadas con 974 minutos y 412.08 minutos, respectivamente.

Figura 9

Horas efectivas de producción bajo un procedimiento tradicional con relación al TP, TC y TNC



Se esclarece en la figura un 31% de trabajo no contributivo lo cual deja en evidencia deficiencias en parámetros de productividad en cuestión dentro de las partidas correspondientes representando significativas a mejorar.

Indicador 2 porcentaje de tiempo útil

Bajo un enfoque tradicional se consideró 1 cuadrilla de 3 trabajadores bajo un intervalo de observación de 30 se concretaron 90 datos medidos bajo un enfoque tradicional.

Tabla 4

Tiempo útil bajo enfoque tradicional

Intervalo	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
1	TP	TC	TNC
2	TP	TC	TNC
3	TP	TP	TC
4	TC	TNC	TNC
5	TP	TP	TC
6	TP	TC	TNC

7	TC	TC	TNC
8	TP	TP	TP
9	TP	TC	TNC
10	TP	TC	TNC
11	TP	TP	TC
12	TC	TNC	TNC
13	TP	TP	TC
14	TP	TC	TNC
15	TC	TC	TNC
16	TP	TP	TP
17	TP	TC	TNC
18	TP	TC	TNC
19	TP	TP	TC
20	TC	TNC	TNC
21	TP	TP	TC
22	TP	TC	TNC
23	TC	TC	TNC
24	TP	TP	TP
25	TP	TC	TNC
26	TP	TC	TNC
27	TP	TP	TC
28	TC	TNC	TNC
29	TP	TP	TC
30	TP	TC	TNC

Nota. Periodo de medición 01/01/2024 – 27/01/2024.

Tabla 5*Porcentaje de tiempo útil bajo enfoque tradicional*

Tipo	Frecuencia	Porcentaje
TP	39	43.33%
TC	23	25.55%
TNC	28	31.11%
TOTAL	90	100,0

Nota. Periodo de medición 01/01/2024 – 27/01/2024.

Con base en lo anterior, se estableció el análisis del indicador bajo enfoque tradicional.

$$TP = \frac{39}{90} * 100\% = 43.33\%$$

Indicador 3 porcentaje de preparación y transición

Para el porcentaje de preparación y transición fueron las actividades que contribuyeron en el proceso de campo por lo cual se consideró lo siguiente:

$$TC = \frac{23}{90} * 100\% = 25.55\%$$

Indicador 4 tiempo de retrabajos detectados

Tabla 6

Tiempo de retrabajos detectados

Evento	Actividad	Inicio	Fin	Tiempo (min)	Causa
1	Encofrado mal alineado	08:10	08:20	10	Error humano
2	Armado incorrecto	09:00	09:08	8	Falta de supervisión
3	Nivelación incorrecta	09:30	09:38	8	Error técnico
4	Colocación errada	10:10	10:20	10	Mano de obra
5	Corte mal ejecutado	11:00	11:07	7	Error humano
6	Ajuste estructural	11:30	11:38	8	Plano incorrecto
7	Reposición material	12:10	12:15	5	Material defectuoso
8	Corrección final	12:30	12:32	2	Supervisión

Nota. Periodo de medición 01/01/2024 – 27/01/2024.

El llenado del instrumento evidencia que, bajo un enfoque tradicional, el trabajo productivo alcanzó el 43.3%, mientras que el tiempo de preparación y transición representó el 25.6% y el trabajo no contributivo el 31.1%. Asimismo, se identificó un tiempo de retrabajo equivalente al 12.1% de la jornada laboral, reflejando deficiencias en la ejecución y control de calidad. Estos resultados muestran una distribución ineficiente del tiempo en obra, caracterizada por la presencia significativa de actividades que no generan valor, lo que impacta negativamente en la productividad del proceso constructivo.

4.2.4. Etapa 4 Aplicación de la mejora Lean Construction con las herramientas de la calidad

Carta balance para las partidas

Con base a la evaluación del plan maestro del casco estructural del edificio multifamiliar cuba, se consideran para mejorar la productividad las actividades correspondientes a las partidas descritos en dicho plan maestro

La carta balance generada para la obra “Edificio Cuba” representa una herramienta de planificación y control que permite visualizar la secuencia de ejecución de diversas actividades constructivas distribuidas en siete semanas de trabajo. A través de una matriz organizada por filas (actividades) y columnas (semanas o mediciones), se logra un mapeo claro y comprensible del comportamiento de la obra, facilitando el seguimiento de cada tarea en su respectivo momento de intervención. Esta visualización ayuda a identificar qué actividades se desarrollan simultáneamente, cuáles se superponen y qué etapas son críticas en cuanto a recursos o tiempos de ejecución.

Cada celda de la matriz está codificada con una sigla que representa el tipo de actividad realizada durante esa semana, lo que permite un análisis cualitativo de la productividad. Por ejemplo, si se detecta una gran cantidad de siglas como ANP (Ajustes No Productivos), se podría inferir que en ese tiempo hubo retrabajos, correcciones o ineficiencias que interrumpieron el progreso. Por el contrario, prevalecen códigos como TM (Trabajo Manual) o CP (Corte de Piezas), lo que significa semanas de plena ejecución, produciendo. Esto no solo permite monitorear el progreso, sino también identificar patrones repetitivos que están interrumpiendo el flujo de trabajo.

Adicionalmente, la carta balance permite verificar el equilibrio entre las actividades que directamente aportan al producto (estructuras, acabados, sistemas, etc.) y las que atienden imprevistos o cambios. Esta distinción es fundamental para hacer recomendaciones de mejora

en la programación, optimizar recursos y mejorar la eficiencia. La constante presencia de siglas como AHP (Actividades de Alto Impacto) en las primeras semanas demuestra la importancia de estructurar de manera adecuada los principales componentes para asegurar la seguridad y el progreso adecuado en las siguientes fases. Al final del cronograma predominan las actividades codificadas como DDP (Detalles y Pruebas), lo cual tiene sentido en el proceso constructivo, ya que son actividades de acabados, pruebas hidráulicas y remates finales antes de la entrega.

En conclusión, esta carta balance no solo constituye un resumen visual de lo ejecutado, sino que también actúa como una herramienta estratégica para el análisis de la productividad en obra. Su implementación permite identificar puntos críticos, detectar desviaciones respecto a la planificación inicial y generar propuestas de mejora en base al comportamiento real del proceso constructivo.

Tabla 7

Carta balance de casco estructural edificio multifamiliar Cuba

Actividad	I	II	III	IV	V	VI	VII
Casco torre	CP	LCD	ANP	LCD	LCD	TM	ANP
Horizontales	ANP	ANP	LCD	CP	ANP	DDP	LCD
Instal. Eléctricas/sanitarias	TM	CP	DDP	DDP	TM	CP	LCD
Coloc. Acero en losas	AHP	CP	TM	DDP	LCD	CP	AHP
Vaciado concreto techo	AHP	ANP	ANP	TM	CP	CP	DDP
Albañilería	DDP	DDP	ANP	CP	CP	AHP	ANP
Subestructura – sótanos	LCD	ANP	LCD	AHP	TM	CP	AHP
Instal. Cajas y redes sanitarias	CP	DDP	TM	TM	AHP	TM	LCD
Vaciado pavimento sótano	TM	CP	CP	CP	CP	LCD	ANP
Solaqueo de muros/vigas/techos	DDP	AHP	CP	TM	CP	TM	DDP
Trazos para tabiquería	DDP	DDP	TM	CP	DDP	LCD	TM
Inst. eléctricas/sanitarias sup.	TM	CP	TM	TM	DDP	CP	DDP
Anclado de fierros	DDP	CP	AHP	DDP	LCD	LCD	TM
Muros King Block	LCD	TM	AHP	CP	CP	CP	LCD

Rectificación puntos eléctricos/sanit.	AHP	LCD	LCD	AHP	AHP	AHP	AHP
Pruebas hidráulicas	CP	ANP	ANP	AHP	ANP	ANP	AHP
Pintura de muros	ANP	LCD	TM	TM	AHP	CP	AHP
Cableado eléctrico	CP	TM	AHP	DDP	LCD	ANP	CP
Instal. Ventanas y mamparas	DDP	ANP	ANP	AHP	ANP	LCD	DDP
Limpieza gruesa	ANP	AHP	LCD	TM	DDP	ANP	AHP

Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Análisis de restricciones

Al realizar el análisis de las limitaciones presentes en la ejecución del edificio multifamiliar Cuba, se identificaron diversos factores que impactan de forma negativa en el rendimiento general del proyecto. Dentro de ellos, destaca como más crítico el relacionado con las condiciones de seguridad (23%), lo cual evidencia que una parte importante de las demoras y detenciones puede atribuirse a la ausencia de medidas de protección adecuadas, fallas en la supervisión o carencias en los protocolos de seguridad laboral. Esta situación no solo compromete la continuidad del trabajo, sino que también representa un riesgo considerable para la integridad del personal en obra.

Otro factor crítico es el retraso en la logística y entrega de materiales (18%), que ha provocado interrupciones principalmente en las actividades de corte de piezas y ensamble inicial. La ausencia de materiales cuando se necesitan no solo impacta en los plazos, sino que genera una acumulación de trabajo pendiente que interrumpe el flujo de las etapas posteriores, como la soldadura o la inspección estructural.

También se ha encontrado que la ineficiencia de la mano de obra (14%) es una de las principales causas que afectan la productividad. Esto puede deberse a fallas en la capacitación del personal, a una mala asignación de tareas o a una falta de seguimiento en terreno. Dichas carencias se hacen más evidentes en tareas como el ajuste de herramientas, la limpieza antes de soldar o el pulido, en las que los errores o la lentitud pueden generar reprocesos costosos.

Además, los datos muestran que la mayoría de los problemas se asocian con fallas en la planificación inicial (12%), en la que se ven afectadas la secuencia correcta de las actividades y la disponibilidad de los recursos en el momento oportuno. Una mala planificación puede llegar a magnificar otras restricciones que ya se encuentren presentes, dilatando los tiempos de ejecución y comprometiendo el cronograma de obra.

Otros elementos, como los problemas en la comunicación y coordinación (11%) y las modificaciones o ampliaciones en el alcance del proyecto (8%), también contribuyen a generar entornos desorganizados e ineficientes. Estos aspectos generan conflictos entre cuadrillas, solapamientos de actividades y falta de claridad en la toma de decisiones, lo cual afecta directamente la productividad esperada en campo.

Finalmente, aunque con menor representación porcentual, también influyen restricciones vinculadas a las condiciones climáticas adversas (4%), tiempos no contributivos elevados (2%) y otras situaciones externas que, si bien no son determinantes, deben ser gestionadas de forma preventiva para evitar acumulación de retrasos. En conjunto, estos factores reflejan la necesidad de implementar mejoras en la planificación, abastecimiento y coordinación general, a fin de optimizar la ejecución del proyecto y alcanzar los objetivos en los plazos establecidos.

Tabla 8*Análisis de restricciones partidas de casco estructural edificio cuba*

ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	15/05	31/05	15/06	30/06	15/07	31/07	15/08	31/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	31/11	15/12	31/12
1	Horizontales	Restricción de horizontales																
2	Albañilería	Restricción de albañilería																
3	Super estructura	Restricción de super estructura																
4	Acabados	Restricción de acabados																
5	Equipamiento	Restricción de equipamiento																
6	Inspección de Calidad	Restricción Inspección de Calidad																

Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Abordaje del diagrama Ishikawa

A partir de una evaluación directa en campo realizada en la obra del edificio multifamiliar Cuba, se logró identificar con claridad el principal factor que está limitando la productividad general del proyecto. Este diagnóstico se estructuró de manera objetiva, estableciendo una relación lógica entre el problema identificado, los efectos negativos que produce y las posibles causas que lo originan, las cuales fueron organizadas bajo el enfoque metodológico de las “seis M”.

La herramienta para representarlo fue el diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, el cual desglosó de manera gráfica las causas que están afectando en la deficiencia de fabricación y montaje de estructuras metálicas en obra. Esta herramienta permitió analizar de manera integral los factores que están afectando el rendimiento para poder trabajar en ellos de manera sistemática.

Como se pudo comprobar en esta obra, el problema de su bajo rendimiento se debe a que no existe una metodología que guíe las actividades hacia una mayor productividad. Esta falla resulta en retrasos continuos, reprocesos innecesarios y una mala utilización de los recursos. El diagrama organiza las causas principales en 6 grandes áreas: Hombre, Máquinas, Materiales, Método, Medida y Medio Ambiente.

En la faceta Humana se encontró que existe escasez de personal capacitado que afecta la calidad de ejecución y el ritmo de trabajo. También se constató la inexistencia de formatos de control actualizados, evidenciándose deficiencias en el seguimiento de actividades y la supervisión constante, deteriorando la trazabilidad.

Respecto a Máquinas, el análisis reveló deficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, así como el uso de herramientas en mal estado. Esta situación genera

paradas frecuentes no programadas, que interrumpen el flujo de trabajo y afectan la programación semanal de actividades críticas como el montaje de estructuras.

En Materiales, el problema es que no se surte en tiempo y forma desde almacén y hay ineficiencias en el proceso de compras. Esto resulta en falta de materiales críticos cuando se necesitan, lo que causa retrasos sustanciales en las tareas posteriores, tales como el ensamblaje y la soldadura de piezas metálicas.

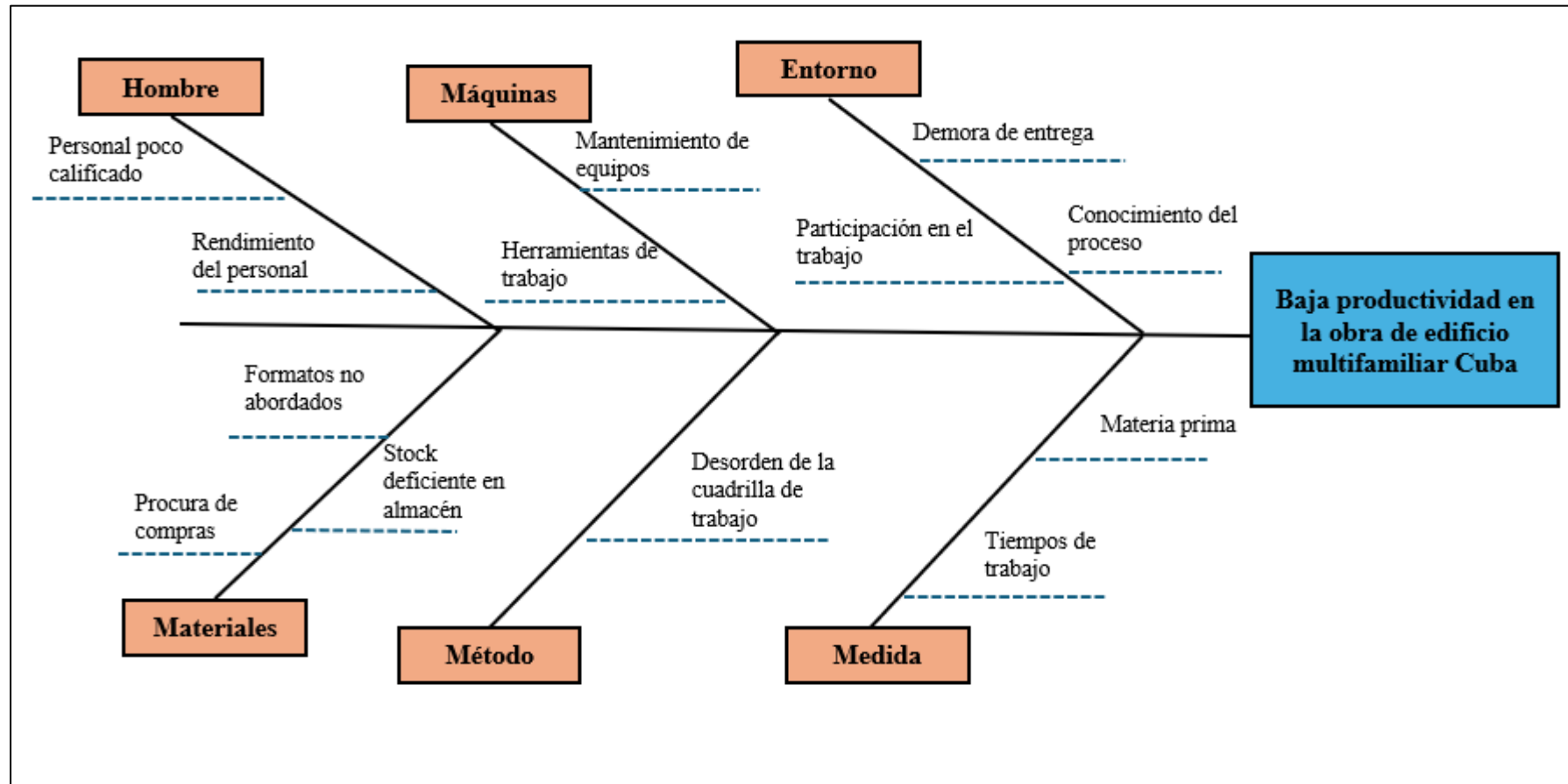
En cuanto al Método, se identificó un caos en la asignación y coordinación de cuadrillas. La ausencia de un procedimiento estandarizado crea desorden en la ejecución, promueve la administración ineficiente del tiempo y personal, afectando el rendimiento diario de obra.

Por su parte, la categoría Medida señala la falta de control sobre los tiempos efectivos de producción. No se realiza un monitoreo adecuado sobre la duración de cada tarea, lo cual impide detectar desviaciones a tiempo y aplicar correctivos que optimicen el desempeño.

Finalmente, bajo el componente de Medio Ambiente, se evidenció una débil participación del personal en los espacios de trabajo y una escasa difusión de los procedimientos establecidos. La falta de charlas técnicas y de socialización de métodos de trabajo estandarizados contribuye a que los operarios no se alineen con los objetivos productivos del proyecto.

Figura 10

Diagrama Ishikawa de las causas de baja productividad en obra



Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Abordaje del diagrama de flujo

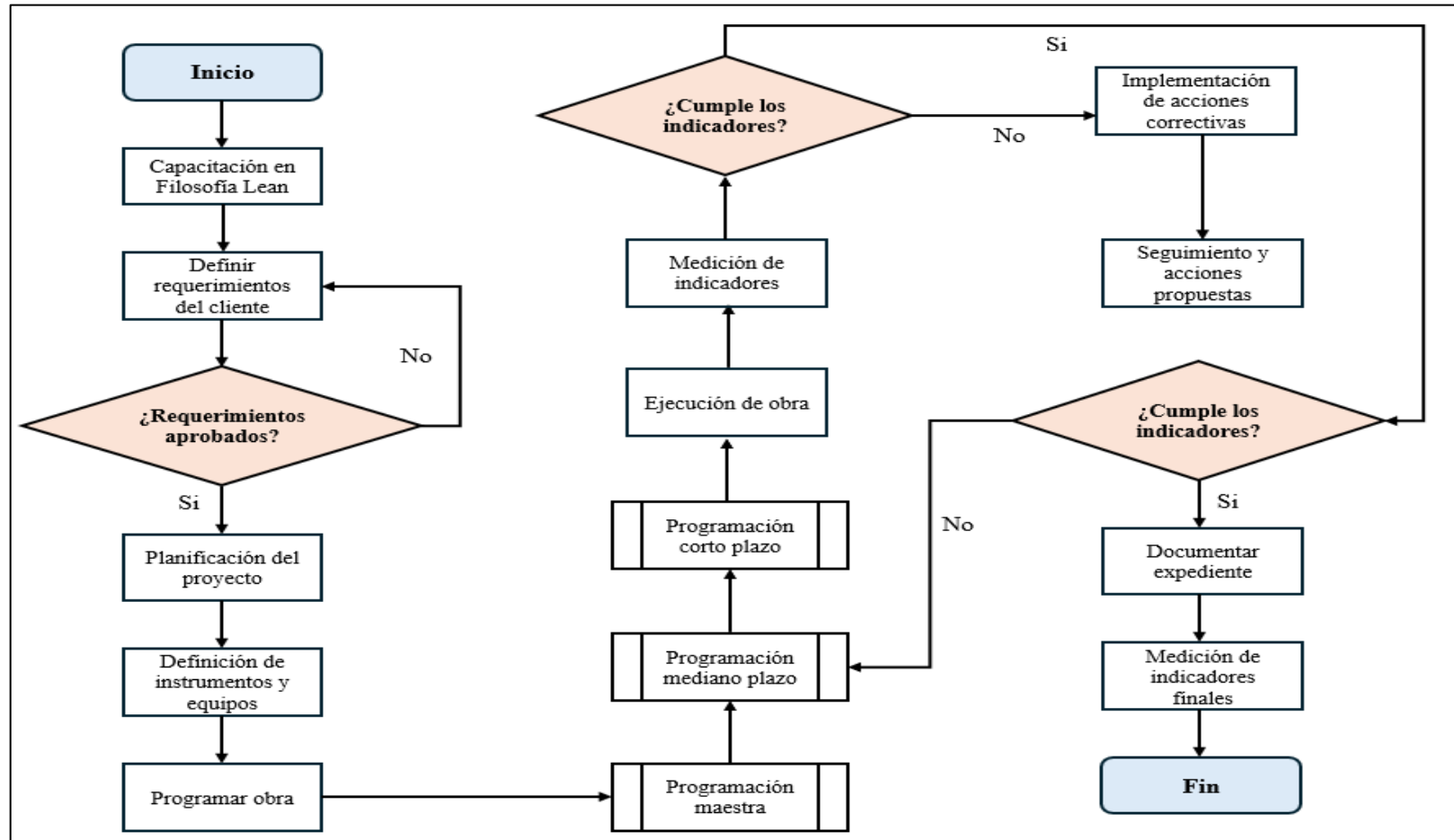
Para el seguimiento de la mejora correspondiente a la implementación de la herramienta Lean Construction y calidad, se aborda la secuencia lógica y procedimental de actividades con la finalidad de mejorar la productividad.

El flujograma presentado describe el proceso de gestión de una obra bajo los principios de la filosofía Lean, comenzando desde la capacitación del equipo en dicha metodología. Inicialmente, se identifican y definen los requerimientos del cliente; si estos no son aprobados, se retorna a su redefinición. En caso de aprobación, se procede con la planificación general del proyecto, la selección de los instrumentos y equipos adecuados, y la programación de la obra, la cual se divide estratégicamente en tres niveles: programación maestra, de mediano y de corto plazo. Esta secuencia garantiza una planificación gradual y controlada antes de la ejecución efectiva de la obra.

Una vez iniciada la ejecución, se procede con la medición de indicadores para evaluar si se están cumpliendo los objetivos establecidos. Si los resultados no cumplen los parámetros, se implementan acciones correctivas seguidas de un proceso de seguimiento. Este ciclo continúa hasta que se alcanzan los indicadores esperados. En el caso de cumplimiento, se documenta el expediente técnico y se realiza una medición final de los indicadores para dar por finalizado el proyecto. Este enfoque promueve una mejora continua, enfocándose en la eficiencia, la eliminación de desperdicios y el cumplimiento de estándares de calidad durante todo el proceso constructivo.

Figura 11

Diagrama de flujo para mejorar la productividad en obra



Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Aplicación de Last Planner System

Luego de analizar las restricciones y sus causas, se analiza los cronogramas inherentes a las actividades posterior a la implementación del Lean construction (ver anexo).

Tabla 9

Sectorización, trenes de trabajo

LOOKAHEAD – SECTORIZACIÓN (4 SEMANAS)																					
COD.	PARTIDA	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4				
		L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
001	Obras provisionales, seguridad y salud	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
002	Trazo, nivelación y replanteo preliminar	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
003	Acero de refuerzo	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
004	Armado de placas	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
005	Instalaciones sanitarias	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
006	Instalaciones eléctricas	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
007	Instalaciones electromecánicas	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
008	Arquitectura	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5

S1 = Sector 1

S2 = Sector 2

S3 = Sector 3

S4 = Sector 4

S5 = Sector 5

Los sectores representan frentes de trabajo definidos en la obra.
El avance se realiza de S1 → S2 → S3 → S4 → S5 de manera continua.

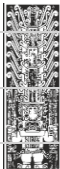
TRENES DE TRABAJO – 4 SEMANAS																					
COD.	PARTIDA	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4				
		L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
001	Obras provisionales, seguridad y salud	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
002	Trazo, nivelación y replanteo preliminar	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S4
003	Acero de refuerzo	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S5	S5	S5	S5	S5
004	Armado de placas		S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S5	S5	S5	S5	S5
005	Instalaciones sanitarias			S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S5	S5	S5	S5	S5
006	Instalaciones eléctricas				S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S5	S5	S5	S5	S5
007	Instalaciones electromecánicas					S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S3	S5	S5	S5	S5	S5
008	Arquitectura						S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S4	S4	S4	S4	S4

Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de actividades completadas (PAC)

Tabla 10

Causas de no cumplimiento

 Universidad Nacional Federico Villarreal				FECHA	2025						
				AUTOR	Carlos Carrillo						
				OBRA	Edificio multifamiliar.						
				LUGAR	Lima						
				PARTIDA	LOOK AHEAD–ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
EMANA DE TRABAJO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC) – TOTAL DEL PROYECTO										
	TIPO DE CNC										
	PROGRAMACIÓN	MANO DE OBRA	INSUMOS Y MATERIALES	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	INCUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD PREDECESORA	INGENIERÍA (EXP. TÉCN., RESIDENCIA Y SUPERVISIÓN)	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FACTORES EXTERNOS	PROBLEMAS INTERNOS DE LA EMPRESA	SUBCONTRATOS	
	SEMANA 5	0	2	5	2	8	3	0	12	1	2
	SEMANA 6	2	1	4	7	5	5	1	7	2	1
	SEMANA 7	1	0	2	3	5	4	2	3	1	2
	SEMANA 8	0	0	3	2	3	1	5	5	2	1
	SEMANA 9	2	1	1	0	4	0	4	1	2	3
	SEMANA 10	1	2	0	1	2	2	3	0	5	1
	SEMANA 11	2	1	3	2	3	1	2	0	1	2
SEMANA 12	1	0	2	3	1	2	1	0	1	1	
SEMANA 13	1	0	1	1	0	1	2	2	1	2	
SEMANA 14	0	2	4	2	2	0	1	1	1	1	
SEMANA 15	0	1	2	0	1	2	3	3	0	1	
SEMANA 16	3	0	3	0	0	3	4	1	0	0	
ACUMULADO %	13	10	30	23	34	24	28	35	17	17	
	5.6%	4.3%	13.0%	10.0%	14.7%	10.4%	12.1%	15.2%	7.4%	7.4%	

Nota. Periodo de aplicación 29/01/2024 – 24/02/2024.

Valor ganado en presupuesto**Tabla 11***Presupuesto de obra acelerado*

Fecha	15/02	30/02	15/03	30/03	15/04	30/04	15/05	30/05	15/06	30/06	15/07	30/07	15/08	30/08	15/09
Quincenal	37.85%	3.52%	6.31%	3.38%	3.70%	2.02%	2.09%	4.22%	5.75%	5.12%	5.31%	6.17%	6.08%	4.85%	3.63%
Acumulado	37.85%	41.37%	47.67%	51.05%	54.75%	56.77%	58.86%	63.09%	68.84%	73.96%	79.27%	85.44%	91.52%	96.37%	100%

Tabla 12

Presupuesto base

	Acumulado 31 Mayo	.15 junio	.30 junio	.15 julio	.31 julio	.15 agosto	.31 agosto	.15 septiembre	.30 septiembre
S/. 980,084.58	S/. 643,482.95	S/. 39,899.88	S/. 43,274.41	S/. 35,897.18	S/. 38,440.22	S/. 8,671.64	S/. 7,144.76	S/. 26,972.89	S/. 26,972.89
S/. 980,084.58	S/. 643,482.95	S/. 39,899.88	S/. 43,274.41	S/. 35,897.18	S/. 38,440.22	S/. 8,671.64	S/. 7,144.76	S/. 26,972.89	S/. 26,972.89
S/. 4,723,328.29	S/. 3,729,989.06	S/. 330,092.03	S/. 338,260.13	S/. 141,492.37	S/. 177,156.82	S/. 1,282.00	S/. 0.00	S/. 5,055.87	S/. 0.00
S/. 58,997.79	S/. 44,717.12	S/. 4,167.28	S/. 6,526.98	S/. 1,501.58	S/. 2,084.82				
S/. 1,547,181.67	S/. 1,258,855.10	S/. 94,745.43	S/. 123,843.68	S/. 27,205.77	S/. 42,531.69				
S/. 546,738.55	S/. 467,116.80	S/. 25,474.14	S/. 34,836.77	S/. 9,026.54	S/. 10,284.30				
S/. 808,258.52	S/. 606,640.89	S/. 89,586.27	S/. 59,045.73	S/. 24,912.75	S/. 28,072.87				
S/. 1,668,242.73	S/. 1,323,266.81	S/. 108,364.50	S/. 105,329.10	S/. 59,282.38	S/. 71,999.93				
S/. 93,909.04	S/. 29,392.34	S/. 7,754.41	S/. 8,677.86	S/. 19,563.35	S/. 22,183.21	S/. 1,282.00		S/. 5,055.87	
S/. 8,163,220.34	S/. 1,375,227.23	S/. 264,289.20	S/. 602,382.82	S/. 369,878.35	S/. 474,678.86	S/. 228,256.61	S/. 232,180.14	S/. 540,652.01	S/. 763,155.12
S/. 1,504,190.42	S/. 553,794.09	S/. 146,916.81	S/. 197,896.01	S/. 177,886.63	S/. 180,403.62	S/. 27,093.94	S/. 28,758.15	S/. 118,836.46	S/. 72,604.71
S/. 834,472.92	S/. 313,814.56	S/. 35,625.31	S/. 26,628.62	S/. 27,403.86	S/. 113,744.22	S/. 23,608.93	S/. 20,646.36	S/. 56,359.61	S/. 77,562.62
S/. 158,344.17	S/. 990.61		S/. 10,810.46	S/. 24,078.43					S/. 14,304.87
S/. 977,089.46	S/. 254,314.11	S/. 32,427.60	S/. 48,333.00	S/. 16,620.47	S/. 111,671.17	S/. 38,161.08	S/. 6,752.65	S/. 63,724.40	S/. 63,724.40
S/. 545,153.35	S/. 98,065.04	S/. 4,536.59	S/. 3,932.89	S/. 101,334.78	S/. 28,153.40	S/. 18,951.14	S/. 29,216.97	S/. 41,693.31	S/. 59,135.20
S/. 211,449.90	S/. 68,767.83		S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00				S/. 16,030.26
S/. 928,889.77	S/. 3,539.20	S/. 44,782.89	S/. 24,796.86	S/. 22,554.18	S/. 40,706.45	S/. 50,135.20	S/. 12,656.66	S/. 86,000.00	S/. 86,000.00
S/. 252,141.19	S/. 90.00			S/. 0.00			S/. 10,776.00	S/. 13,201.58	S/. 33,401.57
S/. 438,582.44	S/. 2,122.30	S/. 0.00	S/. 43,167.96				S/. 10,488.50	S/. 51,018.33	S/. 51,018.33

S/. 905,729.35	S/. 8,897.05	S/. 0.00	S/. 13,207.02	S/. 0.00		S/. 70,306.32	S/. 73,347.32	S/. 90,000.00	S/. 98,000.00
S/. 34,057.02									
S/. 629,852.52	S/. 7,292.63		S/. 29,581.28				S/. 39,537.53	S/. 19,818.31	S/. 88,937.12
S/. 440,680.30	S/. 63,539.82								S/. 53,877.21
S/. 98,558.83									S/. 48,558.83
S/. 204,028.72			S/. 204,028.72						
S/. 1,062,483.66	S/. 336,354.02	S/. 18,281.85	S/. 80,009.75	S/. 42,063.44	S/. 18,158.10	S/. 26,651.35	S/. 48,628.93	S/. 43,187.54	S/. 74,387.09
S/. 2,182.50	S/. 1,698.80	S/. 112.50	S/. 86.40	S/. 171.00	S/. 49.50	S/. 63.26		S/. 1.04	
S/. 239,016.88	S/. 115,775.12	S/. 6,591.35	S/. 17,028.09	S/. 18,251.68	S/. 7,264.72	S/. 14,645.19	S/. 9,018.01	S/. 10,000.00	S/. 15,000.00
S/. 450,516.72	S/. 120,816.02	S/. 5,398.92	S/. 40,202.24	S/. 10,594.16	S/. 4,431.33	S/. 6,195.48	S/. 31,664.46	S/. 28,960.00	S/. 34,560.00
S/. 161,450.91	S/. 98,064.08	S/. 6,179.08	S/. 22,693.02	S/. 13,046.60	S/. 6,412.55	S/. 5,747.42	S/. 5,081.66	S/. 4,226.50	
S/. 9,662.47						S/. 0.00	S/. 2,864.80		
S/. 199,654.18									S/. 24,827.09
S/. 2,237,185.49	S/. 424,618.29	S/. 18,714.75	S/. 104,909.92	S/. 40,646.06	S/. 14,928.98	S/. 126,476.00	S/. 94,730.04	S/. 82,261.95	S/. 137,662.22
S/. 705,658.17	S/. 337,321.68	S/. 16,717.94	S/. 28,763.78	S/. 36,361.53	S/. 13,262.65	S/. 9,201.19	S/. 2,048.50	S/. 31,547.00	S/. 31,547.00
S/. 235,724.27	S/. 52,411.26	S/. 1,996.81	S/. 6,384.86	S/. 4,284.53	S/. 1,666.33	S/. 2,176.18	S/. 514.51	S/. 15,714.95	S/. 15,714.95
S/. 399,278.53	S/. 8,976.81								S/. 40,050.27
S/. 896,524.53	S/. 25,908.54	S/. 0.00	S/. 69,761.28			S/. 115,098.63	S/. 92,167.03	S/. 35,000.00	S/. 50,350.00
S/. 2,536,727.73	S/. 947,923.09	S/. 21,903.58	S/. 73,732.62	S/. 35,033.50	S/. 5,730.56	S/. 6,739.64	S/. 29,801.25	S/. 133,922.00	S/. 131,546.85
S/. 41,500.54									
S/. 89,315.93	S/. 13,012.63	S/. 851.62	S/. 964.27	S/. 1,202.14	S/. 476.61	S/. 181.94	S/. 38.71	S/. 1,800.00	S/. 1,827.68
S/. 13,570.66									
S/. 217,733.00	S/. 98,182.96	S/. 6,994.90	S/. 11,446.20	S/. 8,482.91	S/. 1,271.80			S/. 10,375.00	S/. 10,375.01
S/. 956,479.00	S/. 517,790.50	S/. 14,057.06	S/. 30,526.26	S/. 25,348.45	S/. 3,982.15	S/. 748.58	S/. 26,104.33	S/. 32,500.00	S/. 44,600.00
S/. 307,958.82			S/. 30,795.89			S/. 5,809.12	S/. 1,659.76	S/. 29,247.00	S/. 29,247.00
S/. 479,017.25	S/. 318,937.00						S/. 1,998.45	S/. 60,000.00	

S/. 17,608.77									
S/. 91,952.84									S/. 44,047.16
S/. 72,684.33									S/. 1,450.00
S/. 48,634.50									
S/. 87,332.80									
S/. 87,357.24									
S/. 25,582.06									
S/. 19,703,030.10	S/. 7,457,594.64	S/. 693,181.29	S/. 1,242,569.66	S/. 665,010.90	S/. 729,093.54	S/. 398,077.24	S/. 412,485.12	S/. 832,052.26	S/. 1,133,724.17
S/. 1,662,935.74	S/. 629,420.99	S/. 58,504.50	S/. 104,872.88	S/. 56,126.92	S/. 61,535.49	S/. 33,597.72	S/. 34,813.74	S/. 70,225.21	S/. 95,686.32
S/. 1,182,181.81	S/. 447,455.68	S/. 41,590.88	S/. 74,554.18	S/. 39,900.65	S/. 43,745.61	S/. 23,884.63	S/. 24,749.11	S/. 49,923.14	S/. 68,023.45
-S/. 90,520.51	-S/. 36,055.00	-S/. 3,941.07	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50	-S/. 3,886.50
S/. 22,457,627.14	S/. 8,498,416.31	S/. 789,335.60	S/. 1,418,110.23	S/. 757,151.98	S/. 830,488.15	S/. 451,673.09	S/. 468,161.47	S/. 948,314.10	S/. 1,293,547.44
	S/. 506,986.35	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
	S/. 0.00	-S/. 36,712.36	-S/. 34,541.69	-S/. 36,174.92	-S/. 36,174.92	-S/. 36,174.92	-S/. 36,174.92	-S/. 36,174.92	-S/. 36,174.92
S/. 22,457,627.14	S/. 9,005,402.66	S/. 752,623.24	S/. 1,383,568.54	S/. 720,977.06	S/. 794,313.23	S/. 415,498.17	S/. 431,986.55	S/. 912,139.18	S/. 1,257,372.52
S/. 4,042,372.88	S/. 1,620,972.48	S/. 135,472.18	S/. 249,042.34	S/. 129,775.87	S/. 142,976.38	S/. 74,789.67	S/. 77,757.58	S/. 164,185.05	S/. 226,327.05
S/. 26,500,000.02	S/. 10,626,375.13	S/. 888,095.43	S/. 1,632,610.88	S/. 850,752.93	S/. 937,289.61	S/. 490,287.84	S/. 509,744.13	S/. 1,076,324.24	S/. 1,483,699.58
-S/. 1,122,881.36	-S/. 424,920.82	-S/. 39,466.78	-S/. 70,905.51	-S/. 37,857.60	-S/. 41,524.41	-S/. 22,583.65	-S/. 23,408.07	-S/. 47,415.71	-S/. 64,677.37
S/. 25,377,118.66	S/. 10,201,454.32	S/. 848,628.65	S/. 1,561,705.36	S/. 812,895.33	S/. 895,765.20	S/. 467,704.19	S/. 486,336.05	S/. 1,028,908.53	S/. 1,419,022.21
	S/. 10,201,454.32	S/. 11,050,082.97	S/. 12,611,788.33	S/. 13,424,683.66	S/. 14,320,448.86	S/. 14,788,153.05	S/. 15,274,489.10	S/. 16,303,397.63	S/. 17,722,419.84

El análisis del presupuesto acumulado presentado en la tabla revela una planificación progresiva y acelerada de la ejecución de obra, con un crecimiento sostenido desde mayo hasta diciembre. Al cierre de mayo, ya se había alcanzado un 37.58% de avance acumulado, lo cual indica que gran parte del presupuesto se había ejecutado en los primeros meses del proyecto. A medida que avanza el cronograma, se observa un incremento constante quincenal, alcanzando el 63.08% a mediados de septiembre y superando el 79.27% para mediados de octubre. Este comportamiento sugiere una planificación que priorizó la ejecución intensiva en las etapas intermedias del año, probablemente para asegurar los avances críticos de la estructura y facilitar los acabados y detalles en los últimos meses.

Al finalizar el año, el presupuesto acumulado alcanza el 100%, cumpliendo así con la totalidad de la proyección financiera para el proyecto. Este dato es relevante, ya que demuestra que la programación presupuestal fue diseñada con precisión y se logró ejecutar sin desfases aparentes. La distribución de avances refleja una estrategia basada en el principio de curva “S”, donde la mayor concentración de esfuerzos y recursos ocurre en la etapa intermedia, permitiendo un cierre más controlado y menos exigente hacia el final. Esta ejecución refleja una buena planificación y control del gasto, lo que es esencial para asegurar la productividad, el cumplimiento de plazos y la optimización de los recursos disponibles en la obra. En tal sentido, la curva S viene dada por la siguiente figura:

4.2.5. Etapa 5 Recolección de datos de productividad con la aplicación de Lean Construction con las herramientas de calidad

Indicador 1: horas efectivas

Para obtener los resultados de estos indicadores de productividad de mano de obra, se observó detalladamente la ejecución de las partidas más incidentes de la obra, las mismas que se encuentran en ruta crítica y las mismas que fueron analizados en páginas anteriores, como las obras de cartel de obra, movilización y desmovilización de maquinaria y equipos, limpieza de terreno manual, trazo, nivelación y replanteo preliminar, corte de terreno a nivel de subrasantes, excavación manual para zapatas y cimientos corridos, soldados de concreto y acero de refuerzo posterior a la implementación de la sectorización.

Tabla 13

Productividad de la mano de obra en general

Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)
Obras provisionales, seguridad y salud	142.25	102.3	88.74
Arquitectura	645	207.02	101
Instalaciones sanitarias	142.12	240	854
Trazo, nivelación y replanteo preliminar	1001.25	921	745.5
Instalaciones eléctricas	1,512.02	804.20	451.25
Armado de placas	1,723.02	925	84
Instalaciones electromecánicas	578.10	305.23	55
Acero de refuerzo	514.23	16.47	245.23
Total	11,236.86	6,499.22	2,624.72

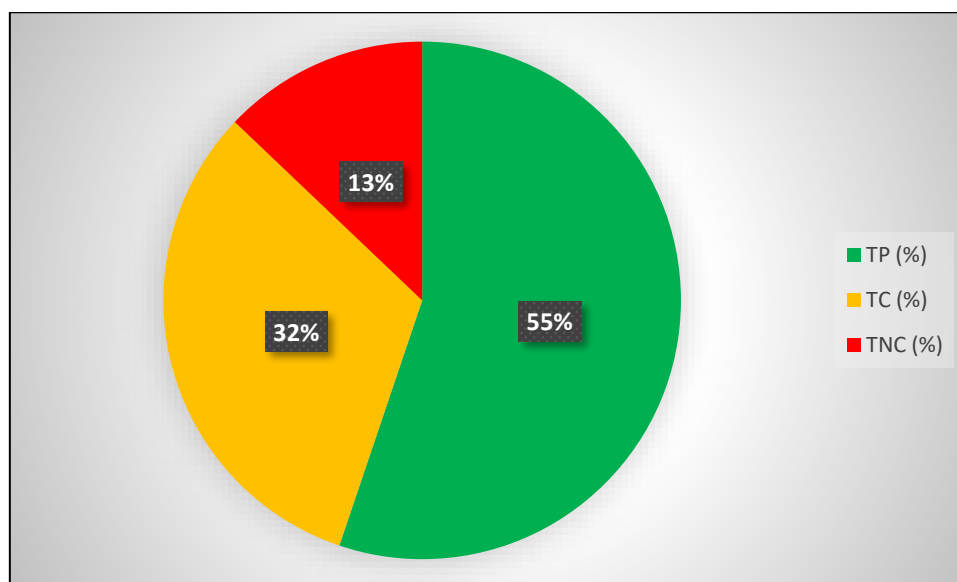
Nota. Periodo de aplicación 26/02/2024 – 23/03/2024.

La tabla presentada muestra la productividad de la mano de obra desglosada por partidas específicas relacionadas con actividades de construcción. Cada partida refleja tres indicadores principales: Tiempo Productivo (TP), Tiempo Contributivo (TC) y Tiempo No Contributivo (TNC), medidos en minutos. El TP se refiere al tiempo efectivamente invertido en realizar las tareas específicas de cada partida, mientras que el TC incluye actividades indirectamente relacionadas con la tarea principal, como preparación o coordinación. Por otro lado, el TNC representa tiempos perdidos debido a factores como interrupciones, demoras o ineficiencias.

En términos generales, se destaca que la mayor parte del tiempo acumulado corresponde al TP, con un total de 11,236.86 minutos, seguido del TC con 6,499.22 minutos, y finalmente el TNC, que suma 2,624.72 minutos. Partidas como “armado de placas” y “Corte de terreno a nivel de subrasante” son las actividades más demandantes en términos de TP, mientras que actividades como “Limpieza de terreno manual” evidencian altos valores de TNC, lo cual sugiere la necesidad de revisar y optimizar procesos para reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia global de la obra.

Figura 12

Productividad bajo un procedimiento Lean Construction y herramientas de calidad con relación al TP, TC y TNC



Se esclarece en la figura la mejora dentro del trabajo productivo subiendo a 55% incrementando la productividad en un 13%. Consecuentemente, los trabajos contributarios se esclarece una mejora del 6% elevando a un 32%. Finalmente, respecto a los trabajos no contributarios, se evidencia un descenso significativo posterior a la implementación de la sectorización como metodología de mejora, se esclarece una mejora del 18%.

Horas hombre (HH) dentro de la productividad posterior a aplicación de la mejora.

Se abordó una hoja de control de las horas hombre establecidas dentro de la ejecución de obra. Se estableció un periodo de tiempo promedio de 4 semanas de medición para el análisis. En tal sentido, se presenta la condensación de los índices resultantes del proceso consolidado durante el procedimiento de sectorización.

Tabla 14*Productividad de la mano de obra bajo el proceso Lean Construction*

Partida	Horas hombre previstas	Horas hombres reales	Productividad de las horas hombre
Obras provisionales, seguridad y salud	97.02	86.01	1.12
Arquitectura	1,102.10	1,002.10	1.09
Instalaciones sanitarias	2,010.01	1,845.01	1.08
Trazo, nivelación y replanteo preliminar	1,450.04	1,312.06	1.10
Instalaciones eléctricas	4,125.02	4,100.04	1.00
Armado de placas	1,315	1,210	1.08
Instalaciones electromecánicas	397.23	385.23	1.03
Acero de refuerzo	649.02	614.02	1.05
Total	11,145.44	10,554.47	1.05

Nota. Periodo de aplicación 26/02/2024 – 23/03/2024.

Se analizó la productividad de la mano de obra bajo el proceso de sectorización, comparando las horas hombre previstas y reales para cada partida de trabajo, así como la productividad de las horas hombre. La columna de horas hombre previstas representa el tiempo planificado para completar las tareas, mientras que las horas reales reflejan el tiempo realmente invertido. La productividad de las horas hombre se calcula como el cociente entre las horas previstas y las horas reales, con valores superiores a 1 indicando mayor eficiencia y valores iguales o inferiores a 1 sugiriendo ajustes en la planificación o ejecución.

En términos generales, la mayoría de las partidas presentan una productividad por encima de 1, destacando “Cartel de obra” (1.12) y “Trazo, nivelación y replanteo preliminar” (1.10), lo que indica un desempeño eficiente en estas actividades. Sin embargo, algunas

partidas como “Corte de terreno a nivel de subrasante” tienen una productividad de 1.00, lo que refleja que las horas previstas fueron muy cercanas a las reales, indicando un cumplimiento ajustado al plan sin excedentes. En total, las horas hombre reales (10,554.47) son ligeramente menores a las previstas (11,145.44), lo que evidencia una gestión adecuada de los recursos y un desempeño global favorable en el proceso de sectorización.

Indicador 2: porcentaje de tiempo útil

Tabla 15

Tiempo útil bajo enfoque propuesto

Intervalo (Unidad)	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
1	TP	TP	TC
2	TP	TP	TP
3	TP	TC	TP
4	TP	TP	TP
5	TP	TP	TC
6	TP	TP	TP
7	TP	TC	TP
8	TP	TP	TP
9	TP	TP	TC
10	TP	TP	TP
11	TP	TC	TP
12	TP	TP	TP
13	TP	TP	TC
14	TP	TP	TP
15	TP	TC	TP

16	TP	TP	TP
17	TP	TP	TC
18	TP	TP	TP
19	TP	TC	TP
20	TP	TP	TP
21	TP	TP	TC
22	TP	TP	TP
23	TP	TC	TP
24	TP	TP	TP
25	TP	TP	TC
26	TP	TP	TP
27	TP	TC	TP
28	TP	TP	TP
29	TP	TP	TC
30	TP	TP	TNC

Nota. Periodo de aplicación 26/02/2024 – 23/03/2024.

Tabla 16*Porcentaje de tiempo útil bajo enfoque propuesto*

Tipo	Frecuencia	Porcentaje
TP	68	75.56%
TC	12	13.33%
TNC	10	11.11%
TOTAL	90	100,0

Nota. Periodo de aplicación 26/02/2024 – 23/03/2024.

Con base en lo anterior, se estableció el análisis del indicador bajo enfoque propuesto aplicado.

$$TP = \frac{68}{90} * 100\% = 75.56\%$$

Indicador 3: porcentaje de preparación y transición

Para el porcentaje de preparación y transición fueron las actividades que contribuyeron en el proceso de campo a través del enfoque propuesto aplicado por lo cual se consideró lo siguiente:

$$TC = \frac{12}{90} * 100\% = 13.33\%$$

Si bien es cierto, se evidencia que hay una disminución del trabajo contributivo en casi un 10%, se toma en consideración el aumento de la productividad dentro de las labores por medio del menor número de actividades y recursos posibles.

Indicador 4: tiempo de retrabajos detectados

Tabla 17

Tiempo de retrabajo detectado bajo el enfoque propuesto

Evento	Actividad	Inicio	Fin	Tiempo (min)	Observación de mejora
1	Encofrado corregido	08:10	08:15	5	Se implementó checklist previo de alineamiento
2	Armado verificado	09:00	09:04	4	Supervisión permanente durante el armado
3	Nivelación ajustada	09:30	09:34	4	Uso de equipos calibrados antes de la ejecución
4	Colocación optimizada	10:10	10:15	5	Capacitación práctica al personal operativo
5	Corte controlado	11:00	11:04	4	Verificación de medidas antes del corte
6	Ajuste estructural rápido	11:30	11:35	5	Revisión previa de planos actualizados
7	Reposición eficiente	12:10	12:13	3	Control de calidad del material en almacén
8	Corrección final optimizada	12:30	12:31	1	Inspección continua durante el proceso

Nota. Periodo de aplicación 01/10/2025 al 27/10/2025.

La tabla evidencia una mejora significativa en los tiempos de retrabajo luego de aplicar acciones correctivas y medidas de control en las actividades operativas. Inicialmente, los retrabajos presentaban tiempos elevados debido a errores humanos, deficiencias de

supervisión, fallas técnicas y problemas relacionados con materiales y planos. Sin embargo, tras implementar observaciones de mejora como el uso de listas de verificación, supervisión continua, capacitación al personal y control de calidad de materiales, los tiempos de corrección disminuyeron considerablemente en cada actividad desarrollada.

Asimismo, se observa que las actividades que anteriormente requerían entre 8 y 10 minutos de retrabajo lograron reducirse a intervalos de entre 4 y 5 minutos, mientras que las tareas menores alcanzaron tiempos mínimos de corrección de 1 a 3 minutos. Esto demuestra que la estandarización de procesos y la planificación previa permitieron optimizar la ejecución de las actividades, reduciendo interrupciones y mejorando el desempeño operativo de la cuadrilla.

Finalmente, el tiempo total de retrabajo pasó de 58 minutos a 31 minutos, alcanzando una reducción aproximada del 46.55%. Este resultado refleja que las medidas de mejora implementadas generan un impacto positivo en la productividad, ya que disminuyen tiempos improductivos, evitan reincidencias de errores y favorecen una mayor continuidad en el proceso constructivo.

Tabla 18

PPC Acumulado después de la aplicación

PPC - ACUMULADO								
Semana	Fecha		Tareas Programadas		Tareas Realizadas		PPC	
	Inicio	Fin	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado	Semanal	Acumulado
SEM 30	29/01/2024	3/02/2024	21	1165	18	987	85.71%	84.72%
SEM 31	5/02/2024	10/02/2024	30	1195	27	1014	90.00%	84.85%
SEM 32	12/02/2024	17/02/2024	31	1226	26	1040	83.87%	84.83%
SEM 33	19/02/2024	24/02/2024	9	1235	9	1049	100.00%	84.94%
SEM 34	26/02/2024	2/03/2024	37	1272	36	1085	97.30%	85.30%
SEM 35	4/03/2024	9/03/2024	42	1314	35	1120	83.33%	85.24%
SEM 36	11/03/2024	16/03/2024	39	1353	33	1153	84.62%	85.22%

Figura 13

PPC acumulado después de la aplicación

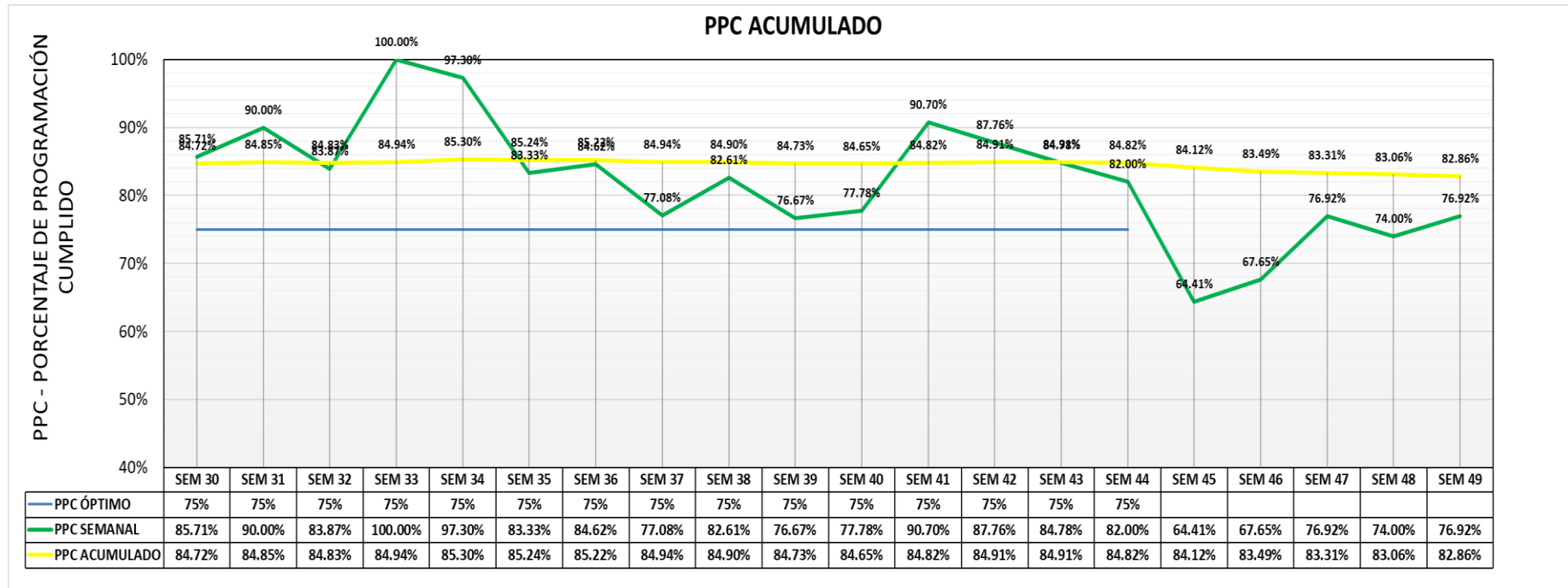
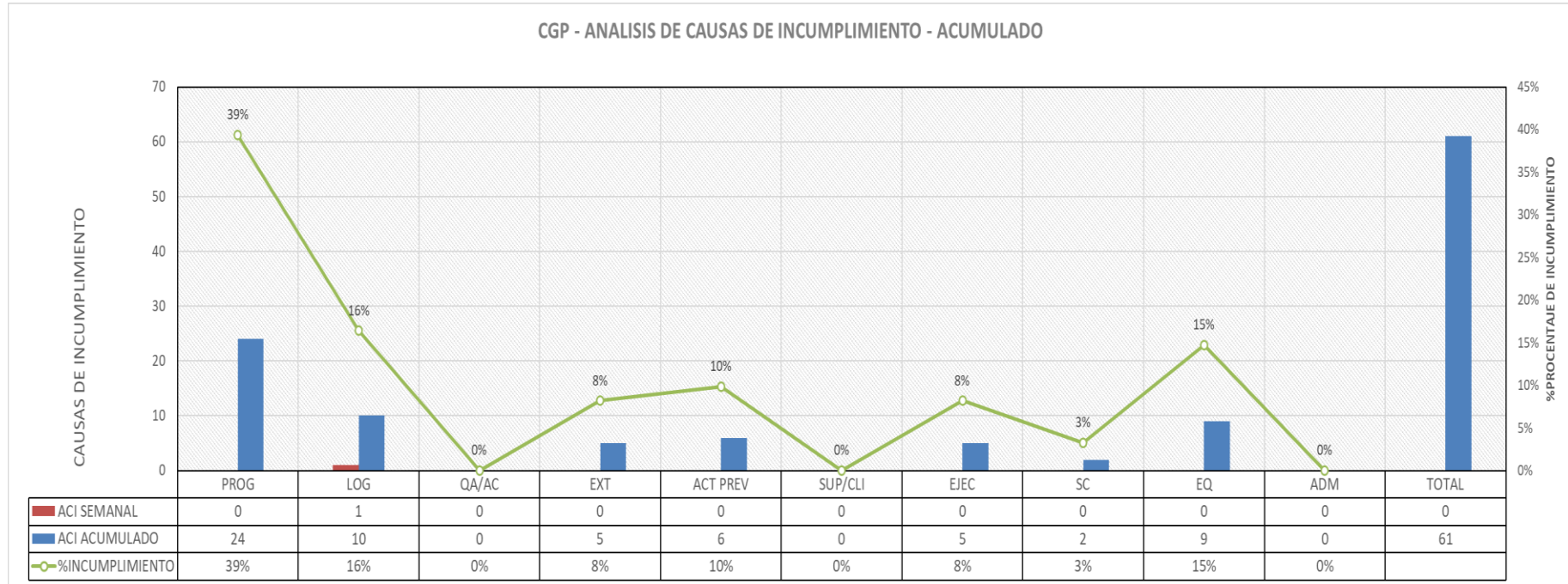


Figura 14*Análisis de causas de no cumplimiento acumulado*

Productividad fundamentada en el costo

Para este análisis se fundamenta de igual manera bajo 4 semanas de observación y recolección de campo, esto para evidenciar el comportamiento de los egresos en tiempo real para evidenciar la valorización de la obra. Según Córdova y Alberto (2018), los parámetros para establecer la efectividad y eficiencia del presupuesto en obra viene dado por los siguientes criterios:

- Criterio 1: efectivo y eficiente: $1.04 \leq IP$
- Criterio 2: no eficiente y efectivo: $1.0 \leq IP < 1.04$
- Criterio 3: no eficiente y no efectivo: $IP < 1$

Con base a ello, se presenta la siguiente medición durante 4 semanas de análisis:

Tabla 20

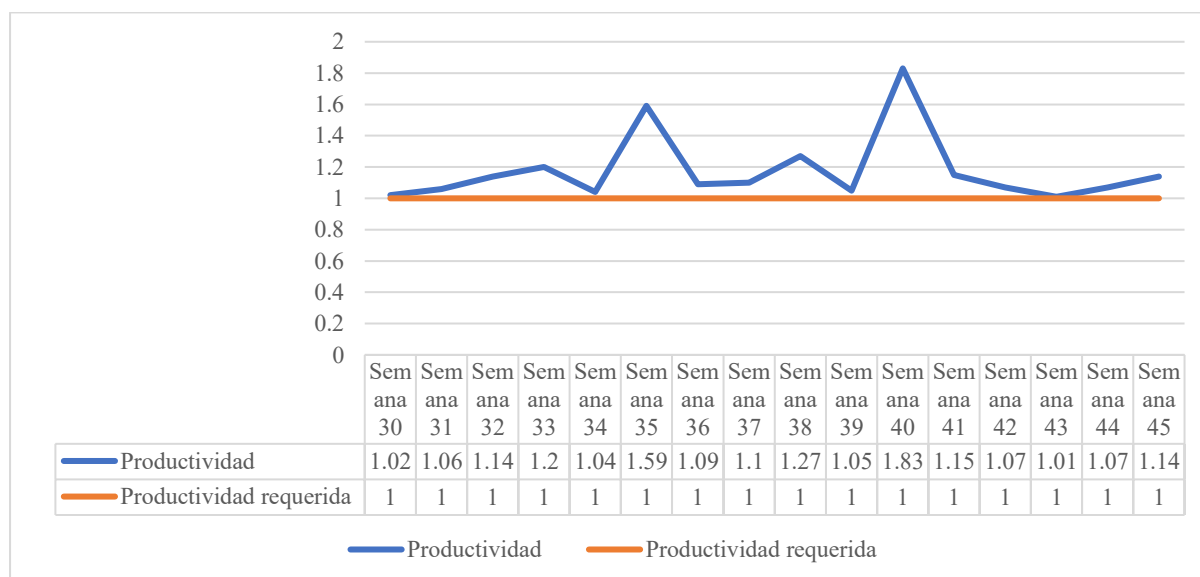
Productividad de los costos bajo método posterior al a sectorización de construcción

Semana	Costo de calendario contractual	Costo real valorizado	Productividad	Productividad requerida Córdova y Alberto (2018)	Conclusión
Semana 30	S/. 6,526.98	S/ 6,350.52	1.02	1	Criterio 2
Semana 31	S/. 123,843.68	S/ 115,842.51	1.06	1	Criterio 2
Semana 32	S/. 34,836.77	S/ 30,478.50	1.14	1	Criterio 2
Semana 33	S/. 59,045.73	S/ 49,000.10	1.20	1	Criterio 1
Semana 34	S/. 105,329.10	S/101,104.15	1.04	1	Criterio 1
Semana 35	S/. 8,677.86	S/5,451.12	1.59	1	Criterio 1
Semana 36	S/. 197,896.01	S/180,146.23	1.09	1	Criterio 1
Semana 37	S/. 26,628.62	S/24,124.20	1.10	1	Criterio 1
Semana 38	S/. 10,810.46	S/8,475.20	1.27	1	Criterio 1
Semana 39	S/. 48,333.00	S/45,978.10	1.05	1	Criterio 1
Semana 40	S/. 3,932.89	S/2,142.02	1.83	1	Criterio 1

Semana 41	S/. 24,796.86	S/21,478.10	1.15	1	Criterio 1
Semana 42	S/. 43,167.96	S/40,100.02	1.07	1	Criterio 1
Semana 43	S/. 13,207.02	S/12,970.25	1.01	1	Criterio 2
Semana 44	S/. 29,581.28	S/27,496.02	1.07	1	Criterio 1
Semana 45	S/. 40,202.24	S/35,123.02	1.14	1	Criterio 1
Promedio			1.18	1	Criterio 1

Figura 15

índice de productividad de los costos posterior a la mejora



La productividad fundamentada en el costo presentó un comportamiento mayoritariamente eficiente, con índices de productividad (IP) que se mantuvieron por encima del valor de referencia ($IP = 1$) durante la mayor parte de las semanas evaluadas, alcanzando un promedio general de 1.18, lo que indica una mejora sostenida en la valorización de los egresos respecto al costo contractual. Se observa que, aunque en algunas semanas (30, 31 y 43) se registraron valores cercanos al umbral mínimo de eficiencia, la tendencia general es ascendente, destacando picos significativos como en la semana 35 ($IP = 1.59$) y la semana 40 ($IP = 1.83$), lo cual refleja un mayor aprovechamiento de los recursos económicos, una reducción relativa de sobrecostos y una gestión más eficiente del presupuesto de obra.

Comparativo de los indicadores de estudio

Posterior al análisis en cuestión se procedió a analizar los comparativos suficientes por cada indicador:

Tabla 21

Comparativo de los indicadores antes y después de la mejora

Periodo	Horas efectivas		% de tiempo útil		% de preparación y transición		Tiempo de retrabajo detectado	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
	4,978	11,145.44	43.33%	75.56%	25.55%	13.33%	7.25	3.875
	(82.96h)	(185.757h)						

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto al indicador I1: horas efectivas de producción, los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian una mejora significativa luego de la implementación de la metodología Lean Construction con herramientas de calidad. Según la Tabla 21, las horas efectivas aumentaron de 82.96 horas (4,978 min) bajo el enfoque tradicional a 185.757h (11,145.44 min) con la aplicación de Lean Construction, reflejando un incremento del 6,167.44 min en la eficiencia operativa. Este comportamiento guarda relación con lo reportado por Benites y Benites (2022), quienes identificaron una mejora del 18% en la productividad del casco estructural y un incremento superior al 20% en los rendimientos de las partidas mediante la aplicación de cartas balance, sectorización y planificación colaborativa. Asimismo, Marín y Correa (2020) evidenciaron un incremento del 10.5% en el rendimiento de mano de obra luego de implementar Lean Construction en obras de alcantarillado. En ese sentido, los hallazgos permiten interpretar que la aplicación de herramientas Lean favorece el aprovechamiento del tiempo efectivo de trabajo, disminuyendo interrupciones y tiempos muertos en obra, lo cual coincide con los fundamentos teóricos de Flores (2022), quien sostiene que Lean Construction busca maximizar el trabajo productivo y eliminar actividades que no generan valor.

En relación con el indicador I2: porcentaje de tiempo útil, la investigación determinó que el Tiempo Productivo (TP) pasó de 43.33% bajo un enfoque tradicional, según la Tabla 21, a 75.56% luego de la implementación de Lean Construction, conforme a la Tabla 16, mostrando un incremento sustancial del tiempo destinado a actividades generadoras de valor. Estos resultados coinciden con Parameswaran et al. (2025), quienes demostraron que la implementación de herramientas Lean permitió mejorar los trabajos productivos, contributivos y no contributivos en un 49% dentro de procesos constructivos sostenibles. Del mismo modo, Castañeda et al. (2025) reportaron que la integración BIM-Lean elevó la eficiencia global del trabajo productivo desde un 12% inicial hasta un 45%. En consecuencia, los resultados del

presente estudio evidencian que la aplicación de carta balance, sectorización y análisis de restricciones optimiza la distribución de actividades dentro de la jornada laboral, permitiendo una mayor continuidad operativa y reduciendo pérdidas de tiempo, tal como sostienen Muñoz et al. (2018), quienes indican que Lean Construction mejora la eficiencia mediante la reducción de actividades no generadoras de valor.

Respecto al indicador I3: porcentaje de preparación y transición, los resultados del estudio reflejan una disminución considerable de los tiempos contributivos y no contributivos asociados a esperas, desplazamientos y preparación de actividades. Según la Tabla 21, el tiempo contributivo disminuyó de 25.55% a 13.33%. Estos hallazgos presentan similitud con los resultados de Marín y Correa (2020), quienes lograron reducir las pérdidas de productividad en 13.83% mediante la implementación de herramientas Lean, identificando como principales causas el desconocimiento de procesos y la falta de control operativo. Asimismo, Chinchay (2023) evidenció que la metodología Lean permitió revertir retrasos críticos de obra y mejorar significativamente el avance físico del proyecto luego de incorporar herramientas de gestión visual y Last Planner System en un 5%. Desde el enfoque teórico, Chinchay (2023) sostiene que Lean Construction elimina desperdicios relacionados con movimientos innecesarios, esperas y descoordinación, lo cual explica la reducción observada en los tiempos de preparación y transición dentro de la presente investigación.

Finalmente, en cuanto al indicador I4: tiempo de retrabajo detectado, los resultados muestran una mejora importante después de la aplicación de las herramientas Lean y de calidad. Según la Tabla 6, el tiempo promedio de retrabajo disminuyó de 7.25 minutos a 3.875 minutos según Tabla 18, representando una reducción considerable. Este comportamiento coincide con lo señalado por Pérez et al. (2024), quienes concluyeron que la integración de Lean-calidad y BIM permite reducir errores de diseño, problemas de coordinación y retrasos constructivos mediante herramientas colaborativas y planificación eficiente en un 10%. Asimismo, Negi et

al. (2024) sostienen que la aplicación de técnicas Lean y herramientas de calidad como Kaizen y Value Stream Mapping permiten disminuir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa en obras prefabricadas aumentando el tiempo productivo a un 70%. Bajo esta perspectiva, los resultados obtenidos evidencian que la implementación de controles preventivos, supervisión continua, estandarización y análisis de causas raíz mediante diagramas Ishikawa contribuyen directamente a reducir actividades de corrección y reproceso, optimizando así la productividad general de la obra.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se analizó el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para las horas efectivas de producción, teniendo óptimos resultados incrementando el rendimiento operativo de la cuadrilla. De acuerdo con la Tabla 21, las horas efectivas aumentaron de 82.96 horas (4,978 min) bajo el enfoque tradicional a 185.757h (11,145.44 min) con la aplicación de Lean Construction, reflejando un incremento del 6,167.44 min en la eficiencia operativa.
- 6.2. Se evaluó el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el porcentaje de tiempo útil, el cual fue positivo debido a que según la Tabla 21, el tiempo productivo bajo el enfoque tradicional fue de 43.33%, mientras que el porcentaje de tiempo útil alcanzó el 75.56% bajo el enfoque propuesto, demostrando una mejora sustancial en la distribución y aprovechamiento del tiempo de trabajo.
- 6.3. Se analizó la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para los tiempos de preparación y transición dentro de la obra, teniendo resultados favorables, conforme a la Tabla 21, el tiempo contributivo se redujo de 25.55% a 13.33%, evidenciando una reducción de desplazamientos innecesarios, esperas y actividades improductivas.
- 6.4. Se evaluó el efecto del uso de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad el cual permitió reducir significativamente el tiempo de retrabajos detectados. Según la Tabla 21, los tiempos de retrabajo disminuyeron considerablemente después de la aplicación de controles preventivos, supervisión continua y estandarización de procesos, alcanzando una reducción aproximada de 7.25 min promedio a 3.875.
- 6.5. Finalmente, al analizar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificación multifamiliar Cuba, Jesús María, se ha determinado que tiene un efecto positivo y

significativo para la mejora de la productividad. La sinergia entre la planificación predictiva y el control preventivo permitió optimizar el flujo de trabajo y asegurar el cumplimiento del 100% del presupuesto planificado al cierre del periodo anual.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Se recomienda a la empresa constructora continuar implementando la metodología Lean Construction con herramientas de la calidad en las distintas etapas de ejecución de obras multifamiliares, debido a que su aplicación mejora la productividad general, optimiza el flujo de trabajo y reduce actividades que no generan valor dentro del proceso constructivo.
- 7.2. Se recomienda fortalecer el control y monitoreo de las horas efectivas de producción mediante la aplicación permanente de carta balance y supervisión continua en los frentes de trabajo, con la finalidad de mantener un mayor aprovechamiento del tiempo operativo y reducir interrupciones durante la ejecución de actividades.
- 7.3. Se recomienda mantener la aplicación de herramientas de planificación colaborativa, sectorización y programación semanal, con el propósito de incrementar el porcentaje de tiempo útil y asegurar que las actividades productivas predominen sobre las actividades contributivas y no contributivas dentro de la obra.
- 7.4. Se recomienda optimizar la coordinación logística y la preparación previa de recursos, materiales y equipos antes del inicio de cada jornada laboral, con el fin de disminuir tiempos de espera, desplazamientos innecesarios y actividades de transición que afectan la continuidad del proceso constructivo.
- 7.5. Se recomienda implementar controles preventivos permanentes, capacitaciones operativas y procedimientos estandarizados de calidad, a fin de reducir los retrabajos detectados y evitar reincidencias de errores durante la ejecución de las partidas constructivas.

VIII. REFERENCIAS

- Abd, A. & Syazli, M. (2020). La integración de la construcción eficiente y la construcción sostenible; una perspectiva de las partes interesadas en el análisis de estrategias de construcción eficiente y sostenible en Malasia. *Procedia Ciencia de la Computación*, 100, 634-643. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.205>
- Acosta, D. (2018). *Aplicación de herramientas de control bajo el sistema Last Planner en dos proyectos de edificaciones de Lima Metropolitana*. [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4b24559b-325d-4891-814e-168ca6359865/content>
- Alcaide, A. & Ruiz, A. (2021). La aplicación del color sobre la arquitectura moderna: Revisión de los proyectos de Bruno Taut y Le Corbusier. *ESTOI. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 10(20), 250-267. <https://doi.org/10.18537/est.v010.n020.a13>
- Álvarez, J., Vila, M., Fraiz, J. & De la Cruz, M. (2024). Relación entre herramientas y factores críticos de la calidad. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 23(2), 82-97. <https://doi.org/10.1016/j.redee.2012.11.004>
- Anaya, O. & Inga, M. (2019). *Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad en la obra zona minoritaria Unicachi, en Comas, año 2019*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2632>
- Aparicio, L., Amaya, O. & Devia, P. (2023). Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de manufactura y producción industrial: una revisión de la literatura. *Ingeniería*, 28(1). <https://doi.org/10.14483/23448393.18934>

- Arias, K. & Yapuchura, V. (2019). *Aplicación del método Last Planner System enfocado a criterios de sectorización para la construcción de centros comerciales, en la provincia de Tacna, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional de la Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/831/Arias-Maldonado-Yapuchura-Platero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Banco Interamericano de Desarrollo-BID. (2020). *Informe de sostenibilidad*.
- Baptista, B., Tala, N., López, S., Henríquez, P. & Camilo, D. (2024). *Transformando la construcción en América Latina y el Caribe: digitalización e innovación como claves para la sostenibilidad*. Notas Técnicas. <http://dx.doi.org/10.18235/0013226>
- Benites, G. & Benites, N. (2022). *Lean Construction y herramientas de calidad para la productividad del casco estructural en la I.E. N°2254, El Porvenir, Trujillo, 2022*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/99240>
- Blandín, F. (2023). La metodología Lean Construction: una revisión sistemática a la bibliografía (2019-2023). *South Florida Journal of Development, Miami*, 4(6), 2413-2431.
- Castañeda, K., Sánchez, O., Peña, C., Herrera, R. & Mejía, H. (2025). Integración BIM-Lean para la programación de la construcción de intersecciones viales. *Automatización en la construcción*, 176, 106247. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106247>
- Castaño, P., Sánchez, J. & García, J. (2021). Revisión bibliográfica sobre el estudio de pérdidas en la construcción bajo principios Lean. *Revista UIS Ingenierías*, 20(4), 27-44. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-2021003>

- Castro, F., Castro, E., Osorio, J. & Merizalde, J. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3-19. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>
- Chero, V. (2024). Población y muestra. *Revista Internacional dental*, 17(2), 66. <https://www.scielo.cl/pdf/ijoid/v17n2/2452-5588-ijoid-17-02-66.pdf>
- Chinchay, B. (2023). *Aplicación de la metodología Lean Construction para mejorar la productividad en obra de pavimentación urbana, Cajamarca 2020*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11108>
- Collachagua, I. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad*. [Tesis de grado, Universidad Continental]. Repositorio institucional de la Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/3591>
- Cortés, M., Muñoz, D. & Ávila, M. (2020). Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last Planner System. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 126-134. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732020000200126&lng=es&nrm=iso
- Cruz, N. & Centeno, E. (2019). La construcción epistemológica en Ingeniería Civil: visión de la Universidad de Costa Rica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1), 164-195. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v19i1.35328>
- Díaz, G. & Salazar, D. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *Podium*, (39), 19-36. <https://doi.org/10.31095/podium.2021.39.2>
- Díaz, L., Oliveira, M., Pucharelli, P. & Pinzón, J. (2019). Integración entre el sistema last Planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(2), 146-158. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200146>

- Fernández, A. (2022). Los objetivos de Desarrollo Sostenible en el marco multidimensional del bienestar. *Economía: teoría y práctica*, (56), 175-200.
<https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/562022/fernandez>
- Figuroa, M., Diez, A., Castrillón, L. & Manrique, E. (2017). Simulación, Implementación y Pruebas de un Sistema de Compensación en Corriente Directa basado en Ultra Capacitores, para Sistemas Ferroviarios. *Información Tecnológica*, 28(1), 179-188.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100018>
- Flores, H. (2022). *Metodología Last Planner System y planificación de obras en empresas constructoras de la Provincia de San Martín – 2022*. [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95886/Flores_VHA-SD.pdf?sequence=4
- Garcés, G. & Peña, C. (2023). A Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 43-60.
<http://dx.doi.org/10.7764/ric.00051.21>
- García, M. (2021). *Lean Construction y su incidencia en la productividad en la construcción Jatun Atecc E.I.R.L., Lima-2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97468/Garcia_AMY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giménez, Z. (2022). Industria de la construcción: ¿fragmentada o integrada? *Gaceta técnica*, 23(1), 1-2. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.1>
- González, A. & Estrada, R. (2015). Análisis dinámico por elementos finitos del conjunto soporte-captador de alta frecuencia de un tren subterráneo. *Ingeniería Mecánica*, 18(1),

23-30. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442015000100003

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta ed.). McGraw Hill Education. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Hoyos, M. & Botero, L. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1). <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>

Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI. (2024). *Informe de actualización de proyecciones macroeconómicas 2024-2027*. Ministerio de Economía y Finanzas. https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/marco_macro/IAPM_2024-2027.pdf

Llerena, D. (2019). *Mejora de la productividad aplicando las herramientas Lean Construction en la ejecución del edificio Liberty de 20 pisos en la etapa de Casco Estructural ubicado en el distrito de Pueblo Libre*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio institucional de la Universidad San Martín de Porres. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5904/llderena_vdm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Malvik, T. (2025). TRIZ como herramienta de innovación para la gestión de oportunidades y Lean Construction. *Procedia Ciencia de la Computación*, 256, 1459-1466. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.279>

Marín, N. & Correa, L. (2020). Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado Av. Cieza de León-La Purísima. *Revista Pakamuros*, 8(3), 13-24. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i3.135>

- Michalski, A., Glodzinski, E. & Bee, K. (2022). Técnicas de gestión de la construcción esbelta y tecnología BIM: revisión sistemática de la literatura. *Procedia Informática*, 196, 1036-1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.107>
- Miranda, M. & Torobisco, E. (2019). *Evaluación de la eficiencia de la aplicación del Last Planner System en un proyecto de construcción en la etapa de acabados-Arquitectura del Perú en el año 2019*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional de la Universidad Tecnológica del Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3532/Maykol%20Miranda_Esmeralda%20Torobisco_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muñoz, D., Arteaga, W. & Villamil, D. (2018). Uso y aplicación de herramientas del modelo de producción Toyota: una revisión de literatura. *Revista Politécnica*, 14(27), 80-92. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v14n27a8>
- Navarro, D. & Lanzón, M. (2018). Materiales de construcción. Estrategias para su enseñanza en las escuelas de arquitectura. *ESTOA, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(14), 81-98. <https://doi.org/10.18537/est.v007.n014.a03>
- Negi, P., Thakur, G., Singh, R., Gehlot, A., Kumar, A., & Twala, B. (2024). Percepción de las barreras a la implementación de la construcción Lean-Calidad en el sector de prefabricación de la India. *Revista Heliyon*, 10(16), e36458. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36458>
- Osunsammi, T., Oke, A. & Clinton, A. (2019). Lean Construction Supply Chain: A Bibliometric Analysis of the Knowledge Base. *Modular And Offsite Construction*, 1(1).
- Pairol, R., Rodríguez, A., Reyes, F. & Montes, I. (2020), Una herramienta para la evaluación de la calidad de modelos de procesos de negocios. *Revista Cubana de Ciencias*

Informáticas, 14(4), 174-190.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992020000400174

- Parameswaran, A., Tam, V., Geng, L. & Le, K. (2025). Application of lean techniques and tools in the precast concrete manufacturing process for sustainable construction: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 503(25), 145444. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145444>
- Pérez, Y., Ávila, J. & Sánchez, O. (2024). Influencia de BIM y Lean-Calidad en la mitigación de factores de retraso en proyectos de edificación. *Resultados de Ingeniería*, 22, 102236. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102236>
- Pérez, G., Del Toro, H. & López, A. (2019). Mejora en la construcción por medio de Lean Construction y Building Information Modeling: caso de estudio. *Revista RITI*, 7(14), 110-121. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
- Pérez, G., Rosales, J., López, A., Ponce, C. & Rodríguez, E. (2019). Evaluación de la gestión en la construcción de una tienda de conveniencia por medio de lean construction. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3), 1-13. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193961007001/html/>
- Pinzón, J. & Millán, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia. *Prospectiva*, 15(2), 51-59. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.746>
- Ramírez, G., Magaña, D. & Ojeda, R. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica. *Revista Trascender, Contabilidad y Gestión*, 7(20), 189-208. <https://doi.org/10.36791/tcg.v8i20.166>
- Razo, D. & García, O. (2021). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *Ingeniería Sísmica*, (104). <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>

- Rivero, D. & Ortiz, L. (2022). Esquema de flujo de datos para la toma de decisiones en el sector público. *Revista Lasallista de Investigación*, 18(2), 58-68.
<https://doi.org/10.22507/rli.v18n2a5>
- Rojas, M., Henao, M. & Valencia, M. (2016). Lean Construction-LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 115-128.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n30/1692-3324-rium-16-30-00115.pdf>
- Sandoval, L., Ruiz, J. & López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29-43.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200003
- Shaour, E., Azzam, M. & Almashhour, R. (2025). Investigación estadística de los obstáculos para la aplicación de Lean en las construcciones egipcias. *Revista de Ingeniería Ain Shams*, 16(5), 103349. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103349>
- Serpell, A. & Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante carta de balance. *Revista Ingeniería de Construcción*, (9), 1-16.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2022). *Análisis de causas y medidas mitigadoras de retrasos y sobrecostos en proyectos industriales llave en mano*.
https://oa.upm.es/71925/1/TFM_MIGUEL_IGNACIO_PARMA_GARCIA.pdf
- Valdes, Y., García, T. & González, T. (2022). Material de estudio sobre calidad en la construcción para la carrera Ingeniería Civil. *EduSol*, 22(78), 191-205.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-80912022000100191
- Vargas, E. & Camero, J. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industria Data*, 24(2), 249-271.
<http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>

- Vega, L. & Barrantes, L. (2022). Percepción del estudiantado universitario sobre la virtualización de la enseñanza de la metodología de la investigación científica en la educación superior. *Actualidades Investigativas en Educación*, 22(3), 65-94.
<http://dx.doi.org/10.15517/aie.v22i3.50638>
- Zambrano, C., Lao, Y. & Moreno, M. (2019). El pensamiento lea desde la manufactura hasta la salud: una revisión de la literatura. *Correo Científico Médico*, 23(3), 876-894.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812019000300876

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de operacionalización y consistencia

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad	La Metodología Lean Construction es un enfoque de gestión aplicado al sector de la construcción, derivado de la filosofía Lean Manufacturing, que busca optimizar los procesos, eliminar desperdicios, maximizar el valor para el cliente y mejorar la productividad en los proyectos. Se basa en principios como la mejora continua, la colaboración y la planificación eficiente. Por su parte, las herramientas de calidad son técnicas y métodos utilizados para garantizar que los procesos y resultados cumplan con los estándares establecidos, promoviendo la detección y solución de problemas.	Se consideran las etapas conjuntas debidamente estructuradas entre la carta balance, análisis de restricciones, diagramas causa efecto y diagrama de flujo	Carta balance	Porcentaje de actividades completadas (PAC)	Razón
				Cumplimiento del cronograma	
				Trenes de trabajo	
			Análisis de restricciones	Número de restricciones identificadas	Razón
				Restricciones eliminadas	
				Tiempo promedio de respuesta	
Variable dependiente: Productividad	indicador que mide la eficiencia con la que se utilizan los recursos disponibles para generar bienes o servicios en un determinado periodo de tiempo. Se calcula generalmente como la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los insumos utilizados, como el trabajo, el capital o los materiales.	Se consideran los parámetros de medición de la eficiencia de obra considerando el trabajo productivo, contributivo y no contributivo	Diagrama Ishikawa	Causas identificadas	Nominal
			Diagrama de flujo	Secuencia de tareas Lean	Ordinal
			Trabajo productivo	Horas efectivas de producción (hh)	Razón
				Porcentaje de tiempo útil (%)	
			Trabajo contributorio	Porcentaje de Tiempo de preparación y transición (%)	Razón
			Trabajo no contributorio	Tiempo de retrabajos detectados (hh)	Razón

Matriz de consistencia

Implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General	General	General		Carta balance	Porcentaje de actividades completadas (PAC)	Enfoque:
¿Cuál será el efecto de la implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?	Analizar el efecto de la implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.	La implementación de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora de la productividad en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.	Variable independiente Y: Metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad			Cualitativa
						Tipo:
					Cumplimiento del cronograma	Aplicada
				Análisis de restricciones	Trenes de trabajo	Diseño:
					Número de restricciones identificadas	No experimental
					Restricciones eliminadas	Construcciones de edificaciones multifamiliares que han empleado la metodología Lean
					Tiempo promedio de respuesta	
Específicos	Específicos	Específicos		Diagrama Ishikawa	Causas identificadas	Construction y herramientas de la calidad en el distrito de Jesús María, departamento de Lima Metropolitana
				Diagrama de flujo	Secuencia de tareas Lean	
¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?	Analizar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024	La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora de las horas efectivas de producción en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.	Variable Dependiente X: Productividad	Trabajo productivo	Horas efectivas de producción (hh)	
					Porcentaje de tiempo útil (%)	
¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?	Evaluar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024	La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del porcentaje de tiempo útil en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.				

¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?	Analizar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024	La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del tiempo de preparación y transición en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.		Trabajo contributivo	Porcentaje de Tiempo de preparación y transición (%)	Muestra:
						Obra de construcción del edificio multifamiliar Cuba ubicado en el distrito de Jesús María
¿Cuál será el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024?	Evaluar el efecto de la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad para el tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024	La metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad tiene efecto significativo para la mejora del tiempo de retrabajos detectados en la obra de edificio multifamiliar Cuba, Jesús María, 2024.		Trabajo No Contributorio	Tiempo de Retrabajos detectados (HH)	

Anexo B. Instrumentos de recolección de información

Horas efectivas de producción

Horas efectivas de producción			
Nombre:			
Cargo:			
Ítem	Tarea	Descripción (Horas efectivas)	Fecha
Nombre:			
Cargo:			
Ítem	Tarea	Descripción (Horas efectivas)	Fecha
Nombre:			
Cargo:			
Ítem	Tarea	Descripción (Horas efectivas)	Fecha

Carta Balance

CARTA BALANCE (Tiempo de preparación)					
PROYECTO:			FECHA:		
NOMBRE DEL OBSERVADOR:			HORA INICIO:		
ACTIVIDAD OBSERVADA:					
UBS:					
N°	TRABAJADOR 1	TRABAJADOR 2	TRABAJADOR 3	TRABAJADOR 4	TRABAJADOR 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Trabajador	Nombre completo	Categoría	Edad	Procedencia

Tipo	Letras	Tarea
TP	A	
	B	
	C	
	D	
	E	
	F	
	G	
	H	
TC	I	
	J	
	K	
	L	
TNC	M	
	N	
	O	
	P	
	Q	
TNC	R	
	S	

A	TRABAJADOR 1	TRABAJADOR 2	TRABAJADOR 3	TRABAJADOR 4	TRABAJADOR 5
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					
L					
M					
N					
O					
P					
Q					
R					
S					
Total					

TOTAL	
0	TP
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	
0	TC
0	
0	
0	
0	TNC
0	
0	
0	
0	TOTAL

Formato LookAhead Planning

[illegible]

Formato de porcentaje de plan cumplido

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO-PPC														
PROYECTO					SEMANA									
					FECHA									
Ítem	Descripción (Actividad)		UN D	PROG. INICIO	SEMANA							METRADO EJECUTADO	CUMPLIMIENTO (SI/NO)	
					L	M	X	J	V	S	D			
ACTIVIDADES NO PROGRAMADAS-EJECUTADAS														
					Programado									
					Ejecutado									
					Programado									
					Ejecutado									
					Programado									
					Ejecutado									
								ACTIVIDADES COMPLETADAS AL 100%						
								ACTIVIDADES NO COMPLETADAS						
								ACTIVIDADES NO PROGRAMADAS EJECTUDAS						
								PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO						
RESUMEN														
ACTIVIDADES COMPLETADAS AL 100%-TOTAL ACUMULADO														
ACTIVIDADES NO COMPLETADAS-TOTAL ACUMULADO														
PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO ACUMULADO														

Formato de análisis de restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES												
C O D	ÁREA DE LEVANTAMIENTO	ACTIVIDAD	FRENTE DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	DUEÑO	PLAN DE ACCIÓN	N. SEM. IDENTIFICADA	FECHA PLANIFICADA DEL LEVANTAMIENTO	VERIFICACIÓN	FECHA REAL DE LEVANTAMIENTO	DÍAS RETRASO	OBSERVACIÓN
					Descripción					Cantidad ok	0	
					Se abordó la restricción en la fecha programada					Cantidad NO	0	
					No se levantó la restricción					Restricciones totales	0	
					Se levanto la restricción en fecha fuera de la programación							

Anexo C. Solicitud para el uso de la información

ASUNTO: SOLICITUD DE PERMISO PARA EL USO DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO EDIFICIO MULTIFAMILIAR CUBA, JESÚS MARÍA EN TESIS DE GRADO.

Lima, Perú, 25 de agosto del 2025

Empresa

COGEPATS

Gerente General

Lorenzo Javier Mas Llull

Presente. -

Estimada empresa,

Yo, Carlos Carrillo Saldaña identificada con DNI N° 47083538 y domicilio en Calle A Mz B Lt 06 Asent. H. Victor Raul Haya de la Torre, en esta oportunidad me dirijo a ustedes con el mayor agradecimiento respeto para hacer solicitud de su autorización para el empleo de información específica del proyecto Edificio Multifamiliar Cuba, Jesús María 1142, cuya ejecución estuvo bajo el desarrollo de su valorada organización; esto, con la finalidad de elaborar mi tesis de grado para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Mi trabajo de grado se orientará en analizar el efecto de la implementación la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad en la mejora de la productividad de la obra de edificación multifamiliar Cuba, Jesús María. Por ello, solicito su autorización para utilizar información específica del proyecto como:

1. Planificación de obra
2. Metrados
3. Planos de obra, arquitectura, estructura, entre otros.
4. Memorias descriptivas y alcances del proyecto
5. Presupuestos

Asimismo, se hace la salvedad que la información será empleada íntegramente con fines académicos y con la debida responsabilidad de la protección de información regido bajo la declaración de Helsinki y Ley N°29733 (Protección de datos personales y empresariales). Por ello, me encuentro en la disponibilidad de firmar o declarar de manera formal cualquier acuerdo por parte de la organización para garantizar el cumplimiento de las políticas de confidencialidad bajo el amparo de mi Universidad.

Sin más que hacer referencia, solo agradecida de antemano, ya que con su autorización resaltará la finalidad de mi estudio y podrá promulgar cimientos consolidados de aplicaciones de herramientas dentro del sector de la construcción.

Agradecimiento nuevamente su atención, quedo atenta a cualquier consulta o detalle de la propuesta académica de mi estudio.

Atentamente,

Carlos Carrillo Saldaña

Nombres y apellidos

Firmas



Anexo D. Autorización para el uso de la información



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN

Por medio de la presente, la empresa COGEPATS, con RUC 20123434189, con domicilio en CAL. LOS ANTARES 320 – TORRE B INT. 805 ALTURA ASTETE CON BENAVIDES LIMA – LIMA – SANTIAGO DE SURCO.

HACE CONSTAR:

Que, al señor Carlos Carrillo Saldaña

Identificada con DNI N°47063538, se le autoriza de forma unánime el uso de información proporcionada por nuestra organización para el desarrollo de su tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la **Universidad Nacional Federico Villarreal** que tuvo como propósito analizar el efecto de la implementación la metodología Lean Construction con las herramientas de la calidad en la mejora de la productividad de la obra de edificación multifamiliar Cuba, Jesús María.

Cabe destacar que, se exige el buen empleo de la información en cuanto a confidencialidad, citas, entre otros, con fin único y exclusivo académico. Se expide y proporciona a la parte interesada para la finalidad requerida y conveniente por parte del solicitante.

Se otorga la presente constancia para los fines que correspondan.

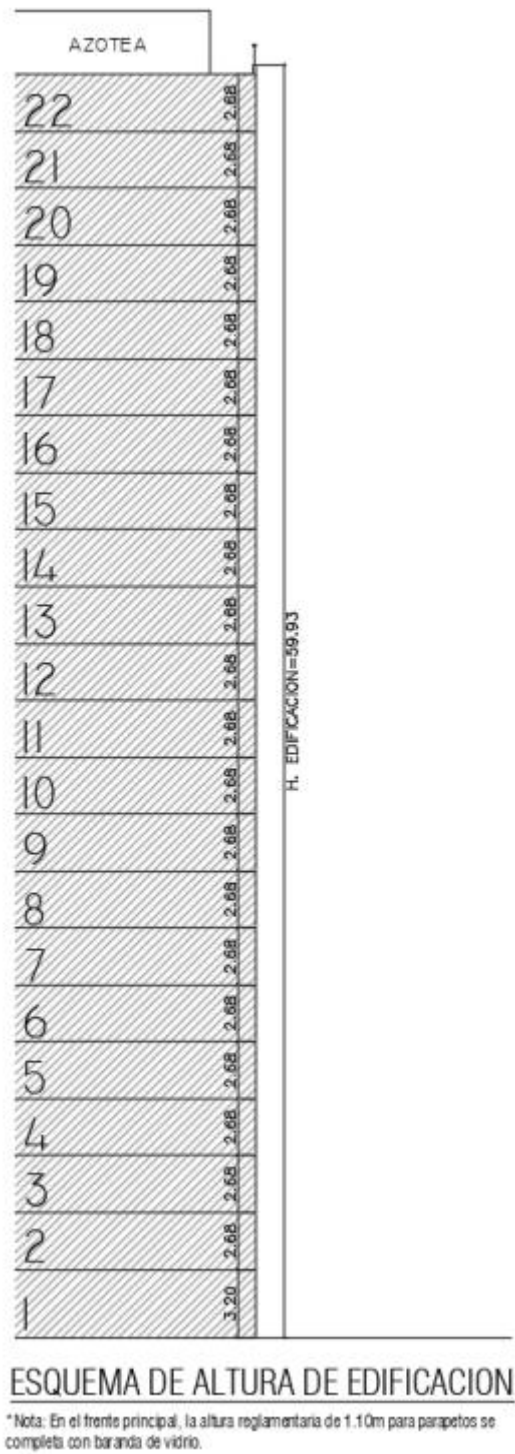
Atentamente,

COGEPATS S.A.C.

 "LORENZO JAVIER MAS LLULL"
 GERENTE GENERAL

Lima, 25 de septiembre del 2025

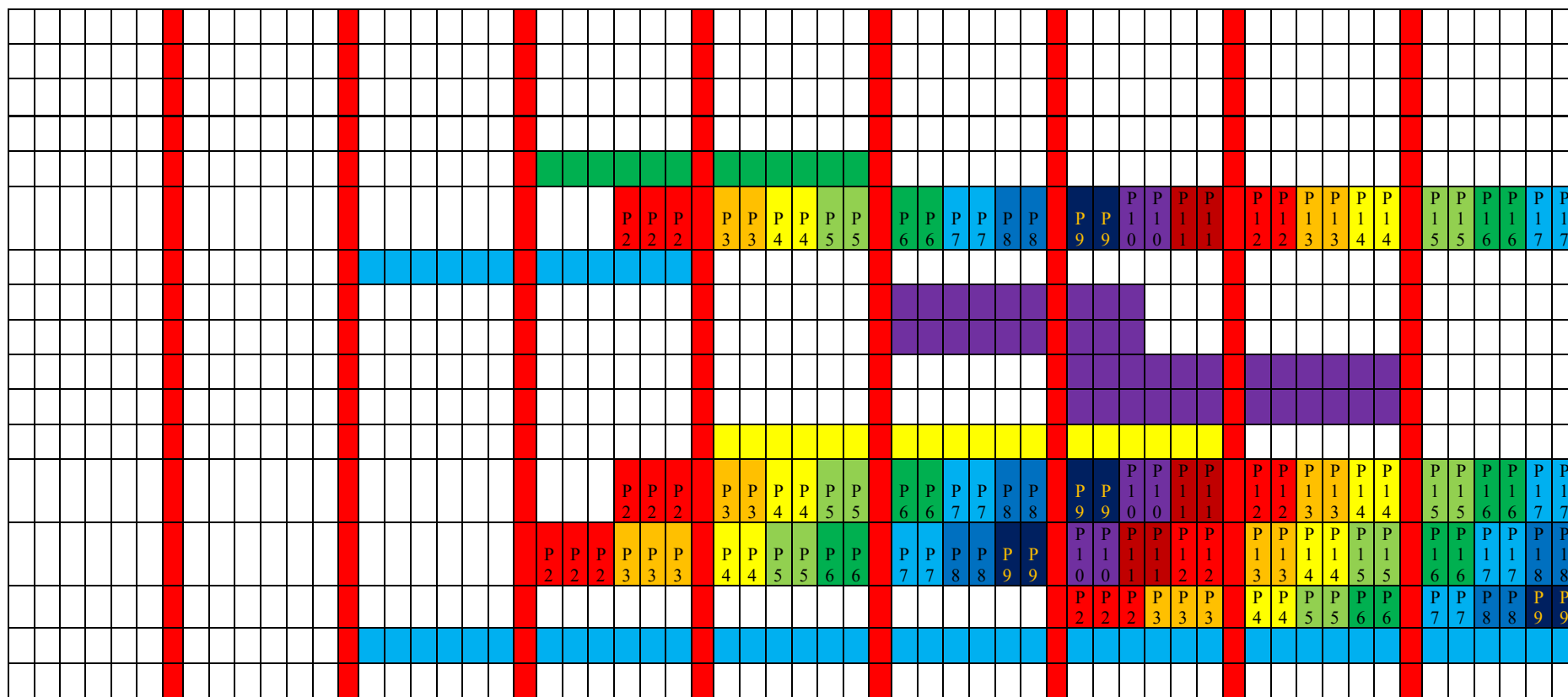
Anexo E. Esquema de altura de edificación



Anexo F. Plan maestro

MASTER PLAN PROYECTO CUBA																																																																					
AGOSTO							SEPTIEMBRE																												OCTUBRE																																		
SEMANA 48							SEMANA 49							SEMANA 50							SEMANA 51							SEMANA 52							SEMANA 53							SEMANA 54							SEMANA 55							SEMANA 56													
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D														
26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2	2	2	2	2	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6												
AZ																																																																					
AZ	AZ																																																																				
AZ	AZ	AZ	AZ																																																																		
S4	S4	S4																																																																			
S4	S4	S4	S4	S4	S4	S4	S4																																																														
							S1	S1	S1																																																												
S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																																									
S2	S2	S2	S1	S1	S1																																																																
			S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																																							
							S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																													
							S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																													
							S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																													
										S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1																																																
										S4	S4	S4	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1																																													

[illegible]



Nota: AZ: azotea, S: sótano, P: piso