

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau
aplicando la filosofía *lean construction***

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Ana Micaela Yong Bartolini

ASESOR

Luis Quiroz Quiñones

<https://orcid.org/0000-0001-9193-0307>

Chiclayo, 2026

**Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau
aplicando la filosofía *lean construction***

PRESENTADA POR
Ana Micaela Yong Bartolini

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Fidel Ortiz Zapata
PRESIDENTE

Jorge Enrique Alvarez Ruffran
SECRETARIO

Luis Quiroz Quiñones
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, Enma y Tito, quienes con esfuerzo y amor me educaron para ser una mejor persona en la vida. A mis hermanos, que siempre estuvieron a mi lado, y a todas aquellas personas especiales que siempre creyeron en mí y en todo lo que puedo llegar a ser.

Agradecimientos

A Dios, porque sin su ayuda y fuerza nada de esto habría sido posible. A mis padres, por apoyarme siempre en todas las decisiones que tomé. A mi asesor, por su orientación experta y dedicación. Y a todos los profesionales directamente involucrados en la realización de mi investigación.

Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
11	1library.co Fuente de Internet	<1%
12	Submitted to Universidad Tecnológica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
13	idoc.pub Fuente de Internet	<1%

alicia.concytec.gob.pe

Índice

Resumen	9
Abstract	10
Introducción.....	11
Revisión de literatura.....	12
Materiales y métodos	19
Resultados y discusiones	37
Conclusiones	101
Recomendaciones	102
Referencias.....	103
Anexos	105

Lista de tablas

TABLA 1. CUADRILLAS DE LA CIMENTACIÓN	38
TABLA 2. CUADRILLA DE COLUMNAS Y PLACAS	42
TABLA 3. CONFORMACIÓN DE CUADRILLAS OTRAS ACTIVIDADES	42
TABLA 4. PLAN MAESTRO BLOCK A2	46
TABLA 5. PLAN MAESTRO BLOCK A1	47
TABLA 6. PLAN MAESTRO BLOCK B2	47
TABLA 7. PLAN MAESTRO BLOCK B1	48
TABLA 8. REPORTE THREE WEEKS LOOKAHEAD.....	48
TABLA 9. PROGRAMACIÓN SEMANAL 29.04 AL 04.05	49
TABLA 10. PROGRAMACIÓN SEMANAL 06.05 AL 11.05	50
TABLA 11. PROGRAMACIÓN SEMANAL 13.05 AL 18.05	50
TABLA 12. PROGRAMACIÓN SEMANAL 20.05 AL 25.05	51
TABLA 13. PROGRAMACIÓN SEMANAL 27.05 AL 01.06	51
TABLA 14. PROGRAMACIÓN SEMANAL 03.06 AL 08.06	52
TABLA 15. PROGRAMACIÓN SEMANAL 10.06 AL 16.06	52
TABLA 16. PROGRAMACIÓN SEMANAL 12.08 AL 17.08	53
TABLA 17. PROGRAMACIÓN SEMANAL 19.08 AL 24.08	54
TABLA 18. PROGRAMACIÓN SEMANAL 26.08 AL 31.08	54
TABLA 19. PROGRAMACIÓN SEMANAL 02.09 AL 07.09	55
TABLA 20. PROGRAMACIÓN SEMANAL 09.09 AL 14.09	55
TABLA 21. PROGRAMACIÓN SEMANAL 16.09 AL 21.09	56
TABLA 22. RESUMEN DE FECHAS BLOCK A2.....	57
TABLA 23. RESUMEN DE FECHAS BLOCK A1.....	58
TABLA 24. RESUMEN DE FECHAS BLOCK B2.....	58
TABLA 25. RESUMEN DE FECHAS BLOCK B1.....	59
TABLA 26. RESUMEN DE DÍAS: EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN	60
TABLA 27. RESUMEN DE DÍAS: ACERO PLATEA DE CIMENTACIÓN	61
TABLA 28. RESUMEN DE DÍAS: ENCOFRADO DE CIMENTACIÓN	62
TABLA 29. RESUMEN DE DÍAS: VACIADO DE CIMENTACIÓN.....	63
TABLA 30. RESUMEN DE DÍAS: ACERO DE SOBRECIMENTOS	64
TABLA 31. RESUMEN DE DÍAS: ENCOFRADO DE SOBRECIMENTOS.....	65
TABLA 32. RESUMEN DE DÍAS: VACIADO DE SOBRECIMENTOS	66
TABLA 33. RESUMEN DE DÍAS: RELLENO Y COMPACTADO	67
TABLA 34. RESUMEN DE DÍAS: FALSO PISO	68
TABLA 35. RESUMEN DE DÍAS: ASENTADO DE MUROS PORTANTES	69
TABLA 36. RESUMEN DE DÍAS: ACERO DE COLUMNAS Y PLACAS	70

TABLA 37. RESUMEN DE DÍAS: ENCOFRADO DE COLUMNAS Y PLACAS	71
TABLA 38. RESUMEN DE DÍAS: VACIADO DE COLUMNAS Y PLACAS	72
TABLA 39. RESUMEN DE DÍAS: ENCOFRADO DE ALIGERADO 1° NIVEL	73
TABLA 40. RESUMEN DE DÍAS: ACERO ALIGERADO 1° NIVEL.....	74
TABLA 41. RESUMEN DE DÍAS: COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	75
TABLA 42. RESUMEN DE DÍAS: VACIADO DE LOSA ALIGERADA	76
TABLA 43. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 01	78
TABLA 44. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 05	79
TABLA 45. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 06	80
TABLA 46. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 07	81
TABLA 47. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 09	82
TABLA 48. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO SEMANA 12	83
TABLA 49. CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO HISTÓRICO.....	87
TABLA 50. COSTO UNITARIO DE LAS PARTIDAS DE ESTUDIO	88
TABLA 51. COMPARATIVO DE AHORRO/SOBRECOSTO POR ACTIVIDAD BLOCK A2	89
TABLA 52. COMPARATIVO DE AHORRO/SOBRECOSTO POR ACTIVIDAD BLOCK A1	90
TABLA 53. COMPARATIVO DE AHORRO/SOBRECOSTO POR ACTIVIDAD BLOCK B2	91
TABLA 54. COMPARATIVO DE AHORRO/SOBRECOSTO POR ACTIVIDAD BLOCK B1	92
TABLA 55. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE AUTOHORMIGONERA	94
TABLA 56. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE MEZCLADORA TIPO TOLVA	95
TABLA 57. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CON AUTO HORMIGONERA	95
TABLA 58. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO CON AUTO HORMIGONERA+MEZCLADORA TIPO TOLVA	96
TABLA 59. COMPARATIVO DE PROPUESTAS DE MEJORA.....	97

Lista de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. COMPARATIVO SISTEMA TRADICIONAL VS LAST PLANNER (LAGOS, 2017)	17
ILUSTRACIÓN 2. UBICACIÓN DEL PROYECTO. ELABORADO EN GOOGLE EARTH PRO	20
ILUSTRACIÓN 3. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA TÍPICA DEL PRIMER NIVEL. FUENTE: ICM.....	21
ILUSTRACIÓN 4. ESQUEMATIZACIÓN DE PLANO DE CIMENTACIÓN. FUENTE ICM	22
ILUSTRACIÓN 5. PLANO DE SECTORIZACIÓN DEL BLOQUE A2	23
ILUSTRACIÓN 6. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA. ELABORACIÓN PROPIA	24
ILUSTRACIÓN 7. TOMA DE DATOS EN OBRA	25
ILUSTRACIÓN 8. DIAGRAMA DE FLUJO DE INSTRUMENTOS. ELABORACIÓN PROPIA	25
ILUSTRACIÓN 9. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE PRINCIPIOS LEAN	27
ILUSTRACIÓN 10. EJEMPLIFICACIÓN DE PROGRAMACIÓN MAESTRA VS. AVANCE REAL.....	29
ILUSTRACIÓN 11. FORMATO DE LINEA DE BALANCE PARA EL PROYECTO.....	30
ILUSTRACIÓN 12. PLAN MAESTRO EN OFICINA.....	30
ILUSTRACIÓN 13. FORMATO DE REPORTE DE LOOK AHEAD. ELABORACIÓN PROPIA.....	31
ILUSTRACIÓN 14. FORMATO DE REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL. ELABORACIÓN PROPIA	32
ILUSTRACIÓN 15. EXTRACTO DE CRONOGRAMA DE OBRA DEL PROYECTO. FUENTE ICM	34
ILUSTRACIÓN 16. REPORTE DE PPC Y CNC	34
ILUSTRACIÓN 17. TREN DE TRABAJO BLOCK A2.....	35
ILUSTRACIÓN 18. TREN DE TRABAJO BLOCK A1.....	36
ILUSTRACIÓN 19. EJECUCIÓN DE PARTIDA DE CIMENTACIÓN	38
ILUSTRACIÓN 20. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO.....	43
ILUSTRACIÓN 21. LINEAS DE BALANCE-PLAN MAESTRO	44
ILUSTRACIÓN 22. PORCENTAJE HISTÓRICO DE CUMPLIMIENTO	86
ILUSTRACIÓN 23. ANÁLISIS ECONÓMICO SEMANAL	93
ILUSTRACIÓN 24. PLANO DE ARQUITECTURA BLOCK B. FUENTE ICM.....	107
ILUSTRACIÓN 25. PLANO DE ARQUITECTURA BLOCK B. FUENTE ICM.....	108
ILUSTRACIÓN 26. PLANO DE ESTRUCTURAS BLOCK A. FUENTE ICM	109
ILUSTRACIÓN 27. PLANO DE ESTRUCTURAS BLOCK B. FUENTE ICM.....	110
ILUSTRACIÓN 28. REUNIÓN CON EL RESIDENTE DE OBRA	116
ILUSTRACIÓN 29. PRIMERAS REUNIONES EN CAMPO	116
ILUSTRACIÓN 30. ESQUEMA DE LOOKAHEAD EN OFICINA	117
ILUSTRACIÓN 31. IMPLEMENTACIÓN DE LAST PLANNER EN TRABAJADORES.....	117
ILUSTRACIÓN 32. VACIADO DE PLATEA DE CIMENTACIÓN BLOCK A1	118
ILUSTRACIÓN 33. VACIADO DE LOSA ALIGERADA BLOCK A1	118
ILUSTRACIÓN 34. CUADRILLA DE EJECUCIÓN DE ACERO EN CIMENTACIÓN.....	119
ILUSTRACIÓN 35. UBICACIÓN DE MATERIALES	119

Resumen

Esta investigación se centra en comprobar la efectividad de la implementación de la filosofía *Lean Construction* en un proyecto de edificación multifamiliar de gran envergadura en la ciudad de Chiclayo, Perú. El paso de un enfoque tradicional a un enfoque Lean es un gran reto que poco a poco las empresas van asumiendo ese desafío, por eso que, haciendo uso de las herramientas que proporciona el sistema *Last Planner*, se busca optimizar la productividad en el proyecto mediante la medición de indicadores de plan cumplido y las causas de incumplimiento resaltando también aquellas mejoras para la perfección de este nuevo enfoque de ejecución de obras. Dentro de los resultados más significativos se encontró que dentro de las primeras semanas de empezar la investigación, el porcentaje de plan cumplido llegó a un 83% el cual durante el proceso se buscó mejorarlo llegando a completarse en la semana 21 a un 100% de cumplimiento. En términos de ahorro, se comprobó que lo ejecutado real fue de S/. 95,972.17 lo que significó el uso de menos tiempo y menos recursos.

Palabras claves: Lean Construction, Last Planner System, productividad, porcentaje de plan cumplido, causas de no cumplimiento, construcción.

Abstract

This research focuses on verifying the effectiveness of implementing the Lean Construction philosophy in a large-scale multi-family building project in the city of Chiclayo, Peru. The transition from a traditional approach to a Lean approach is a great challenge that companies are gradually taking on, which is why, using the tools provided by the Last Planner system, we seek to optimize productivity in the project by measuring indicators of plan compliance and the causes of non-compliance, also highlighting those improvements for the perfection of this new approach to the execution of works. Among the most significant results, it was found that within the first weeks of starting the research, the percentage of plan compliance reached 83%, which during the process was sought to improve, reaching 100% compliance in week 21. In terms of savings, it was found that the actual amount executed was S/. 95,972.17, which meant the use of less time and fewer resources.

Keywords: Lean Construction, Last Planner System, Productivity, Percentage of completed plan, Causes of Non -Compliance, Construction.

Introducción

La planificación se intenta definir como aquel plan estratégicamente que se desarrolla porque establece un rumbo claro que prepara el futuro y mejora la toma de decisiones. En el sector de la construcción enfrenta constantemente desafíos para mejorar la eficiencia y la productividad en la ejecución de proyectos. Si bien es cierto que el sistema de planificación comúnmente utilizado en el entorno local es el de la Planificación Tradicional, tal y como señala en [1] se establece lo que "debería hacerse" pero no se realiza un seguimiento durante los procesos de ejecución, esto conduce a la falta de análisis de errores en la planificación y sus causas, lo que a su vez impide el aprendizaje. Por lo que, la aplicación de la filosofía *Lean Construction* ha surgido como una filosofía prometedora para optimizar el rendimiento en obras de gran envergadura.

El proyecto Paseo Grau representa un caso relevante para explorar la eficacia de *Lean Construction* en un contexto real de construcción, el objetivo general de esta investigación es de evaluar la productividad en los procesos constructivos de la obra Paseo Grau mediante la implementación de estrategias de la filosofía *Lean Construction*, se pretende llegar mediante el seguimiento de la ejecución del avance en obra, y también alcanzar los objetivos específicos propuestos de Identificar los procesos y factores de riesgo asociados en las partidas de cimentaciones y estructuras del primer nivel del proyecto. Medir y evaluar mediante los indicadores de Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y Porcentaje de Causas de No Cumplimiento (CNC) la efectividad de la aplicación de la filosofía *Lean*. Aplicar la estrategia del *Last Planner System* para mejorar la planificación y coordinación de actividades en el proyecto de construcción. Desarrollar un análisis económico en términos de ahorro sobre las partidas de estudio y Plantear sugerencias de mejora para la aplicación en futuros proyectos. Hay que mencionar además que, en [2], los autores presentan testimonios de profesionales que han empezado a poner en marcha este tipo de filosofía para la ejecución de sus proyectos donde dentro de lo más resaltante, se señalan mejoras en el manejo del tiempo, así como la productividad y el control de imprevistos durante las ejecuciones.

Al enfocarse en el proyecto Paseo Grau como estudio de caso, la investigación en este proyecto podría no solo aumentar la productividad y eficiencia, sino también servir como modelo para futuros proyectos en beneficio principal de la empresa y buscando así, no solo un desarrollo más sostenible sino también rentable en el sector de la construcción.

Revisión de literatura

Antecedentes

En [3] los autores aplican una nueva estrategia para mitigar los riesgos temporales en proyectos de construcción mediante la filosofía Lean Construction. Se implementa este enfoque en un proyecto de construcción industrial, evaluándose su efectividad a través de dos métricas: el Porcentaje de Tiempo Extra Esperado (PET) y el Porcentaje de Plan Completado (PPC). También, en la investigación, se evaluó el potencial de reducción de factores de riesgo en el cumplimiento del tiempo efectivo para proyectos en desarrollo especialmente en países en vías de desarrollo.

De esta forma, se identificaron y evaluaron los riesgos más significativos, cuantificando el PET al inicio y durante la ejecución del proyecto. Los resultados revelan una reducción del 15,57% en la duración total del proyecto debido a la disminución del PET, mejorando simultáneamente los valores de PPC. Además, se destaca que el PET asociado con los factores afectados por las técnicas Lean representa el 67% del total de los riesgos minimizados.

[4] En esta investigación, tiene como propósito compartir los resultados obtenidos al aplicar el sistema Last Planner en proyectos de construcción en Medellín, como parte de un estudio sobre mejoras en la gestión de la construcción. La efectividad del sistema se valida mediante mediciones realizadas durante un año en proyectos en Medellín, evidenciando mejoras consistentes en el indicador de Cumplimiento de Actividades Planificadas (PAC) cada vez que se implementa el sistema. El estudio demuestra un aumento progresivo en el cumplimiento del plan, pasando del 65% en la primera semana de aplicación del sistema al 85% en la semana 25.

De la misma forma, los autores contrastan también mejoras no tanto cuantificables sino también en temas de desempeño como la comunicación conjunta en la obra; el compromiso, al tenerse en cuenta a todas las partes involucradas en la ejecución; la importancia de la medición, que es necesaria para el desempeño del proyecto y un mejoramiento continuo.

En [5], la investigación concluyó que el sistema Last Planner es eficaz para mejorar la rentabilidad en curso al asegurar un proceso de trabajo constante y competente, evitando gastos innecesarios. Se logró un costo real de la obra de S/. 4'974,417.76, comparado con un presupuesto inicial de S/. 6'796,108.04, generando un beneficio total de S/. 1'821,690.28. Además, se evidenció que la optimización del tiempo utilizando el sistema Last Planner fue

exitosa, reduciendo el tiempo de ejecución en un 33.90%, especialmente en las partidas de concreto y acero.

La tesis realizada en [6] ,aborda la realización de un ensayo piloto sobre la aplicación del Sistema Last Planner en el contexto de un proyecto inmobiliario. Durante la investigación, se destacaron las dificultades inherentes a la implementación de un nuevo sistema en el entorno laboral, aunque se observó un aumento progresivo en el cumplimiento del plan a lo largo de la ejecución del proyecto. Este incremento condujo al personal técnico a comprender mejor el propósito de este enfoque. El estudio demostró que la aplicación del LPS puede generar una programación semanal fiable, gracias a la anticipada identificación y resolución de restricciones, lo que aumenta considerablemente la probabilidad de ejecución de las actividades planificadas.

En España [7] , se realizó una investigación donde distintos autores aplicaron el Sistema del último planificador (SUP) en ejecuciones de viviendas unifamiliares. El proceso que siguieron para llevar a cabo esta investigación, en primer lugar, fue aplicar las famosas *pull sesión* donde el propósito es obtener una visión global del plan del proyecto, asegurando que todas las partes involucradas comprendan el esquema de lo que se quiere llegar. Luego, se aplicaron las reuniones de planificación semanal donde se verificaba el plan de la semana actual y lo que se haría en la siguiente semana, así como la revisión de lo cumplido.

Al finalizar la evaluación de los proyectos con la implementación del SUP, resultó que, en su mayoría de los 6 proyectos, 4 terminaron sin retraso alguno, mientras los otros dos resultaron con una variación de 80% y 20%. Las causas de retrasos se identificaron que fueron ajenas al constructor siendo estas por el contrario de causas administrativas.

Bases teóricas científicas

Sistema Tradicional de Planificación

En ámbitos locales y nacionales, suele utilizarse el término de sistema tradicional de planificación a aquella destreza o experiencia de aquel que construye para la buena ejecución y planificación del proyecto que se ejecuta [1]. Esta planificación se basa en todo momento en el uso de conocidas técnicas aplicadas como PERT, CPM, entre otras que aportan en este sistema.

Mattos & Valderrama [8] describen que dentro de la planificación ordinaria, los profesionales a cargo llegan a simplificar la ejecución con el único fin de construir para finalizar y completar el objetivo, considerando su experiencia y conocimientos, se apoyan en los procesos que permitirán lograr el estado final donde no es necesario un mirar atrás en los procesos de ejecución y es así como llegan a considerar a la planificación como un fin innecesario sin tomar en cuenta que si realmente se llega al éxito es porque se planificó estratégicamente.

Además, a esto se puede añadir que este enfoque tradicional de ejecución de obras asume un sistema de producción de forma lineal y secuencial por lo que no considera la variabilidad de los resultados o los trabajos rehechos y es por lo que, no existe una preocupación sobre el impacto del producto final.

Hay que mencionar, además algunos de los problemas comunes en la gestión de los proyectos que siguen un modelo tradicional como se menciona en [9] se incluyen desde la etapa de anteproyecto hasta durante su ejecución. En su publicación, el autor menciona algunos problemas típicos en el desarrollo de proyectos con un modelo tradicional. El principal dilema que se presenta es la falta de información y experiencia sobre los nuevos sistemas de gestión, así como de planificación de obras que existen, hecho que además se puede comprobar en el desarrollo de investigaciones tales como [10] donde la problemática gira entorno a la incertidumbre y falta de confiabilidad tal y como lo mencionan. No siendo la única investigación, también se resalta un problema constante en la falta de interés, coordinación, así como de transparencia entre todas las partes involucradas en el proyecto lo cual lleva a consecuencias como las entregas de proyectos fuera de plazo, sobrecostos, un producto deficiente, entre otros.

Filosofía Lean Construction

Esta filosofía tiene su origen en la industria automotriz desarrollado por Toyota en Japón después de la Segunda Guerra Mundial. En la década de 1990, expertos en gestión de la construcción como Ballard y Howell comenzaron a adaptar los principios *Lean* al contexto de la industria de la construcción en Estados Unidos. [2]

A su vez ambos autores se dieron cuenta de que los métodos tradicionales de gestión de proyectos en la construcción, es decir, siguiendo el método tradicional y la experticia de quienes están involucrados, tenían, en su mayoría, una gran cantidad de desperdicio, tanto en tiempo como en recursos. Inspirados por el éxito del TPS en la industria automotriz, comenzaron a aplicar conceptos como la eliminación de desperdicios, la planificación colaborativa y la mejora continua en la gestión de proyectos de construcción.

A partir de entonces, la filosofía *Lean Construction* ha evolucionado y se ha difundido internacionalmente [4] como un enfoque efectivo para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria de la construcción. Es por eso que se menciona que *Lean Construction* es una filosofía, mas no una metodología ya que se base en principios y valores, principios como optimizar la eficiencia y minimizar el desperdicio en proyectos de construcción, buscando siempre una mejora continua, en otras palabras, trabajar con los recursos para dar un mejor resultado posible y es así como esta filosofía busca maximizar el valor para el cliente al reducir los tiempos de entrega, los costos y los errores en la construcción.

Last Planner System

Definido como aquel sistema que planifica y lleva un control de la producción en proyectos de construcción donde en [2] se expone que se cumplen básicamente cinco principios donde en resumen, se busca evitar que el trabajo comience sin todos los elementos necesarios, así el cumplimiento de las tareas se miden y controlan mediante el Porcentaje del Plan Completado (PPC) mientras que las causas de no realización se analizan para que se lleva a cabo una mejora continua en la ejecución de las tareas.

La forma en que esta pretende incrementar la productividad [4] es mediante la eliminación de contratiempos como esperas, mejorar el tren de actividades, coordinación con todas las áreas, entre otros factores cruciales que están relacionados directamente con la productividad. Ballard[11], el autor propone en su desarrollo eliminar algunas principales barreras en la construcción como el considerar la planificación no como un sistema, no medir el desempeño del sistema de planificación que se sigue y no analizar ni resolver los errores de la planificación.

La filosofía que se sigue incluye distintas etapas [2]. En primer lugar, la Planificación Maestra la cual tiene por objeto el dar a conocer los alcances y expectativas del proyecto en su totalidad, como documento base que sirva como guía de lo que se va a ejecutar. De manera tradicional, se trabaja mediante un diagrama de Gantt, mientras que aplicando esta filosofía se elaboran Líneas de Balance que permiten un alcance más completo de lo que se va a ejecutar. Durante esta etapa, es importante incluir aspectos importantes como la programación general de obra, identificación de hitos importantes a seguir en la ejecución, definición de la estrategia a seguir, entre otros.

Otra etapa es la Planificación a medio plazo o también denominada Lookahead, mirar hacia adelante en el proceso que está. Al realizar este reporte, tomaremos en cuenta todas aquellas tareas que van a venir siendo realizadas y las posibles restricciones que deben considerarse para que no existan problemas en la ejecución. Al adelantarnos en la programación de estas, es importante incluir todas las actividades que se van a ejecutar, al responsable de aquella tarea, las fechas tanto de inicio y término y, en la medida de lo posible, identificarlas gráficamente con ayuda de mecanismos específicos.

Así como se trabaja la planificación a manera global y mediana, a través de la *Lean Construction*, se incluyen también el Plan Semanal donde se elabora un plan de trabajo con las actividades específicas a realizar y metas claras de lo que se debe avanzar. El progreso en esta etapa se va midiendo mediante indicadores claves para analizar el proceso. Un indicador es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), donde se mide la confiabilidad de lo planificado, el compromiso asumido por parte del equipo, mas no un indicador de avances. la unidad de medida que utiliza es el porcentaje y se describe mediante la siguiente fórmula [2]

$$PPC (\%) = \frac{\# \text{ tareas completadas}}{\# \text{ tareas planificadas}} \times 100$$

Una vez obtenido aquello que sí se hizo o se dejó de hacer, se analizan mediante otro indicador las Causas de No Cumplimiento (CNC) donde se debe inspeccionar en aquellos factores que impidieron el cumplimiento de alguna actividad, el objetivo de este indicador es de aclarar los errores que se puedan haber cometido para no se repitan. Lo importante es identificar la raíz del problema para llegar a tomar acciones en el proceso correctivo.

De esta manera, en la investigación [12] hace una comparativa de la visión global de los eventos cuando se ejecutan de la manera tradicional sobre *Last Planner*.

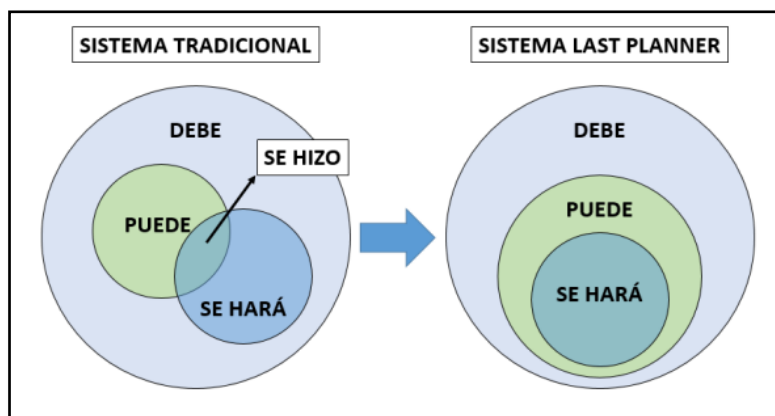


Ilustración 1. Comparativo Sistema Tradicional vs Last Planner (Lagos, 2017)

Productividad en el ámbito de la construcción

Al hablar de productividad nos referimos a la relación entre la producción y los recursos empleados, que incluyen trabajo, capital y otros insumos como tierra y energía. Ghio [13] la define como el cociente de la división de la producción sobre los recursos usados. También, se define como la producción final respecto a los factores productivos utilizados. En términos generales, se refiere a la eficiencia en la generación de bienes y servicios por unidad de trabajo, tiempo o recursos. Un aumento en la productividad implica producir más con los mismos recursos o mantener la misma producción con menos recursos.

Así, en términos de productividad, distintas fuentes en [2],[13],[14]; suelen dividirla en tres tipos de trabajos. Primero está el Trabajo Productivo donde varios autores coinciden que este tipo de trabajo aporta de forma directa en la producción como asentar ladrillo, vaciar concreto, habilitación de acero, colocación de encofrado, entre otros que están involucrados directamente en la ejecución.

Así, por otra parte, se tiene el Trabajo Contributorio que se concibe como aquella actividad de apoyo para que pueda realizarse el trabajo productivo, pero no aporta valor significativo en el avance, por lo general estos trabajos incluyen el acarreo de materiales, limpieza, tomar medidas, dar instrucciones, etc.

Y, por último, en la línea de productividad, está también el Trabajo No Contributorio que se atribuye a toda actividad que no genera valor y que cae en la categoría de pérdida y que incluyen actividades tales como trabajos rehechos, tiempos muertos, esperas, viajes improductivos, etc.

Por eso, investigaciones [14] también proponen la importancia de manejar estrategias en busca al mejoramiento de la productividad incluyendo las ventajas de, tales como, enfocar el desarrollo de soluciones hacia mejorar las condiciones de trabajo, la calidad de construcción, con las ventajas de la disminución y cumplimientos de los plazos de entrega, reducción de tiempos muertos, disminución de costos, así como también, evitar los atrasos en las fechas de fin de cada elemento en la obra.

De tal forma, la productividad es un factor importante en la industria de la construcción ya que no solo está en juego el papel de la ejecución, sino también el impacto económico que esta industria desarrolla y que involucra tanto a los clientes beneficiados como el crecimiento de la propia empresa y sus beneficiarios.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

La investigación es aplicada, ya que se busca aplicar los principios de *Lean Construction* para abordar un problema específico en el contexto real de la construcción.

El nivel de investigación se define de modo descriptiva ya que se centra en describir fenómenos, características o relaciones específicas, lo que podría ser relevante para evaluar la efectividad de las estrategias de *Lean Construction* en la mejora de la productividad en el proyecto de construcción.

Operacionalización de variables

Variable independiente

Last Planner System como herramienta del *Lean Construction*

Variable dependiente

Productividad en el proyecto Paseo Grau

Indicadores:

→ Porcentaje de Plan cumplido

→ Causas de no cumplimiento

Instrumentos:

→ Reporte de avances de supervisión

→ Guías de reporte de plan semanal, PPC, CNC

→ Planificación semanal

→ Cronograma maestro

Memoria Descriptiva del proyecto

01. UBICACIÓN

El predio del proyecto se encuentra en la Av. Miguel Grau N° 1605, departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de La Victoria.



Ilustración 2. Ubicación del proyecto. Elaborado en Google Earth Pro

02. MEDIDAS PERIMÉTRICAS DEL TERRENO MATRIZ

El predio tiene una forma regular, posee un área de 2000m² de 40ml de frente por 50ml de los lados.

03. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Edificio multifamiliar Paseo Grau, es un proyecto de 5 pisos, que se compone de dos bloques, A y B, los cuales a su vez se subdividen en dos zonas: 1 y 2. Los bloques cuentan con 49 y 45 departamentos, respectivamente. El bloque A1 tiene un área de 301.96 m² y el bloque A2 un área total de 445.81 m². Mientras que el bloque B1 cuenta con un área de 425.71 m² y el bloque B2 con un área de 402.15 m². La separación entre los bloques del proyecto se ha establecido conforme a la norma A010, artículo 16 “a”, con una junta sísmica de 4”.

El proyecto requiere una inversión inicial de S/. 8,610,869.9 y se estima que el plazo total de ejecución será de 448 días calendario.

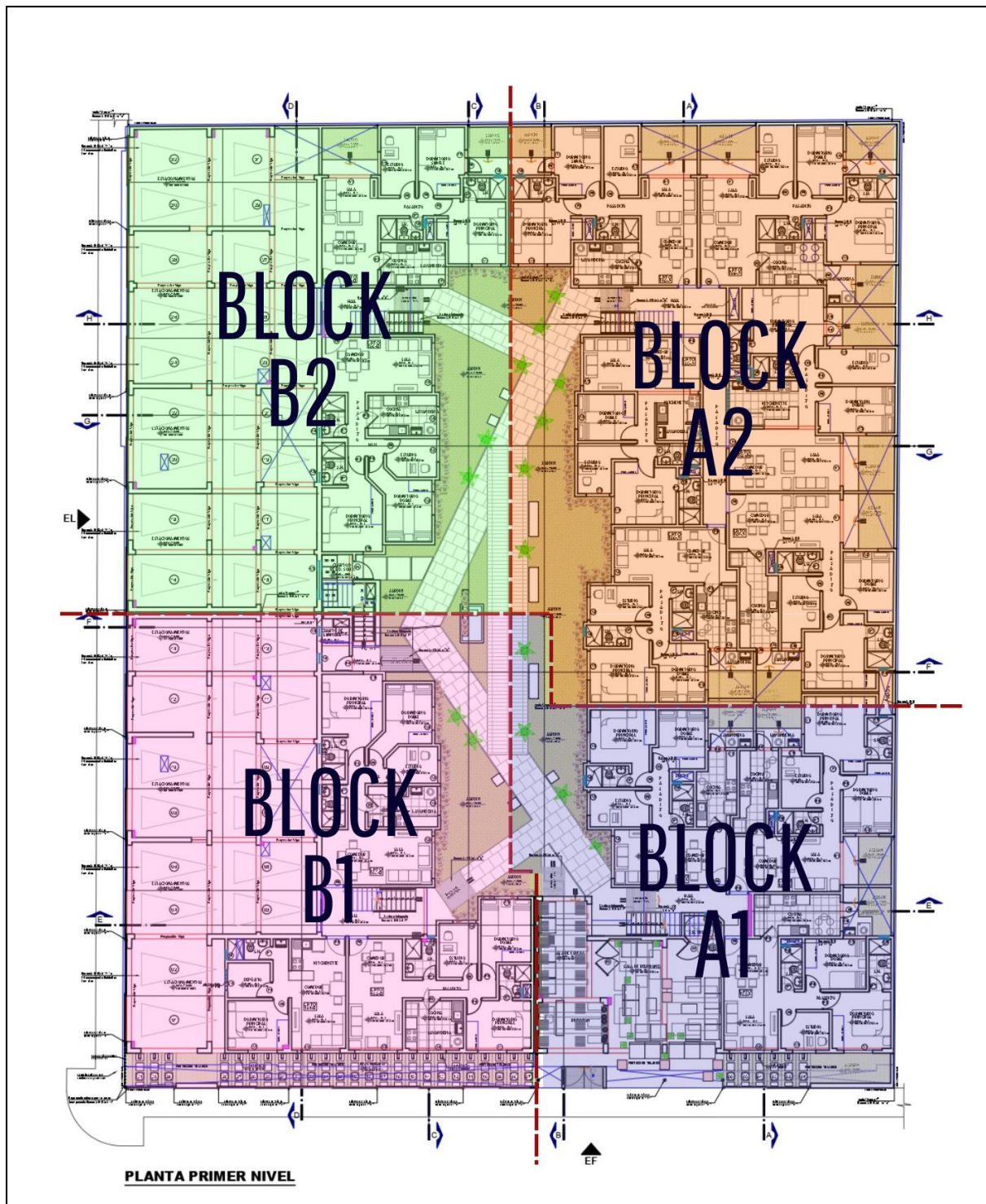


Ilustración 3. Distribución arquitectónica típica del primer nivel. Fuente: ICM

04. CIMENTACIÓN

Sistema de cimentación superficial del tipo platea de cimentación doble malla con un espesor de 0.35m y una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², desarrollando vigas de cimentación y además sobrecimientos reforzados de 13 cm de espesor con un f'c de 175 kg/cm² con una altura de 1.05m

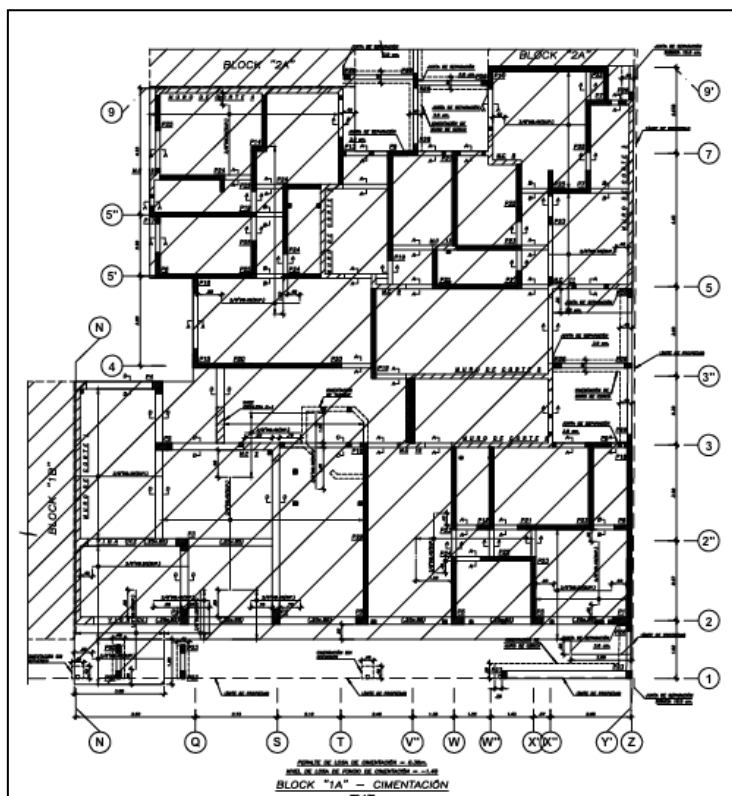


Ilustración 4. Esquematización de plano de cimentación. Fuente ICM

05. ESTRUCTURACIÓN

El sistema estructural se diseña de albañilería confinada y muros de corte en el desarrollo de sus 5 pisos. La unidad de albañilería será de tipo sólido industrial, utilizando un ladrillo tipo V para el primer nivel, tipo IV del 2do al 4to nivel y tipo III para el 5to nivel.

Para esta investigación se enfocó el estudio en el bloque A y B del edificio multifamiliar, centrándose específicamente en las partidas de cimentaciones y estructuras. Este enfoque permite un análisis detallado y especializado de los elementos fundamentales que garantizan la estabilidad y seguridad del edificio. Al concentrarme en estas áreas críticas, busco identificar y resolver problemas específicos, optimizar procesos constructivos y contribuir a la mejora de la calidad y eficiencia en la construcción de infraestructuras residenciales.

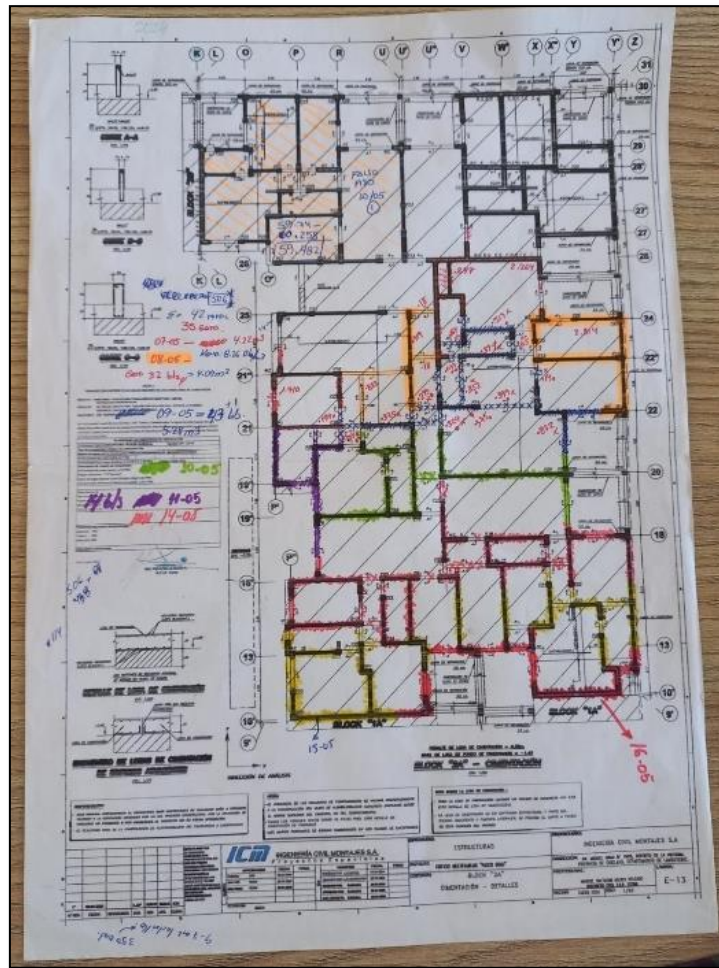


Ilustración 5. Plano de sectorización del bloque A2

Metodología Last Planner System o Sistema del último planificador

Este sistema planifica y controla la producción en proyectos de construcción, asegurando que el trabajo no comience sin todos los elementos necesarios y midiendo las tareas mediante el Porcentaje del Plan Completado (PPC). Se analizan las causas de incumplimiento para mejorar continuamente la ejecución. La metodología, desarrollada por Ballard, busca eliminar contratiempos, mejorar la coordinación y resolver errores de planificación, incrementando así la productividad.

El proceso para la realización de la tesis de investigación implicará una planificación y control en las etapas especificada, similar a los sistemas utilizados en proyectos de construcción. Este enfoque asegura que no se inicie ninguna tarea sin contar con todos los

recursos y elementos necesarios para medir el progreso de las actividades. Al analizar las causas de cualquier incumplimiento, se busca una mejora continua en la ejecución del proyecto.

En una investigación realizada en la ciudad de Santiago de Chile [15] , además de investigaciones locales [16] y también en fuentes específicas en el tema [2], coinciden en que para una buena implementación de la metodología hace falta aplicar los siguientes instrumentos para llevar a cabo una minuciosa planificación.

A manera de explicación general, se trata de exponer el seguimiento de la metodología que se va a aplicar en esta investigación. En la imagen líneas abajo, se describe el objetivo de la aplicación de los instrumentos que van a ser útiles para la investigación.

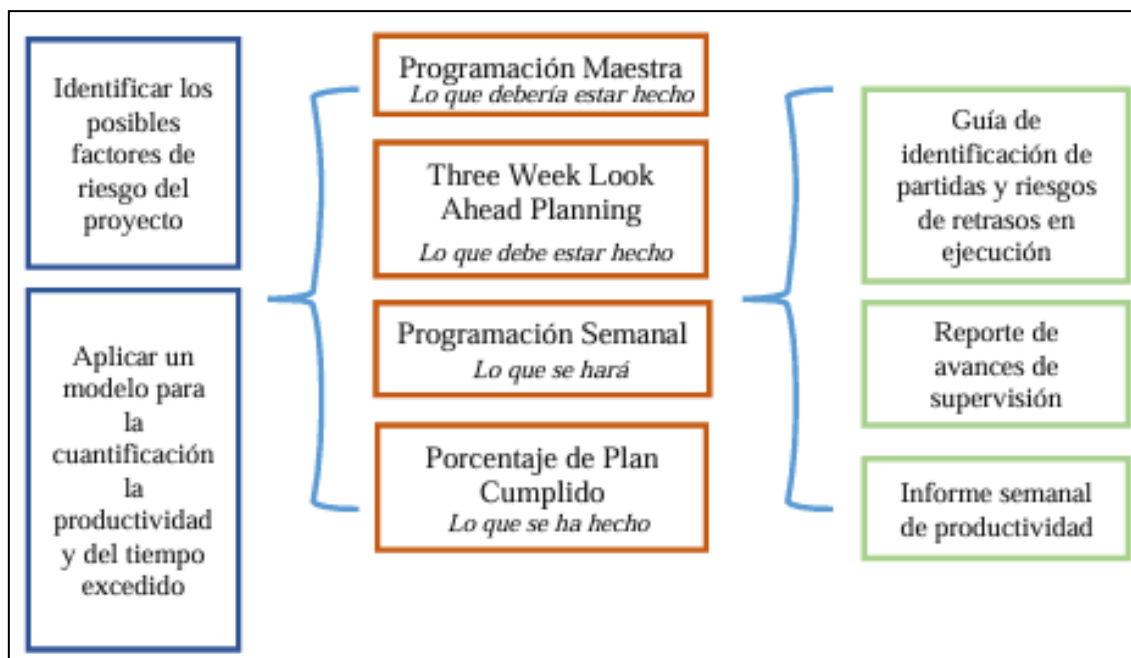


Ilustración 6. Aplicación de metodología. Elaboración propia

De manera específica se describe el procedimiento que se vendrá analizando a lo largo de la duración de las etapas de construcción y gracias al apoyo por parte del staff técnico de obra donde se obtendrá la facilidad de la obtención de los datos necesarios para el desarrollo de la investigación y la mejora de esta.



Ilustración 7. Toma de datos en obra

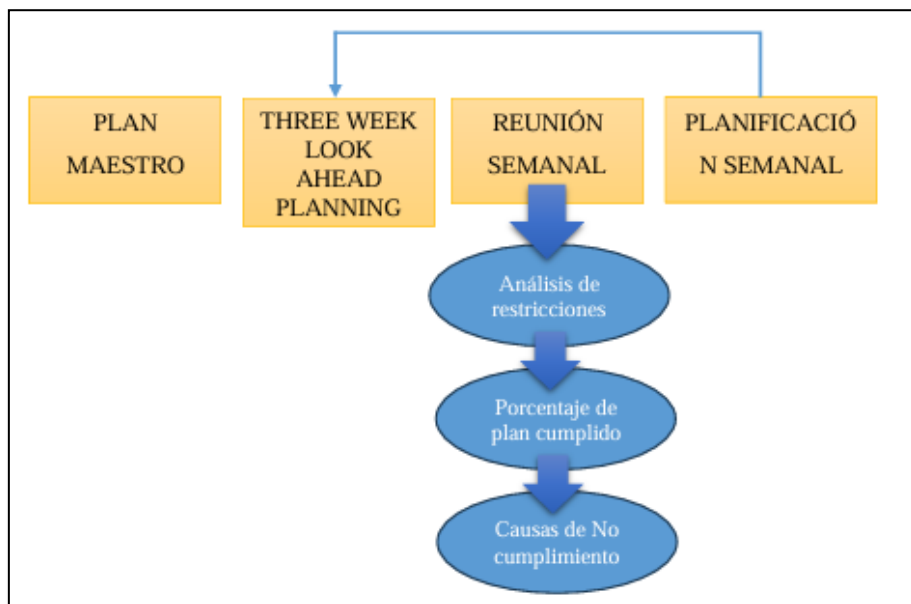


Ilustración 8. Diagrama de flujo de instrumentos. Elaboración propia

Implementación de Lean Construction

En su libro *Lean Thinking* [17], Jones y Womack proponen emplear prácticas que contribuyan a desarrollar el pensamiento *Lean* para su desarrollo en la empresa y así crear valor de los resultados. En su publicación, ambos autores proponen seguir ciertos pasos o también conocidos como principios, que serán de utilidad en primera instancia para la implementación de una filosofía *Lean*. Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos para esta investigación, siguiendo las líneas de lo planteado en el libro citado [17] para la implementación de la filosofía empezaremos por *Definir el valor del proyecto*, es decir, cuál es nuestro fin, nuestro producto final que debemos entregar identificando y reduciendo así aquello que no genera valor en las decisiones que tomemos. Siguiendo, tenemos al principio de *Mapeo de los procesos*, que de alguna forma va a ayudar a seguir los rendimientos de las unidades de obra para tener un alcance de la proyección con la que estamos trabajando actualmente para luego proponer las soluciones a los problemas lo que nos dará paso a *Crear un flujo colaborativo*, donde para la ejecución del proyecto no solo quede en labor de un jefe a la cabeza sino que el cambio esté en que cada miembro del proyecto colabore para la buena ejecución del mismo sumándose a las buenas prácticas que se implementen para bien de nuestro proyecto. Y es por eso que, cuando ocurre el flujo colaborativo, el siguiente principio de *Buscar una mejora continua* se va dando de manera natural al desarrollo del proyecto, ya que todos sus miembros apuntan a un mismo objetivo y por último, siempre hace falta recurrir el *Uso de herramientas Lean* que son aplicables a la construcción que nos ayudarán en el seguimiento y desarrollo del proyecto. Para ahondar más en este tema de nuestro interés, se definen herramientas *Lean Construction*

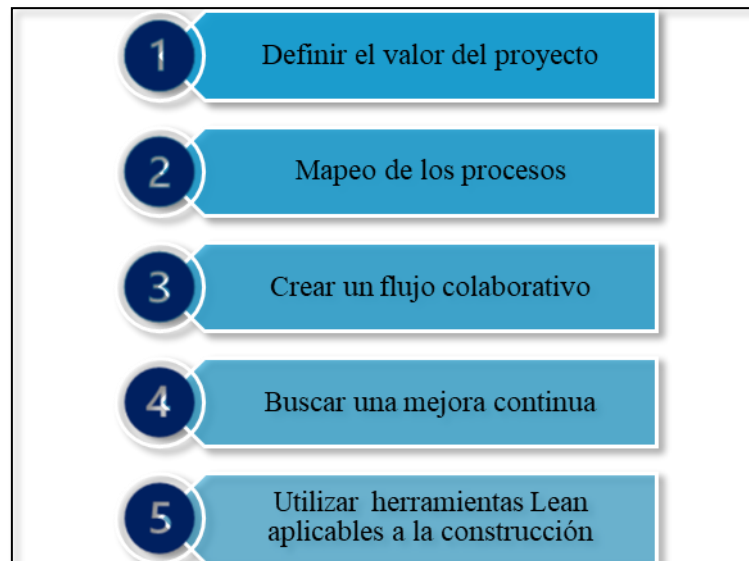


Ilustración 9. Proceso de implementación de principios Lean

Procedimiento para la identificación de los procesos y factores de riesgo asociados

Los autores en su investigación [18] acerca sobre los métodos para identificación de problemas resaltan dentro de su proyecto elaborado la importancia de tomar en cuenta al método científico camino para adquirir un conocimiento que, cuando se aplica adecuadamente, posibilita la transformación de la realidad. Por eso, los investigadores explican que, la adecuada identificación del problema ayuda en la determinación y formulación para, en consecuencia, plantear la mejor metodología que se adapte a lo identificado.

Ferreiro & Cummings [18], señalan que uno de los primeros pasos bases es La Exploración. Así, este proceso es esencial para asegurarse de que el problema que se busca solucionar no haya sido completamente o en parte resuelto y justifique un esfuerzo para encontrar una solución.

Hay que mencionar también que en otros estudios realizados [19] describen de igual forma un método propuesto para que, a través del método científico se llegue al diagnóstico de problemas especialmente en ingeniería.

Por lo descrito anteriormente basado en investigaciones se seguirán los siguientes lineamientos para la identificación de los factores de riesgo en todos los procesos intervenidos en nuestra investigación para de esta forma, como ya ha sido mencionado, poder elaborar una propuesta de valor que solucione las variables problemáticas identificadas.

1. Etapa de Exploración

Se recaba información a través de entrevistas y visitas de campo con los ingenieros encargados tanto con el residente de obra además de los ingenieros asistentes de campo, con el fin de determinar los obstáculos e identificar las dificultades en el caso existieran actualmente. Así, se solicita a la empresa ejecutora el expediente necesario para involucrarse en el proyecto.

2. Etapa de Identificación y definición de los problemas

Se registran hechos o actividades importantes que requieran prestar mayor atención y que influyan directamente en lo investigado. Esta es una etapa importante para la gestión de riesgos en el proyecto.

3. Propuestas de soluciones: método adaptable

En base a las dificultades expresadas y observadas, resulta como producto entregable un diagrama de causa efecto para organizar de una manera más ordenada los problemas identificados.

Plan Maestro

Documento base para medir la ejecución. Tiene el objetivo de establecer un plan general con horizontes amplios de los proyectos, así como fechas de inicio y fin de partidas y, donde también suelen identificarse los riesgos del proyecto. Se suele diseñar mediante un Diagrama de Gantt o Líneas de Balance. Para esta investigación se ha tomado importante también la realización de líneas de balance para mostrar la correlación y desempeño respecto a las otras actividades del proyecto [20].

Se ha tomado referencia el aporte del artículo [20] donde describe un ejemplo de líneas de balance aplicada para un edificio multifamiliar de 15 pisos en la ciudad de Lima.

LINEAS DE BALANCE									
Tiempo	MES 1	MES 2				MES 3			
	ABRIL	MAYO				JUNIO			
Ubicaciones	1	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPA 1 - BLOQUE A - 48 DEPARTAMENTOS	AZOTEA								
	PISO 5								
	PISO 4								
	PISO 3								
	PISO 2								
	PISO 1								
	CIMENTACIÓN								

Ilustración 11. Formato de Linea de Balance para el proyecto



Ilustración 12. Plan Maestro en oficina

Three Week Look Ahead Planning

Herramienta que anticipa eventos en las próximas tres semanas, identificando y abordando obstáculos para garantizar el flujo de trabajo sin interrupciones. Se detallan las actividades y se identifican las restricciones que se deben tener en cuenta para prever riesgos y factores de retrasos que se pueden evitar al identificarlos previamente. Para esta investigación, se prepararon unas fichas de reporte y para su elaboración se realiza junto con el ingeniero residente de obra.

Tomando como referencia a los autores [2] se elabora el formato que se sigue en la investigación para la toma de datos de lo que será la planificación a mediano plazo.

1. Como base para la elaboración del formato, se tiene la programación maestra donde nos muestra un panorama general de lo que se espera que marche el proyecto.
2. En base al avance real que se proyecta en obra, se proyecta las posibles ejecuciones planteadas en un mediano plazo.
3. El metrado total vs el ejecutado se tomará como referencia ya que la obra se realiza por etapas.

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"																		
REPORTE DE THREE WEEKS LOOKAHEAD PLANNING																		
Fecha: __/__/__																		
PARTIDAS	Metrado total	DURACIÓN																
		SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3						
		L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V

Ilustración 13. Formato de reporte de Look Ahead. Elaboración propia

Porcentaje de plan cumplido y Análisis de Causas de no cumplimiento

Al tener planificado lo realizado en la semana, se analizan los avances de acuerdo con el metrado avanzado real en lo ejecutado. La forma en que se mide lo realmente avanzado es mediante el metrado físico y a través de la ayuda de planos. De tal forma se va comparando a través del Plan Maestro y de las Líneas de Balance el progreso de la ejecución.

El proceso que se debe seguir para completar el formato de los indicadores de Porcentaje de plan cumplido (PPC) y Análisis de Causas de no cumplimiento (CNC), siguiendo como referencia lo aplicado en investigaciones anteriores [15] , se describe el PPC mediante la siguiente fórmula

$$PPC (\%) = \frac{\# \text{ tareas completadas}}{\# \text{ tareas planificadas}} \times 100$$

Para identificar las posibles causas de no cumplimiento habiendo primero analizado el porcentaje de plan que no se culminó, para esta investigación los tipos de causas de subdividieron en las siguientes:

- Trabajo previo: incluyen aquellas actividades predecesoras que tuvieron un retraso y no fueron culminadas para avanzar lo siguiente.
- Mano de obra: falta de hombres suficientes en las cuadrillas por lo que el rendimiento y productividad se vieron afectados y como consecuencia un avance más lento.
- Equipos y materiales: las causas son diversas, pueden incluir el daño de equipos y el tiempo que demoró su arreglo o con los materiales en retrasos de llegadas con las compras de materiales a los proveedores o un desequilibrio en la ordenes de compras con los pedidos solicitados.
- Información: falta de coordinación en el equipo lo que por falta de comunicación surgieron retrasos en los inicios de actividades.
- Programación: imprevistos en la programación inicial o falta de precisión que hizo una demora más de lo esperado en las ejecuciones de las partidas.
- Espacio: falta de espacio de trabajo para la adecuada movilización del personal, equipos, materiales, por lo que generaría un retraso en tiempos de espera.
- Externo: incluyen posibles paralizaciones de obra, visita de fiscalización, fenómenos naturales que pueden causar atrasos en el desarrollo de la obra.

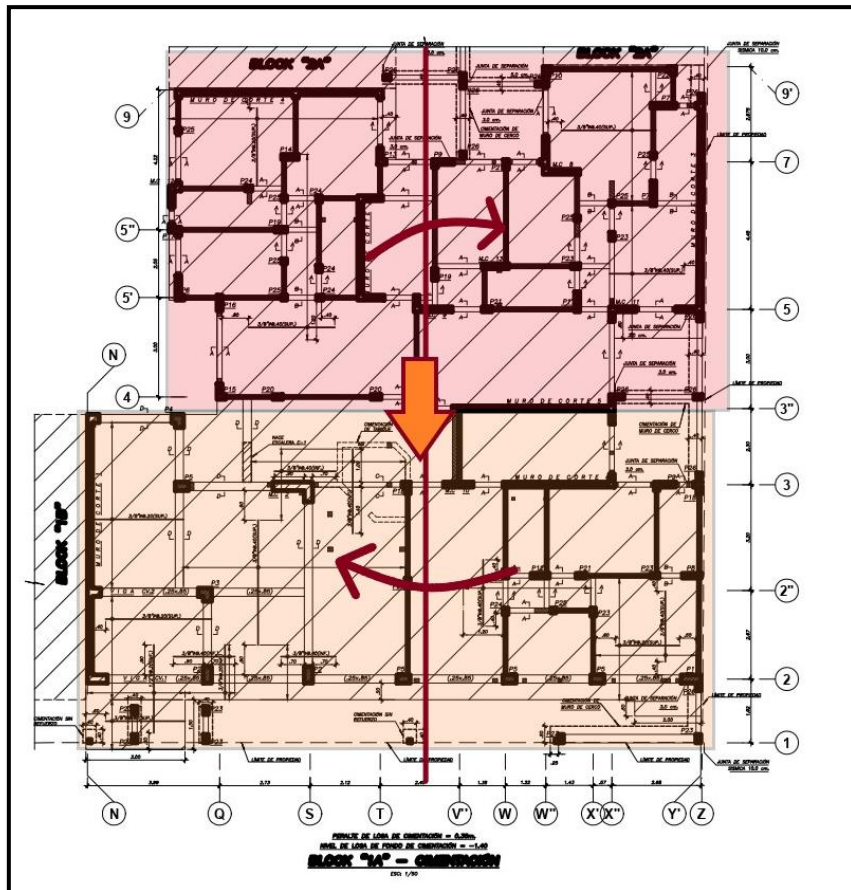


Ilustración 18. Tren de trabajo block A1

Resultados y discusiones

Sectorización de las actividades

De acuerdo con investigaciones que se han realizado anteriormente y donde se ha evidenciado un cambio significativo al aplicar *Lean Construction* [16] [21], definen como partidas influyentes a las actividades que engloban las partidas de cimentaciones y estructuras (columnas y muros de corte) ya que parte de las actividades que engloban las partidas, forman parte de lo que sería la ruta crítica de la programación en obra y, por lo tanto, la causa principal de los retrasos. A razón de ello, se describe la información relevante para tener en cuenta sobre la ejecución de las partidas en el proyecto. De acuerdo con la Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas, se han establecido las partidas de estudio.

Platea de cimentación

En el proyecto de estudio está diseñado para una cimentación con platea o losa de cimentación. Las subpartidas involucradas dentro de esta actividad incluyen el encofrado y desencofrado y la armadura de acero. De tal forma, se describen los datos iniciales del proyecto, estos son datos bases los cuáles nos servirán en la investigación y posterior discusión.

Para la platea de cimentación diseñada se estima el siguiente metrado:

Para el Block A2

- Acero: 6367.46 kg
- Encofrado: 42.63 m²
- Concreto: 156.4 m³

Para el Block A1

- Acero: 4311.1 kg
- Encofrado: 27.74 m²
- Concreto: 105.69 m³

Para el Block B2

- Acero: 5918.38 kg
- Encofrado: 49.38 m²
- Concreto: 159.06 m³

Para el Block B1

- Acero: 5832.96 kg
- Encofrado: 39.57 m²
- Concreto: 155.5 m³

De los materiales y equipos utilizados:

- Para el concreto se utilizó un camión hormigonera autocargable de 3.3 m³
- Se usaron bolsas de cemento tipo II antisalitre de 42.5 kg

Tabla 1. Cuadrillas de la cimentación

CONFORMACIÓN DE CUADRILLAS				
Actividad	operario	oficial	peón	Observaciones
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	1	2	-	
Acero <i>platea de cimentación</i>	4	9		Puede llegar hasta 11 oficiales
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	1	1	-	
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	1	3	10	Uso de mezcladora tipo tolva
	2	2	3	Uso de autohormigonera (3.3m ³)



Ilustración 19. Ejecución de partida de cimentación

Vigas de cimentación

Las vigas de cimentación diseñadas comprenden un espesor de 0.85m medidos desde el fondo de cimentación, según el diseño, el espesor varía ente 0.25m y 0.13m y el f'c de 210 kg/cm² y 175 kg/cm² respectivamente.

Para las vigas de cimentación diseñadas se estima el siguiente metrado:

Para el Block A2

- Acero: 3258.26 kg
- Encofrado: 113.66 m²
- Concreto: 8.52 m³

Para el Block A1

- Acero: 1915.54 kg
- Encofrado: 82.7 m²
- Concreto: 7.94 m³

Para el Block B2

- Acero: 3197.15 kg
- Encofrado: 131.76 m²
- Concreto: 15.03 m³

Para el Block B1

- Acero: 3070.23 kg
- Encofrado: 132.53 m²
- Concreto: 14.64 m³

De los materiales y equipos utilizados:

- Para el concreto se utilizaron una mezcladora tipo tolva de 12 pie³
- Se usaron bolsas de cemento tipo II antisalitre de 42.5 kg

Sobrecimientos reforzados

Forma parte de la cimentación y construido para asentar sobre ellos los muros de albañilería además de servir como protección al muro como aislante de agentes externos o la humedad. Los sobrecimientos cuentan con un espesor de 0.13m y una resistencia a la compresión de 175 kg/cm²

Para los sobrecimientos diseñados se estima el siguiente metrado:

Para el Block A2

- Acero: 1997.57 kg
- Encofrado: 517 m²
- Concreto: 58.77 m³

Para el Block A1

- Acero: 938.22 kg
- Encofrado: 272.44 m²
- Concreto: 56.89 m³

Para el Block B2

- Acero: 830.58 kg
- Encofrado: 234.02 m²
- Concreto: 17.55 m³

Para el Block B1

- Acero: 819.49 kg
- Encofrado: 246.58 m²
- Concreto: 18.5 m³

De los materiales y equipos utilizados:

- Para el concreto se utilizaron una mezcladora tipo tolva de 12 pie³
- Se usaron bolsas de cemento tipo II antisalitre de 42.5 kg

Columnas y placas

Para cumplir con los parámetros de diseño requeridos por norma, fueron diseñados muros de corte y columnas de confinamiento propias de los muros de albañilería confinada. De igual forma, se detallan los datos bases que sirven de guía y análisis para el desarrollo de esta investigación.

Para la platea de cimentación diseñada se estima el siguiente metrado:

Para el Block A2

- Acero: 6367.46 kg
- Encofrado: 42.63 m²
- Concreto: 156.4 m³

Para el Block A1

- Acero: 4311.1 kg
- Encofrado: 27.74 m²
- Concreto: 105.69 m³

Para el Block B2

- Acero: 5918.38 kg
- Encofrado: 49.38 m²
- Concreto: 159.06 m³

Para el Block B1

- Acero: 5832.96 kg
- Encofrado: 39.57 m²
- Concreto: 155.5 m³

De los materiales y equipos utilizados:

- Para el concreto se utilizó una mezcladora tipo tolva de 12 pie³ y un trompo de 9 pie³
- Se usaron bolsas de cemento tipo II antisalitre de 42.5 kg

De la mano de obra:

- Tanto el personal obrero encargados de los trabajos de acero y encofrado son subcontratos

Tabla 2. Cuadrilla de columnas y placas

CONFORMACIÓN DE CUADRILLAS				
Actividad	operario	oficial	peón	Observaciones
Acero <i>columnas y placas</i>	3	4		
Encofrado <i>columnas y placas</i>	1	1		5 parejas
Vaciado <i>columnas y placas</i>		2	5	

Otras partidas importantes a considerar

Continuando con el seguimiento de la conformación de cuadrillas y el proceso de ejecución del primer nivel de la edificación.

Tabla 3. Conformación de cuadrillas otras actividades

CONFORMACIÓN DE CUADRILLAS				
Actividad	operario	oficial	peón	Observaciones
Relleno y compactado	-	1	5	
Falso piso	2	3	5	
Asentado de <i>muros portantes</i>	4			Puede llegar hasta 6 operarios según metrado
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	1	1		5 parejas
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	3	4		
Colocación de ladrillo de techo		1	6	
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	5	2	13	mezcladora tipo tolva, trompo y winche

Procesos y Factores de riesgo identificados

Las primeras semanas de asistir al proyecto de construcción, los especialistas a cargo introdujeron a manera general en los procesos que se seguirían durante la ejecución del edificio y los miembros involucrados tanto personal obrero como equipo técnico.

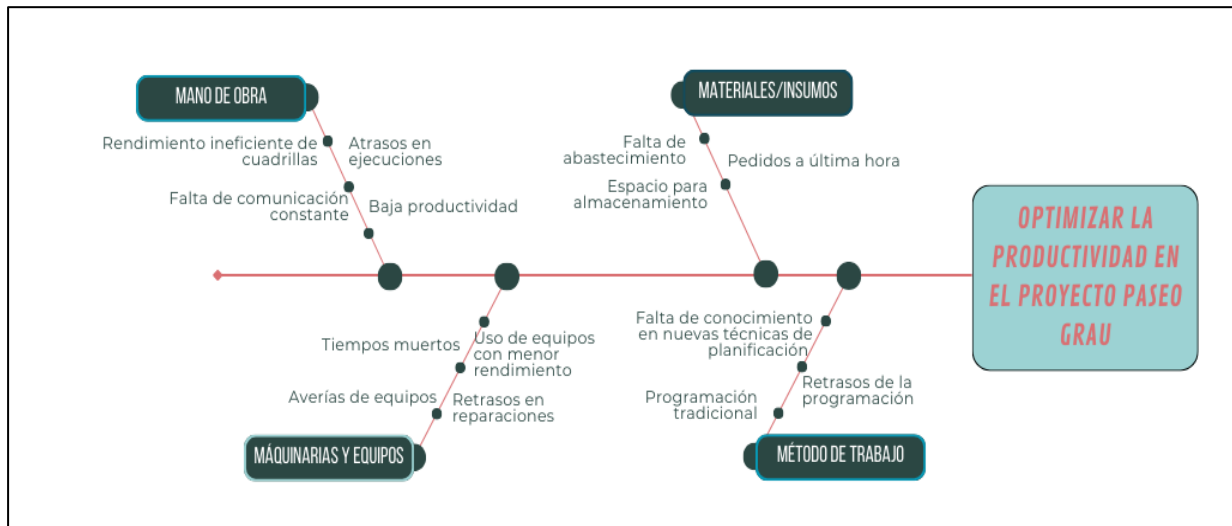


Ilustración 20. Diagrama de causa-efecto

Como producto de esas primeras reuniones, se pudo identificar las deficiencias actuales que puede presentar la ejecución del proyecto para tener un mejor campo de acción al aplicar la metodología Last Planner, enfocándose principalmente en las causas que son las principales causantes de retrasos en las actividades.

Se puede notar que una de las principales dificultades es el manejo del rendimiento de las cuadrillas al comenzar, ya que no hay un previo control de la productividad de los operarios. Además, de los eventos fortuitos que pueden ocurrir como la avería de equipos durante la jornada laboral produciendo pausas inesperadas y el reemplazo con equipos de menor rendimiento que el anterior. También, en el ámbito del método de trabajo, se plantea seguir como siempre se viene trabajando mediante la programación tradicional, donde se seguirá la experticia de todo el equipo técnico para sacar adelante la ejecución de los trabajos programados.

Las líneas de balance como se explicó de dar un panorama más amplio y preciso de las actividades que se realizan según las etapas del proyecto. Se ha planteado para esta investigación en base a un avance programado vs el avance real.

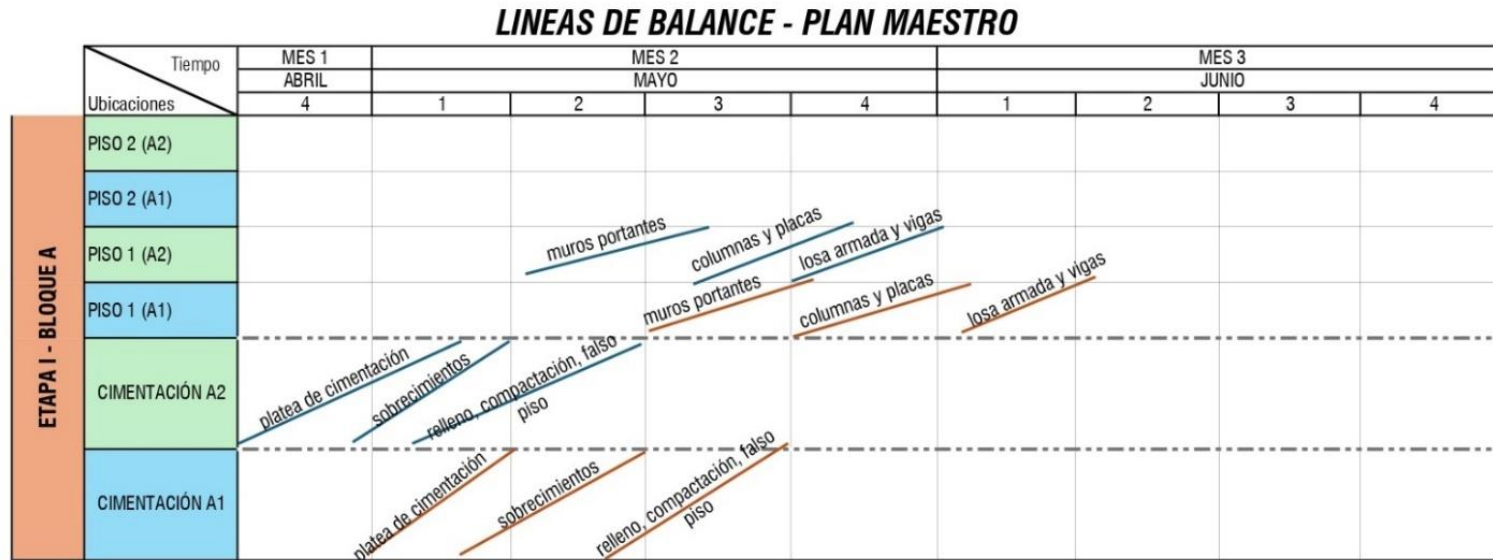
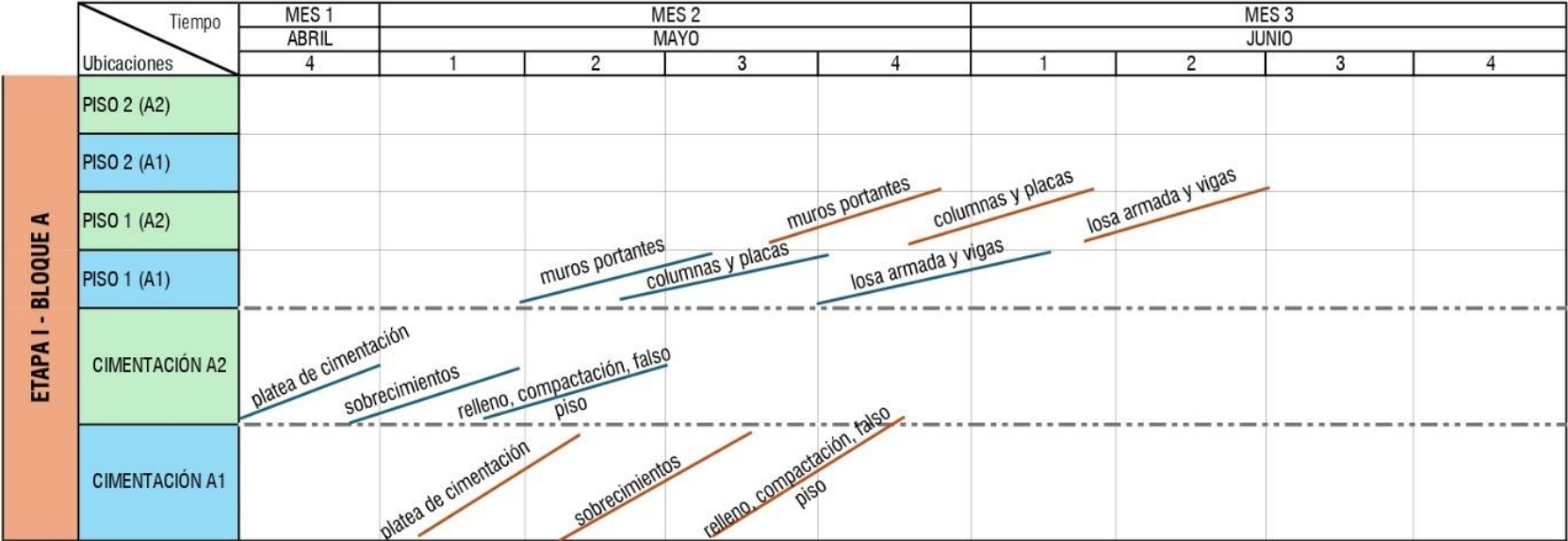


Ilustración 21. Líneas de balance-Plan Maestro

Esta gráfica de programación en formas de líneas de balance representa un esquema general del panorama de cómo se van a desarrollar las actividades durante las semanas y en qué ubicación del proyecto se encuentra. Estas líneas de balance nos van a alertar si en algún momento existe un cruce de actividades o si tenemos algún tiempo muerto que se pueda aprovechar en el adelanto de actividades. Como observamos en la imagen superior, desde la última semana de abril hasta la primera de junio se programa inicialmente las partidas ejecutables de la etapa 1 del block A hasta el primer piso.

Las líneas de balance del avance real se elaboran en comparación con el plan maestro planteado al inicio del proyecto. En este caso, esta programación muestra el inicio de la obra hasta el fin de la primera etapa del primer piso hasta la losa armada. Se puede apreciar que la finalización de esta primera etapa se extendió hasta la segunda semana de junio

LÍNEAS DE BALANCE - AVANCE REAL



Last Planner System (LPS)

Cronograma maestro

El primer paso y principal es realizar lo que comúnmente se conoce en obra como el “Plan Maestro” donde siguiendo la filosofía Lean, es la primera programación a largo plazo y la más general de todas, es nuestra visión global del proyecto y nuestra meta final del producto. En palabras de Pons & Rubio [22] el programa maestro establece los hitos y primeros acuerdos que formarán parte y se tomarán en cuenta en la ejecución de todo el proyecto.

La programación maestra del proyecto se elaboró en la etapa previa a iniciar las ejecuciones del proyecto puesto que es así cómo inicia este cronograma al tener una visión futura de la ejecución. Para facilitar la comprensión y lectura de este instrumento, veremos ordenado en la tabla inferior las fechas planificadas de inicio y fin de las partidas programadas, sin embargo, en el capítulo de anexos, se plasmará el plan maestro mediante un diagrama de Gantt. También, en esta parte se presentarán las partidas que se va a analizar durante todo el desarrollo de la investigación.

La programación maestra del Block A2 se está idealizada en las fechas del 22 de abril al 29 de mayo del año 2024, lo que nos resulta un total de 6 semanas de ejecución. Hay que tener en consideración, además, la semana de excavaciones de la platea de cimentación que se realizó la segunda semana de enero de ese mismo año.

Tabla 4. Plan Maestro Block A2

<i>"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"</i>		
PLAN MAESTRO		2024
Actividad	Inicio planificado	Fin planificado
BLOCK A2		
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	08-Ene	13-Ene
Acero <i>platea de cimentación</i>	22-Abr	27-Abr
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	24-Abr	27-Abr
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	29-Abr	02-May
Acero de <i>sobrecimientos</i>	22-Abr	27-Abr
Encofrado de <i>sobrecimientos</i>	29-Abr	06-May
Vaciado de <i>sobrecimientos</i>	04-May	11-May
Relleno y compactado	08-May	16-May
Falso piso	15-May	20-May
Asentado de <i>muros portantes</i>	15-May	21-May
Acero <i>columnas y placas</i>	17-May	23-May
Encofrado <i>columnas y placas</i>	18-May	24-May
Vaciado <i>columnas y placas</i>	20-May	25-May
Encofrado de <i>aligerado 1º nivel</i>	22-May	27-May
Acero de <i>aligerado 1º nivel</i>	23-May	28-May
Colocación de ladrillo de techo	23-May	28-May
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	28-May	29-May

En la segunda etapa, para la ejecución del Block A1, la programación está planificada entre el 22 de abril y el 06 de junio de 2024, lo que abarca un total de 7 semanas de ejecución.

Tabla 5. Plan Maestro Block A1

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado
BLOCK A1		
Excavaciones <i>plata de cimentación</i>	22-Abr	24-Abr
Acero <i>plata de cimentación</i>	30-Abr	06-May
Encofrado <i>plata de cimentación</i>	10-May	10-May
Vaciado de <i>plata de cimentación</i>	11-May	13-May
Acero de <i>sobrecimientos</i>	30-Abr	04-May
Encofrado de <i>sobrecimientos</i>	07-May	10-May
Vaciado de <i>sobrecimientos</i>	15-May	18-May
Relleno y compactado	18-May	23-May
Falso piso	22-May	24-May
Asentado de <i>muros portantes</i>	24-May	28-May
Acero <i>columnas y placas</i>	27-May	31-May
Encofrado <i>columnas y placas</i>	28-May	01-Jun
Vaciado <i>columnas y placas</i>	29-May	03-Jun
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	31-May	04-Jun
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	01-Jun	05-Jun
Colocación de ladrillo de techo	01-Jun	03-Jun
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	05-Jun	06-Jun

Pasando a la tercera etapa de este proyecto, el Block B2 se planificó para ejecutarse dentro de las semanas del 01 de julio al 09 de agosto, con una duración total de 6 semanas.

Tabla 6. Plan Maestro Block B2

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado
BLOCK B2		
Excavaciones <i>plata de cimentación</i>	01-Jul	05-Jul
Acero <i>plata de cimentación</i>	10-Jul	15-Jul
Encofrado <i>plata de cimentación</i>	12-Jul	15-Jul
Vaciado de <i>plata de cimentación</i>	15-Jul	17-Jul
Acero de <i>sobrecimientos</i>	10-Jul	15-Jul
Encofrado de <i>sobrecimientos</i>	15-Jul	20-Jul
Vaciado de <i>sobrecimientos</i>	17-Jul	20-Jul
Relleno y compactado	19-Jul	24-Jul
Falso piso	23-Jul	26-Jul
Asentado de <i>muros portantes</i>	25-Jul	30-Jul
Acero <i>columnas y placas</i>	26-Jul	02-Ago
Encofrado <i>columnas y placas</i>	26-Jul	02-Ago
Vaciado <i>columnas y placas</i>	30-Jul	05-Ago
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	01-Ago	07-Ago
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	02-Ago	08-Ago
Colocación de ladrillo de techo	02-Ago	04-Ago
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	08-Ago	09-Ago

Para esta última etapa, se planificó la ejecución dentro de las semanas del 6 de julio al 17 de agosto, lo que vendría siendo un total de 6 semanas.

Tabla 7. Plan Maestro Block B1

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado
BLOCK B1		
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	06-Jul	10-Jul
Acero <i>platea de cimentación</i>	15-Jul	18-Jul
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	17-Jul	19-Jul
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	19-Jul	22-Jul
Acero de <i>sobrecimientos</i>	15-Jul	18-Jul
Encofrado de <i>sobrecimientos</i>	17-Jul	23-Jul
Vaciado de <i>sobrecimientos</i>	22-Jul	27-Jul
Relleno y compactado	24-Jul	31-Jul
Falso piso	26-Jul	31-Jul
Asentado de <i>muros portantes</i>	01-Ago	03-Ago
Acero <i>columnas y placas</i>	03-Ago	09-Ago
Encofrado <i>columnas y placas</i>	03-Ago	09-Ago
Vaciado <i>columnas y placas</i>	05-Ago	10-Ago
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	08-Ago	10-Ago
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	09-Ago	13-Ago
Colocación de ladrillo de techo	09-Ago	13-Ago
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	16-Ago	17-Ago

Programación semanal y Look Ahead

Primera etapa Block A

Las primeras programaciones resultaron de la visión de un panorama a mediano plazo de aquellas actividades que vendrían a ejecutarse en el transcurso del tiempo. Haciendo uso del formato LookAhead se procuró completar con las actividades programadas.

Tabla 8. Reporte Three weeks Lookahead

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"																					
REPORTE DE THREE WEEKS LOOKAHEAD PLANNING																					
Fecha: 11/05/2024																					
ETAPA	PARTIDAS	Metrado total	DURACIÓN																		
			SEMANA 1 (13/05 al 18/05)					SEMANA 2 (20/05 al 25/05)					SEMANA 3 (27/05 al 01/06)								
			L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	
A2	Asentado de ladrillo		x	x	x	x	x	x													
	Acero columnas y placas				x	x	x	x	x												
	Encofrado columnas y placas					x	x	x	x	x											
	Vaciado columnas y placas						x	x	x	x	x										
	Encofrado de losa								x	x	x	x	x								
	Colocación de ladrillo de losa										x	x	x								
	Acero losa										x	x	x	x	x						
	Instalaciones electr. Y sanit.											x	x	x	x						
	Vaciado losa																	x	x		
A1	Concreto Platea	x																			
	Encofrado sobrecimiento		x	x	x	x															
	Concreto sobrecimiento				x	x	x	x													
	Relleno y compactado								x	x	x	x	x								
	Falso piso										x	x	x	x							
	Asentado de ladrillo																x	x	x	x	
	Acero columnas y placas																x	x	x	x	x
	Encofrado columnas y placas																x	x	x	x	x
Vaciado columnas y placas																x	x	x	x	x	

Esta programación a mediano plazo es una guía para tener en cuenta el avance del progreso de las actividades que se vienen realizando semana a semana y ajustar o tener una alerta de las posibles causas de los retrasos que se estuvieran identificando durante el desarrollo de los procesos.

Ahora bien, obteniendo un mapeo general de las actividades que se deberían de realizar en el transcurso de las semanas, se programa cada semana, para esta investigación, los sábados como cierre de semana, las actividades que se van a venir realizando y las que se realizaron en la semana para posteriormente discutir los resultados con lo esperado y predecir las causas que afectaron en caso fuera necesario. Para ello, se realiza una reunión semanal de preferencia con el residente de obra, caso contrario con su representante a cargo para planificar las actividades entrantes y tener un esquema general para la planificación que se debería presentar.

En la primera semana reportada, se registraron avances con la cimentación del block A2 mientras que en el A1 se estaba habilitando frente para que en las semanas siguientes se realice también la cimentación propuesta.

Tabla 9. Programación semanal 29.04 al 04.05

<i>"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"</i>						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 29/04 al 04/05					
	L	M	X	J	V	S
Acero platea A2	x					
Encofrado platea A2	x					
Vaciado platea A2	x	x	x			
Encofrado sobrecimiento A2				x	x	x
Vaciado Sobrecimiento A2					x	x

Para la segunda semana registrada, lo avanzado en esa semana se basó en los avances en las cimentaciones para empezar a levantar los muros portantes que formarán parte del sistema estructural principal de la estructura. En esa semana se trabajó un turno adicional el día sábado para la partida de vaciado de platea.

Tabla 10. Programación semanal 06.05 al 11.05

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"							
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL							
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 06/05 al 11/05						
	L	M	X	J	V	S	
Encofrado sobrecimiento A2	x	x					
Vaciado Sobrecimiento A2	x	x					
Relleno y compactado A2		x	x	x	x	x	
Asentado de ladrillo A2						x	
Acero platea A1		x	x	x	x		
Encofrado platea A1					x		
Vaciado platea A1						x	Vaciado sáb jornada completa

En la semana del 13 de mayo, la programación apuntaba al avance con los muros portantes del block A2 así como el encofrado de columnas y placas. Mientras que, en el A1, se seguía avanzando con los sobrecimientos para levantar los muros de ladrillo

Tabla 11. Programación semanal 13.05 al 18.05

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"							
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL							
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 13/05 al 18/05						
	L	M	X	J	V	S	D
Asentado de ladrillo A2		x	x	x	x	x	x
Vaciado platea A1	x						
Encofrado sobrecimiento A1	x	x	x	x			
Sobrecimiento A1				x	x	x	x
Encofrado de placas y columnas A2					x	x	x

Durante el desarrollo de la semana, se registraron avances en el block A2 en el encofrado y vaciado de columnas y placas mientras que en el block A1 se continuaba habilitando frente con el relleno y compactación para el asentar los muros portantes que formarán parte del block A1.

Tabla 12. Programación semanal 20.05 al 25.05

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"							
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL							
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 20/05 al 25/05						
	L	M	X	J	V	S	
Asentado de ladrillo A2	x						
Encofrado de placas y columnas A2	x	x	x	x			
Vaciado placas y columnas A2		x	x	x	x	x	
Asentado de ladrillo A1			x	x	x	x	
Relleno y compactación A1		x	x	x	x		
Sobrecimientos A1	x						

Al desarrollo de esta semana, se pudo resaltar el avance en la programación de los departamentos tanto del block A2 y del A1. Mientras que el block A2 se registra el cierre de partida de columnas y placas.

Tabla 13. Programación semanal 27.05 al 01.06

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"							
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL							
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 27/05 al 01/06						
	L	M	X	J	V	S	
Encofrado de losa A2	x	x	x	x	x	x	
Acero losa A2		x	x	x	x	x	
Colocación de ladrillo de techo A2		x	x	x	x	x	
Inst. electricas y sanitarias A2				x	x	x	
Encofrado de columnas y placas A1			x	x	x	x	
Acero columnas y placas A1	x	x	x	x	x		
Vaciado de columnas A1						x	

Durante esta semana se resalta un hito importante que se optó por trabajar el viernes feriado por decisiones internas. Para esa semana se programó el vaciado de losa del block A2 y A1 y por consiguiente todas las partidas involucradas para la habilitación de la losa.

Tabla 14. Programación semanal 03.06 al 08.06

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 03/06 al 08/06					
	L	M	X	J	V	S
Inst. electricas y sanitarias A1				x	x	x
Vaciado de losa A2		x				
Encofrado col y placas A2 nivel 2					x	x
Asentado ladrillo A2 nivel 2			x	x	x	x
Encofrado de columnas A1	x	x				
Vaciado de columnas A1	x	x	x			
Encofrado de losa A1	x	x	x	x		
Colocación de ladrillo de techo A1		x	x	x	x	x
Habilitación de acero losa A1		x	x	x	x	x
Inst. electricas y sanitarias A1			x	x		x
Vaciado de losa A1						x

Para la semana se programaron avances con lo que sería el avance del nivel 2 del block A2 ya que la semana anterior se finalizó con la losa aligerada del mismo bloque. Para el block A1 por el contrario, se programa el asentado de ladrillo de los muros portantes para posteriormente avanzar con la partida de columnas y placas que formarían parte del segundo nivel.

Tabla 15. Programación semanal 10.06 al 16.06

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 10/06 al 16/06					
	L	M	X	J	V	S
Vaciado de losa A1	x					
Encofrado col y placas A2 nivel 2	x	x	x			
Asentado ladrillo A2 nivel 2	x	x				
Vaciado de columnas y placas A2 nivel 2		x	x	x	x	x
Asentado ladrillo A1 nivel 2	x	x	x	x	x	
Encofrado col y placas A1 nivel 2			x	x	x	x
Vaciado de col y placas A1 nivel 2					x	x

Segunda etapa Block B

Para la realización de la segunda parte de la investigación, con la ejecución del block B en paralelo con la continuación del block A, se registrarán los datos de programación semanal obtenidos semana a semana donde para esta segunda etapa, se aplicó la filosofía *Lean Construction* teniendo en cuenta los principios de esta forma de pensar enfatizando en la optimización del tiempo mediante la programación detallada.

Para empezar, en la semana cero se realizó la excavación masiva de la cimentación para el block B2, dicha actividad se realizó del 22 de julio al 30 del mismo mes, lo que resulta una duración de 8 días para su finalización.

En la semana uno, comenzaron los trabajos de acero en la cimentación, así como se programó el encofrado y vaciado de la platea para la misma semana. Se puede decir que en esa semana se iniciaron y completaron los trabajos de acero y encofrado.

Tabla 16. Programación semanal 12.08 al 17.08

<i>"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"</i>						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 12/08 al 17/08					
	L	M	X	J	V	S
Habilitación de acero platea (SC+VC+ columnas) (B2)	x	x	x	x	x	
Encofrado platea (B2)				x	x	
Vaciado platea (B2)					x	x

Durante la semana dos, los trabajos programados fueron los que refieren a las vigas de cimentación y sobrecimiento y llegando a su conclusión, empezaría los trabajos de relleno y compactado de los ambientes interiores de el mismo bloque. Por ello se detalla la programación realizada durante esa semana.

Tabla 17. Programación semanal 19.08 al 24.08

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 19/08 al 24/08					
	L	M	X	J	V	S
Encofrado SC+VC (B2)	x					
Vaciado SC+VC (B2)		x	x	x	x	x
Relleno y compactado (B2)					x	x

Continuando con la ejecución, para la tercera semana se siguen completando los trabajos de relleno y compactado de ambientes interiores para darle paso al vaciado del falso piso mientras se encofran las columnas y muros de corte para su posterior vaciado. Además, se asentaron los primeros muros portantes en los sobrecimientos finalizados la semana anterior.

Tabla 18. Programación semanal 26.08 al 31.08

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 26/08 al 31/08					
	L	M	X	J	V	S
Relleno y compactado (B2)	x	x	x	x	x	
Falso piso (B2)				x	x	x
Asentado de muros portantes (B2)					x	x
Encofrado columnas y placas (B2)	x	x	x	x	x	x
Vaciado columnas y placas (B2)		x	x	x	x	x

Asimismo, durante la semana 4 continuando con el block B2, se empiezan a asentar los muros portantes que forman parte de la estructura del edificio. Durante la semana acabaron los trabajos de falso piso del primer nivel, se continuó con el asentado de los muros portantes, así como el encofrado y vaciado de elementos verticales. Se empezó el encofrado de la losa aligerada, así como el acero y la colocación de ladrillo de techo.

Tabla 19. Programación semanal 02.09 al 07.09

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 02/09 al 07/09					
	L	M	X	J	V	S
Falso piso (B2)	x					
Asentado de muros portantes (B2)	x	x	x			
Encofrado columnas y placas (B2)	x	x	x			
Vaciado columnas y placas (B2)	x	x	x	x		
Encofrado aligerado 1° nivel (B2)			x	x	x	x
Acero aligerado 1° nivel (B2)				x	x	x
Colocación ladrillo de techo (B2)					x	x

Entrando en la quinta semana, continúan los trabajos de habilitación de losa aligerada donde además para esa semana, se realizó el vaciado de losa del primer nivel. Asimismo, empezaron los primeros trabajos de excavación masiva para la platea de cimentación del block B1.

Tabla 20. Programación semanal 09.09 al 14.09

"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 09/09 al 14/09					
	L	M	X	J	V	S
Encofrado aligerado 1° nivel (B2)	x					
Acero aligerado 1° nivel (B2)	x					
Colocación ladrillo de techo (B2)	x					
Vaciado de losa aligerada (B2)		x	x			
Excavaciones platea (B1)				x	x	x

Para la semana 6, continuaron los trabajos en las excavaciones para la cimentación del block B1. Mientras se continuaban los trabajos en el nivel superior del block B2, se culmina la excavación para dar paso a la habilitación de acero de la platea donde a su vez van armando el acero que formará parte de los sobrecimientos, vigas de cimentación, columnas y muros de corte.

Tabla 21. Programación semanal 16.09 al 21.09

<i>"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"</i>						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 16/09 al 21/09					
	L	M	X	J	V	S
Excavaciones platea (B1)	x	x	x			
Acero platea B1 (SC+VC+columnas)				x	x	x

Durante la semana séptima, el ritmo de trabajo en la cimentación del block B1 aumentaba en medida del avance con la habilitación del acero para dar paso al encofrado y tener el frente amplio para realizar el vaciado de la losa. Debido a temas de espacio, el vaciado se programó en 3 días y una vez culminado se programó el encofrado de sobrecimientos y vigas de cimentación.

<i>"Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction"</i>						
REPORTE DE PROGRAMACIÓN SEMANAL						
ACTIVIDAD PROGRAMADA	Semana del 23/09 al 28/09					
	L	M	X	J	V	S
Acero platea B1 (SC+VC+columnas)	x					
Encofrado platea (B1)		x	x			
Vaciado platea (B1)				x	x	x
Encofrado SC+VC (B1)						x

En resumen, se muestran en la tabla, el resumen de fechas ejecutados reales y los planificados en el plan maestro, además del resumen del número de días para todos los bloques.

Para el Block A2, se realizó en dos etapas: las excavaciones masivas empezaron en el mes de enero y volvieron las actividades a fines del mes de abril y finalizaron a inicios del mes de junio.

Tabla 22. Resumen de fechas Block A2

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado	Inicio real	Fin real
BLOCK A2				
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	08-Ene	13-Ene	08-Ene	12-Ene
Acero <i>platea de cimentación</i>	22-Abr	27-Abr	24-Abr	29-Abr
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	24-Abr	27-Abr	27-Abr	29-Abr
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	29-Abr	02-May	29-Abr	01-May
Acero de <i>sobrecimientos + VC</i>	22-Abr	27-Abr	25-Abr	29-Abr
Encofrado de <i>sobrecimientos + VC</i>	29-Abr	06-May	02-May	07-May
Vaciado de <i>sobrecimientos + VC</i>	04-May	11-May	03-May	07-May
Relleno y compactado	08-May	16-May	07-May	11-May
Falso piso	15-May	20-May	09-May	14-May
Asentado de <i>muros portantes</i>	15-May	21-May	14-May	18-May
Acero <i>columnas y placas</i>	17-May	23-May	25-Abr	29-Abr
Encofrado <i>columnas y placas</i>	18-May	24-May	17-May	23-May
Vaciado <i>columnas y placas</i>	20-May	25-May	21-May	25-May
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	22-May	27-May	27-May	01-Jun
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	23-May	28-May	28-May	01-Jun
Colocación de ladrillo de techo	23-May	28-May	28-May	01-Jun

En el caso del Block A1, empezaron las primeras actividades con la excavación de la cimentación a inicios del mes de mayo, y fue concluida la primera etapa de casco estructural del primer nivel en el mes de junio.

Tabla 23. Resumen de fechas Block A1

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado	Inicio real	Fin real
BLOCK A1				
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	22-Abr	27-Abr	02-May	05-May
Acero <i>platea de cimentación</i>	30-Abr	06-May	07-May	11-May
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	10-May	10-May	11-May	11-May
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	11-May	13-May	11-May	13-May
Acero de <i>sobrecimientos + VC</i>	30-Abr	04-May	07-May	11-May
Encofrado de <i>sobrecimientos + VC</i>	07-May	10-May	13-May	16-May
Vaciado de <i>sobrecimientos + VC</i>	15-May	18-May	16-May	20-May
Relleno y compactado	18-May	23-May	20-May	23-May
Falso piso	22-May	24-May	21-May	24-May
Asentado de <i>muros portantes</i>	24-May	28-May	23-May	27-May
Acero <i>columnas y placas</i>	27-May	31-May	07-May	11-May
Encofrado <i>columnas y placas</i>	28-May	01-Jun	29-May	04-Jun
Vaciado <i>columnas y placas</i>	29-May	03-Jun	01-Jun	05-Jun
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	31-May	04-Jun	03-Jun	06-Jun
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	01-Jun	05-Jun	04-Jun	08-Jun
Colocación de ladrillo de techo	01-Jun	03-Jun	04-Jun	08-Jun
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	05-Jun	06-Jun	08-Jun	10-Jun

En la segunda etapa del proyecto en la realización del Block B, se empezó por las excavaciones del block B2 donde esta etapa de construcción del bloque empezó a fines del mes de julio y concluyó el primer nivel en el mes de setiembre.

Tabla 24. Resumen de fechas Block B2

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado	Inicio real	Fin real
BLOCK B2				
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	01-Jul	05-Jul	22-Jul	30-Jul
Acero <i>platea de cimentación</i>	10-Jul	15-Jul	12-Ago	16-Ago
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	12-Jul	15-Jul	15-Ago	16-Ago
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	15-Jul	17-Jul	16-Ago	17-Ago
Acero de <i>sobrecimientos + VC</i>	10-Jul	15-Jul	12-Ago	16-Ago
Encofrado de <i>sobrecimientos + VC</i>	15-Jul	20-Jul	19-Ago	19-Ago
Vaciado de <i>sobrecimientos + VC</i>	17-Jul	20-Jul	20-Ago	24-Ago
Relleno y compactado	19-Jul	24-Jul	23-Ago	30-Ago
Falso piso	23-Jul	26-Jul	29-Ago	02-Set
Asentado de <i>muros portantes</i>	25-Jul	30-Jul	30-Ago	04-Set
Acero <i>columnas y placas</i>	26-Jul	02-Ago	12-Ago	16-Ago
Encofrado <i>columnas y placas</i>	26-Jul	02-Ago	26-Ago	04-Set
Vaciado <i>columnas y placas</i>	30-Jul	05-Ago	27-Ago	05-Set
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	01-Ago	07-Ago	04-Set	09-Set
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	02-Ago	08-Ago	05-Set	09-Set
Colocación de ladrillo de techo	02-Ago	04-Ago	06-Set	09-Set
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	08-Ago	09-Ago	10-Set	11-Set

En la ejecución del bloque B1, se empezó por las excavaciones en el mes de setiembre y se concluyó durante el mes de octubre.

Tabla 25. Resumen de fechas Block B1

Actividad	Inicio planificado	Fin planificado	Inicio real	Fin real
BLOCK B1				
Excavaciones <i>platea de cimentación</i>	06-Jul	10-Jul	12-Set	18-Set
Acero <i>platea de cimentación</i>	15-Jul	18-Jul	19-Set	23-Set
Encofrado <i>platea de cimentación</i>	17-Jul	19-Jul	24-Set	25-Set
Vaciado de <i>platea de cimentación</i>	19-Jul	22-Jul	26-Set	28-Set
Acero de <i>sobrecimientos + VC</i>	15-Jul	18-Jul	19-Set	23-Set
Encofrado de <i>sobrecimientos + VC</i>	17-Jul	23-Jul	29-Set	03-Oct
Vaciado de <i>sobrecimientos + VC</i>	22-Jul	27-Jul	01-Oct	04-Oct
Relleno y compactado	24-Jul	31-Jul	05-Oct	11-Oct
Falso piso	26-Jul	31-Jul	10-Oct	14-Oct
Asentado de <i>muros portantes</i>	01-Ago	03-Ago	14-Oct	18-Oct
Acero <i>columnas y placas</i>	03-Ago	09-Ago	19-Set	23-Set
Encofrado <i>columnas y placas</i>	03-Ago	09-Ago	15-Oct	21-Oct
Vaciado <i>columnas y placas</i>	05-Ago	10-Ago	17-Oct	22-Oct
Encofrado de <i>aligerado 1° nivel</i>	08-Ago	10-Ago	19-Oct	22-Oct
Acero de <i>aligerado 1° nivel</i>	09-Ago	13-Ago	21-Oct	23-Oct
Colocación de ladrillo de techo	09-Ago	13-Ago	22-Oct	23-Oct
Vaciado de <i>losa aligerada</i>	16-Ago	17-Ago	24-Oct	25-Oct

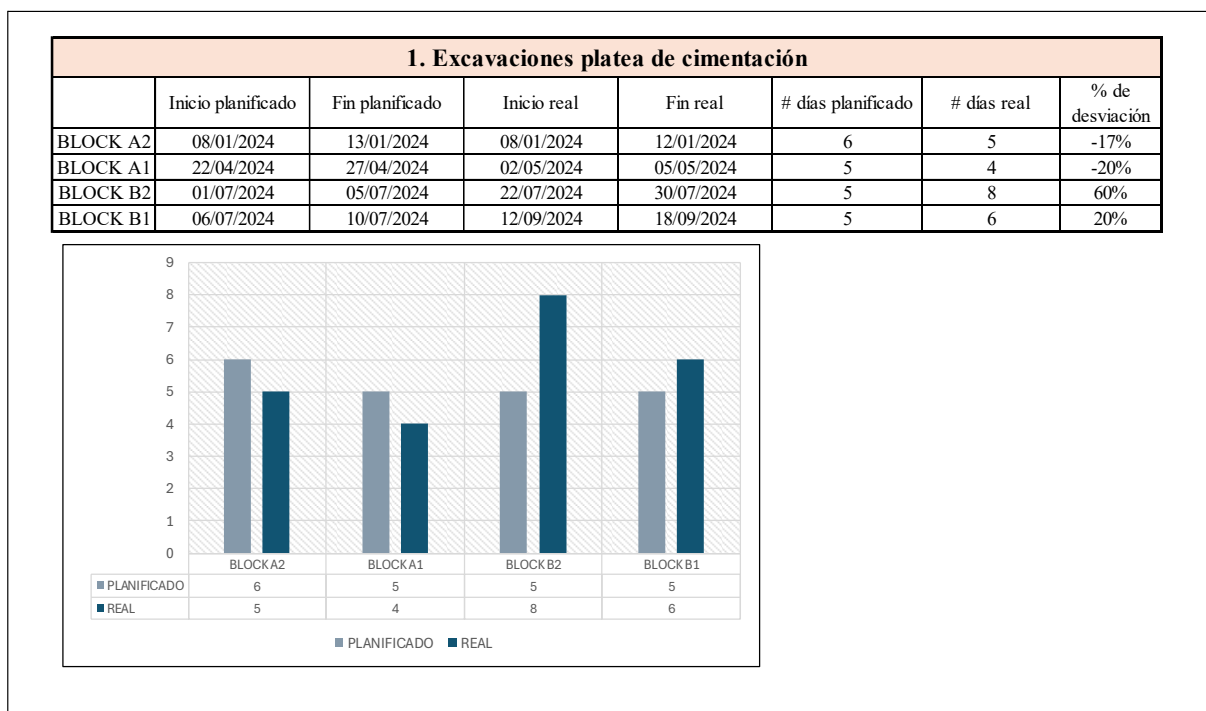
Análisis de días reales ejecutados

El objeto de la comparación de la ejecución real versus la planificada es evaluar en qué partidas reales son las más incidentes en nuestra investigación para tomar medidas y dar respuesta a la hipótesis planteada del mejoramiento de la productividad al aplicar la filosofía *Lean Construction* haciendo el uso de una de sus herramientas como lo es el sistema del último planificador o *Last Planner System*.

Se representa un breve análisis por cada partida estudiada. Para la actividad de “Excavaciones de Cimentación”, del **Block A2**, la actividad estaba planificada para 6 días, pero se completó en 5, lo que resultó en una desviación del -17%. Esto sugiere que el trabajo se realizó con mayor eficiencia de la prevista, terminando un día antes de lo programado. De manera similar, en el **Block A1**, la actividad se había planificado para 5 días y se terminó en 4, lo que representa una desviación del -20%. Al igual que en el Block A2, aquí también se logró un adelanto en la ejecución, completando la tarea un día antes.

Sin embargo, en el **Block B2**, se observó una desviación significativa. Mientras que el trabajo estaba planificado para 5 días, en la realidad tomó 8 días, resultando en una desviación del 60%. Este retraso sugiere problemas en la ejecución, posiblemente debido a dificultades imprevistas o a una menor eficiencia en esta fase del proyecto. Finalmente, en el **Block B1**, la actividad se planificó para 5 días, pero se completó en 6, lo que generó una desviación del 20%, mostrando una ligera demora de un día en comparación con el cronograma original.

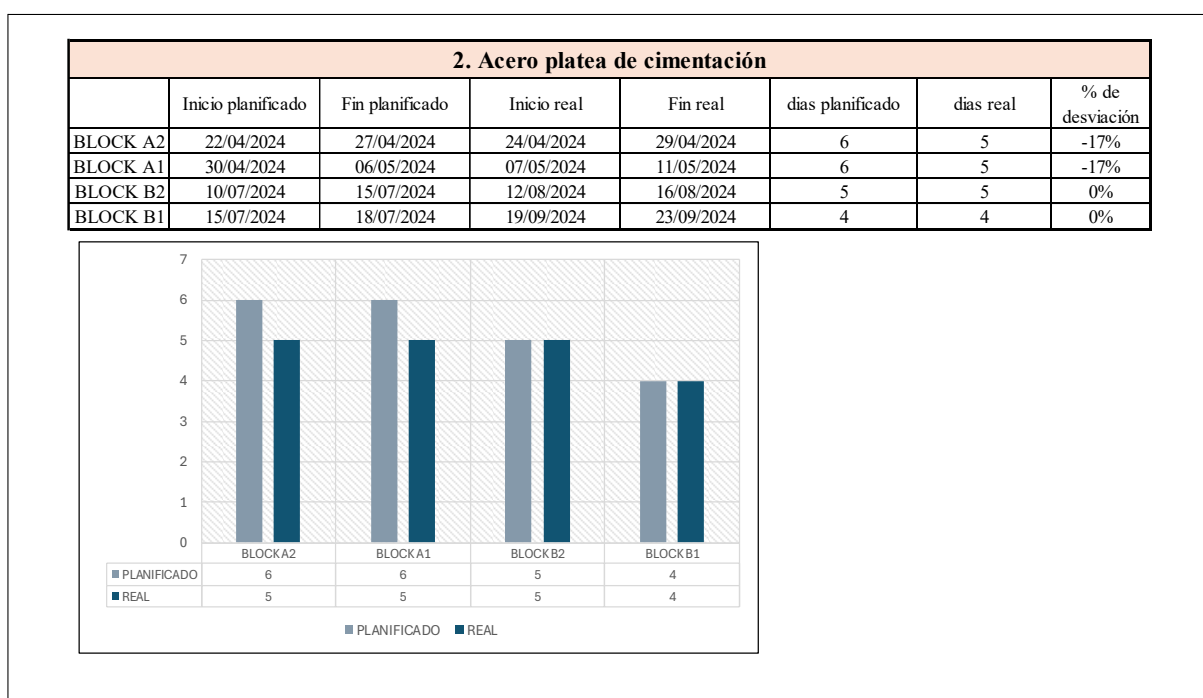
Tabla 26. Resumen de días: Excavación de cimentación



Al realizar el análisis de la actividad de habilitación y colocación de acero en la platea de cimentación: En el **Block A2**, la actividad estaba planificada para 6 días, pero se completó en 5, lo que resultó en una desviación del -17%. Esto indica una mayor eficiencia, ya que se terminó un día antes de lo previsto. De manera similar, en el **Block A1**, la tarea también estaba programada para 6 días, pero se completó en 5, lo que produjo una desviación del -17%. Ambos bloques muestran un adelanto respecto al cronograma, lo que refleja un buen desempeño en la ejecución.

En el **Block B2**, se planificaron 5 días y la actividad se completó en el mismo plazo, sin desviación alguna, lo que indica un cumplimiento exacto del cronograma. Del mismo modo, en el **Block B1**, la actividad estaba programada para 4 días y se ejecutó exactamente en ese tiempo, sin ningún tipo de desviación.

Tabla 27. Resumen de días: Acero platea de cimentación



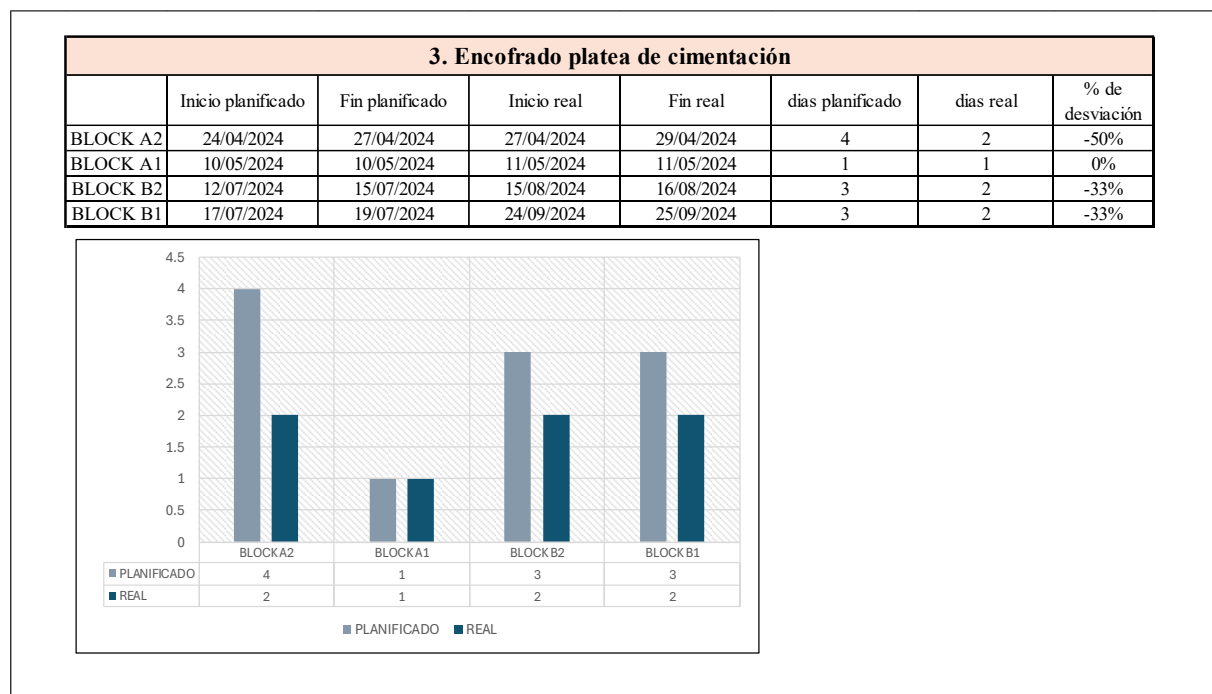
Para la actividad del encofrado de la cimentación, en el **Block A2**, la actividad se planificó para 4 días, pero se completó en 2, lo que refleja una desviación del -50%. Esta reducción en el tiempo de ejecución indica una notable eficiencia, ya que la tarea se completó en la mitad del tiempo previsto.

En el **Block A1**, tanto los días planificados como los reales fueron los mismos, es decir, 1 día, lo que indica un cumplimiento perfecto del cronograma, sin desviación alguna.

Para el **Block B2**, se planificaron 3 días, pero la actividad se completó en 2, lo que genera una desviación del -33%. Esto también representa una mejora en la eficiencia, dado que se finalizó un día antes de lo planeado.

Finalmente, en el **Block B1**, la tarea estaba programada para 3 días y se completó en 2 días, lo que resultó en una desviación del -33%, similar a la observada en el Block B2, lo que refleja también una mejora en el tiempo de ejecución.

Tabla 28. Resumen de días: Encofrado de cimentación



Ahora, para la actividad de Vaciado de Platea de cimentación, en el **Block A2**, la actividad se planificó para 3 días y se completó en el mismo tiempo, sin presentar ninguna desviación. Esto refleja un cumplimiento exacto del cronograma.

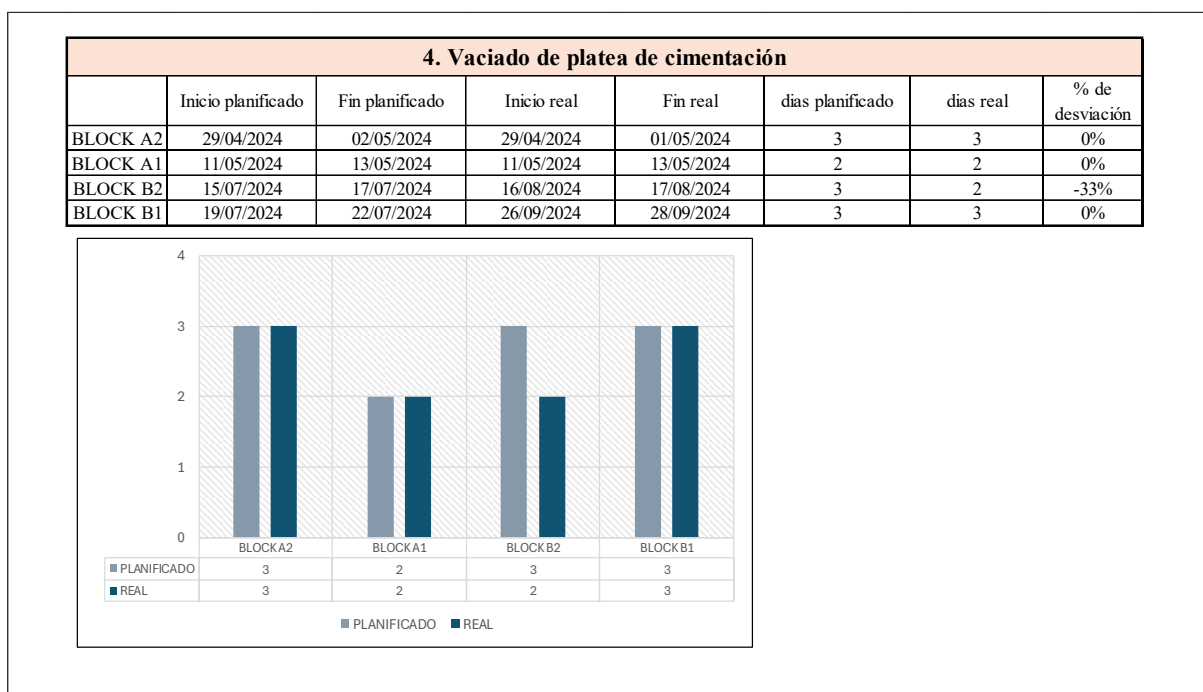
En el **Block A1**, la tarea estaba planificada para 2 días y también se completó dentro del tiempo previsto, sin desviación alguna, lo que demuestra una ejecución conforme a lo programado.

Para el **Block B2**, la actividad se había planificado para 3 días, pero se completó en 2, lo que resultó en una desviación del -33%. Esta reducción en el tiempo de ejecución sugiere una mayor eficiencia, ya que el trabajo se terminó antes de lo previsto.

Finalmente, en el **Block B1**, tanto los días planificados como los reales fueron 3, lo que indica una ejecución sin desviación, cumpliendo el plazo exacto.

En resumen, tres de los bloques (A2, A1 y B1) muestran un cumplimiento preciso de los tiempos planificados, mientras que el Block B2 destaca por una mejora en la eficiencia, terminando la actividad en menos tiempo de lo programado con una desviación del -33%. Esto refleja un control adecuado en la planificación y ejecución de esta fase del proyecto.

Tabla 29. Resumen de días: Vaciado de cimentación



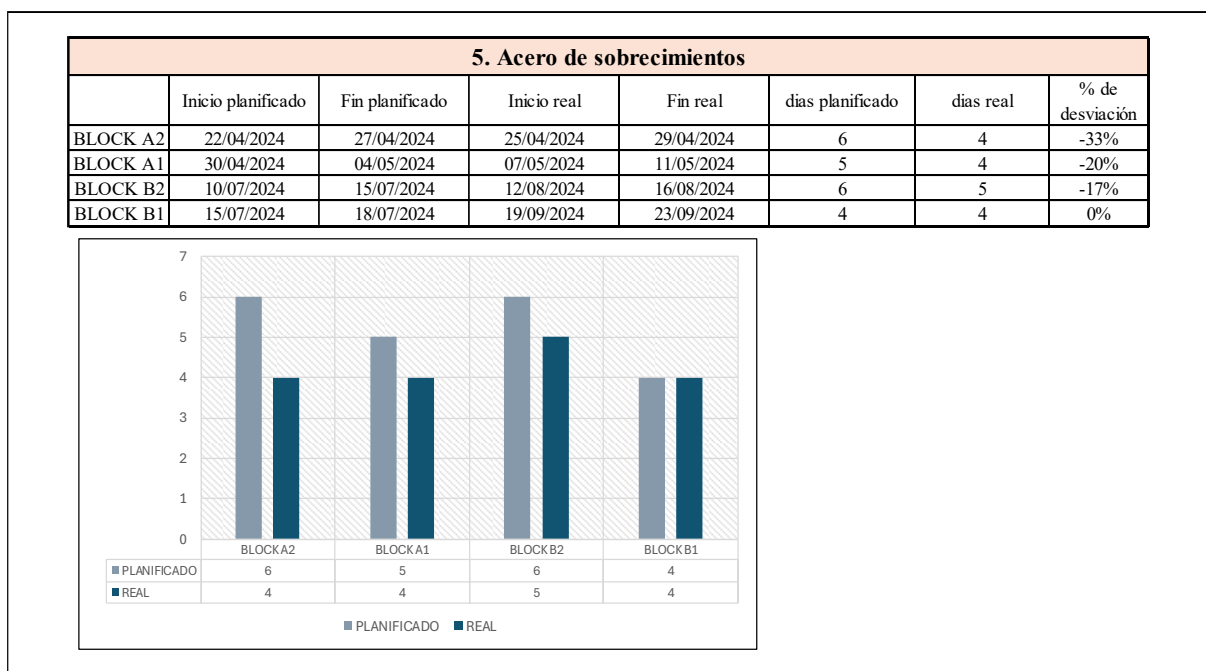
Durante la ejecución del acero de sobrecimientos, en tres de los cuatro bloques (A2, A1 y B2), se observa una mejora en la eficiencia de la ejecución de la actividad, con desviaciones que van desde el -17% hasta el -33%.

En el **Block A2**, la actividad se planificó para 6 días, pero se completó en 4, lo que refleja una desviación del -33%. Esto indica que la tarea se realizó en menos tiempo del esperado, lo que sugiere una mejora en la eficiencia.

En el **Block A1**, se planificaron 5 días y se completó en 4, resultando en una desviación del -20%. Esta desviación indica que la actividad también se realizó con mayor rapidez de lo previsto.

Para el **Block B2**, la planificación original era de 6 días, pero la actividad se completó en 5 días, lo que generó una desviación del -17%. Aunque menor, esta desviación sigue siendo una mejora en la duración del trabajo.

Tabla 30. Resumen de días: Acero de sobrecimientos



Para la actividad de encofrado de sobrecimientos, tres de los bloques (A2, B2 y B1) presentan desviaciones negativas, lo que refleja una mejora en la eficiencia de la ejecución. El Block B2 destaca con una reducción del 50% en el tiempo planificado. Por otro lado, el Block A1 se mantuvo dentro del cronograma previsto, sin desviaciones.

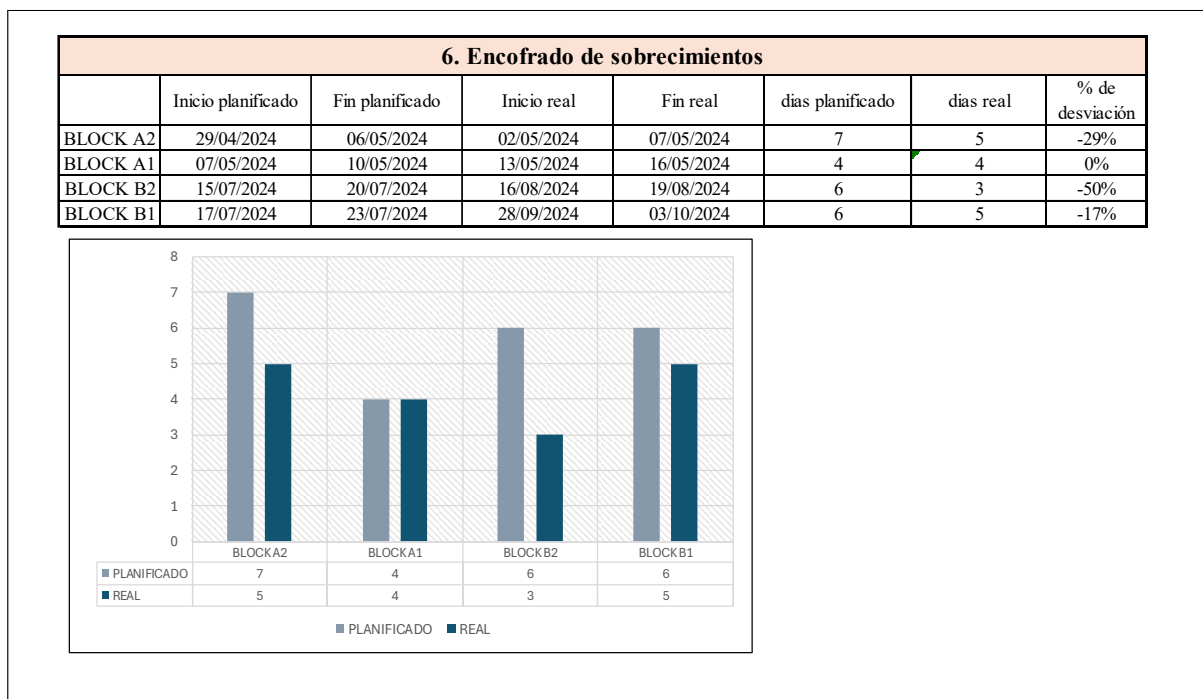
En el **Block A2**, se planificaron 7 días, pero la ejecución real fue de 5 días, lo que resulta en una desviación del -29%. Esto indica una mejora significativa en la eficiencia, ya que la tarea se completó más rápido de lo previsto.

En el **Block A1**, tanto los días planificados como los reales fueron 4, lo que refleja una ejecución perfecta sin desviaciones.

En el **Block B2**, se planificaron 6 días, pero la actividad se completó en 3 días, lo que representa una desviación del -50%. Este es el caso más significativo de mejora, ya que la actividad se completó en la mitad del tiempo estimado.

Finalmente, en el **Block B1**, se planificaron 6 días y se completó en 5, generando una desviación del -17%. Aunque la desviación es menor en comparación con otros bloques, sigue representando una mejora en la duración del trabajo.

Tabla 31. Resumen de días: Encofrado de sobrecimientos



En el caso de las actividades de Vaciado de sobrecimientos, durante la investigación se notaron unas mejoras significativas en cuanto al tiempo ahorrado en la ejecución en los casos de los bloques A2 y B1. Para el caso del bloque A1, se mantuvo la ejecución de acuerdo con lo programado, mientras que, el bloque B2, hubo un retraso manifestando un porcentaje desviación positivo.

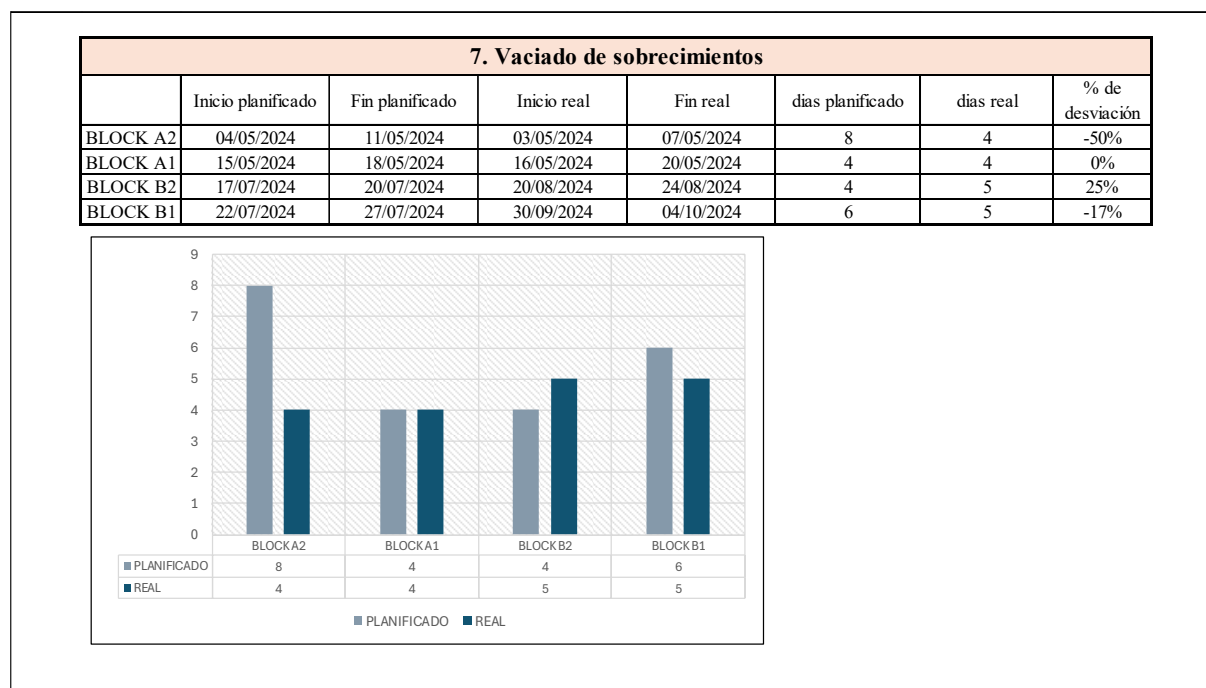
Para el **Block A2**, se encontró una desviación negativa lo que indicaría un adelanto en las ejecuciones de 4 días, lo que significa un adelanto significativo.

En el caso del **Block A1**, la programación planificada y real se mantuvo con la misma cantidad de días ejecutados.

Con el **Block B2**, la desviación positiva indicó que la actividad tomó más tiempo de lo indicado, es decir, 1 un día más para este caso. Dado a la pequeña magnitud de este porcentaje, no se toma como una desviación considerable.

Y, por último, para el **Block B1**, la desviación negativa indica que sí hubo un adelanto de actividades entre la planificación de la actividad y la ejecución real.

Tabla 32. Resumen de días: Vaciado de sobrecimientos



En la partida de relleno y compactado, se puede observar que dos bloques (A2 y A1) lograron completarse en menos tiempo del planificado, mejorando la productividad. Sin embargo, en los bloques B2 y B1 hubo retrasos, siendo más notable en el **Block B2** con un incremento del 40% en el tiempo de ejecución.

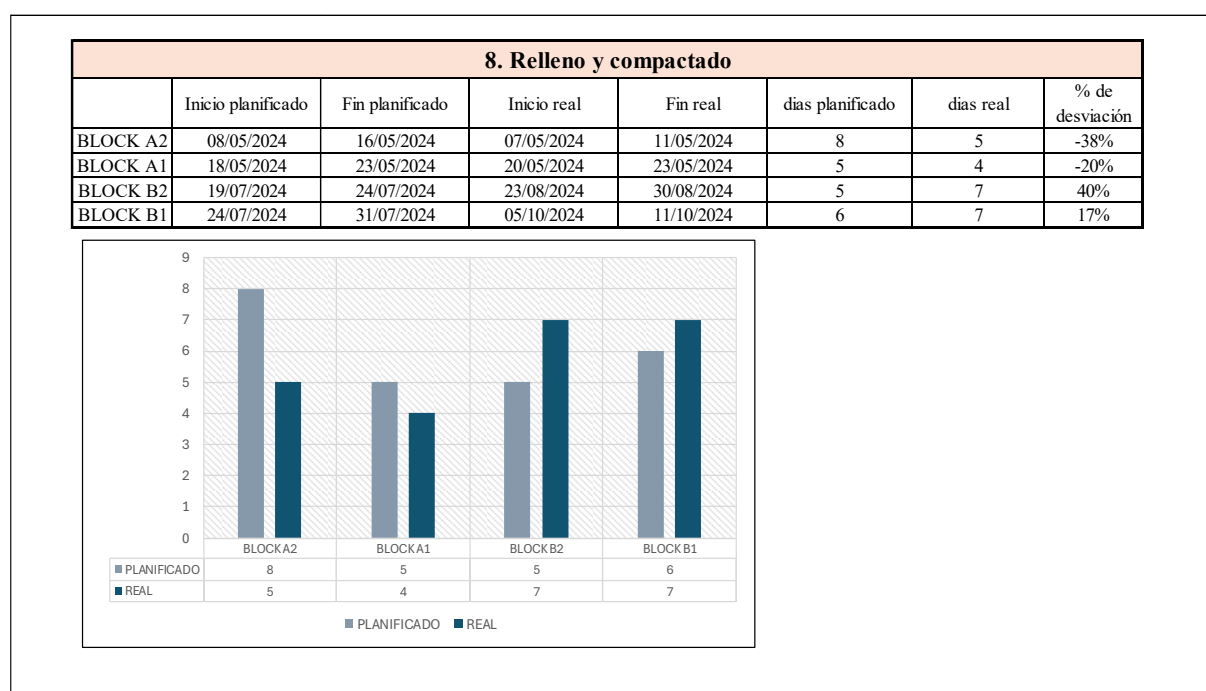
En el **Block A2**, se planificaron 8 días para la actividad, pero se completó en 5 días, generando una desviación del -38%, lo que implica una ejecución más rápida de lo previsto.

Para el **Block A1**, se planificaron 5 días y la tarea se completó en 4 días, lo que da una desviación del -20%, nuevamente mostrando una eficiencia en el tiempo de trabajo.

En el **Block B2**, se planificaron 5 días, pero la actividad tomó 7 días en completarse, con una desviación del 40%. Esto representa un retraso significativo respecto al cronograma.

Finalmente, en el **Block B1**, el tiempo planificado era de 6 días, pero la ejecución se prolongó a 7 días, resultando en una desviación del 17%, lo que indica un leve retraso.

Tabla 33. Resumen de días: Relleno y compactado



Durante la ejecución del Falso piso, en dos bloques (**Block A2** y **Block B2**) se cumplió con los tiempos planificados. Sin embargo, en el **Block A1** y el **Block B1** se presentaron retrasos del 33% y 25%, respectivamente, lo que sugiere una necesidad de ajustes en la planificación o en la ejecución para estos bloques.

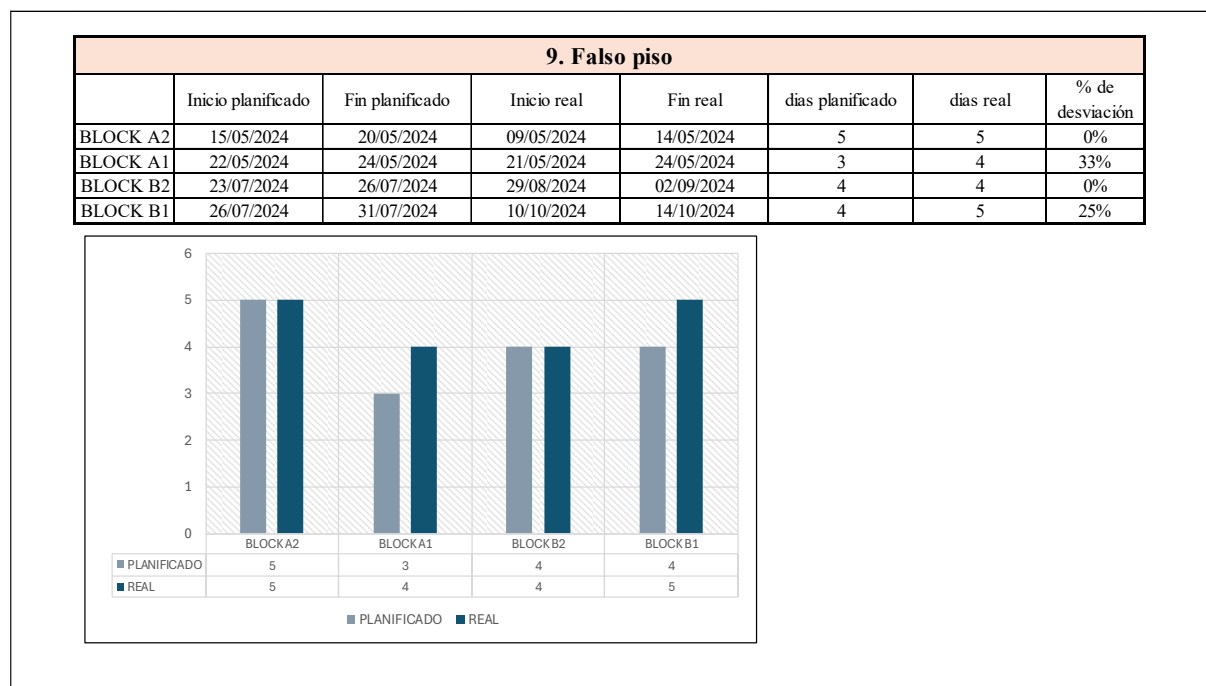
En el **Block A2**, los días planificados y reales son iguales (5 días), resultando en una desviación del 0%, lo que indica que la actividad se completó exactamente según lo programado.

Para el **Block A1**, la actividad estaba planificada para 3 días, pero se ejecutó en 4 días, lo que genera una desviación del 33%, evidenciando un retraso en la ejecución.

En el **Block B2**, tanto los días planificados como los reales fueron 4 días, sin presentar desviación, lo que significa que la ejecución se ajustó al cronograma.

Finalmente, en el **Block B1**, la actividad estaba planificada para 4 días, pero tomó 5 días en completarse, lo que representa una desviación del 25%, mostrando un leve retraso.

Tabla 34. Resumen de días: Falso piso



En la ejecución de la actividad de Asentado de muros portantes, podemos identificar varias variaciones entre los tiempos planificados y los tiempos reales de ejecución para cada uno de los bloques, lo que resulta en distintos porcentajes de desviación.

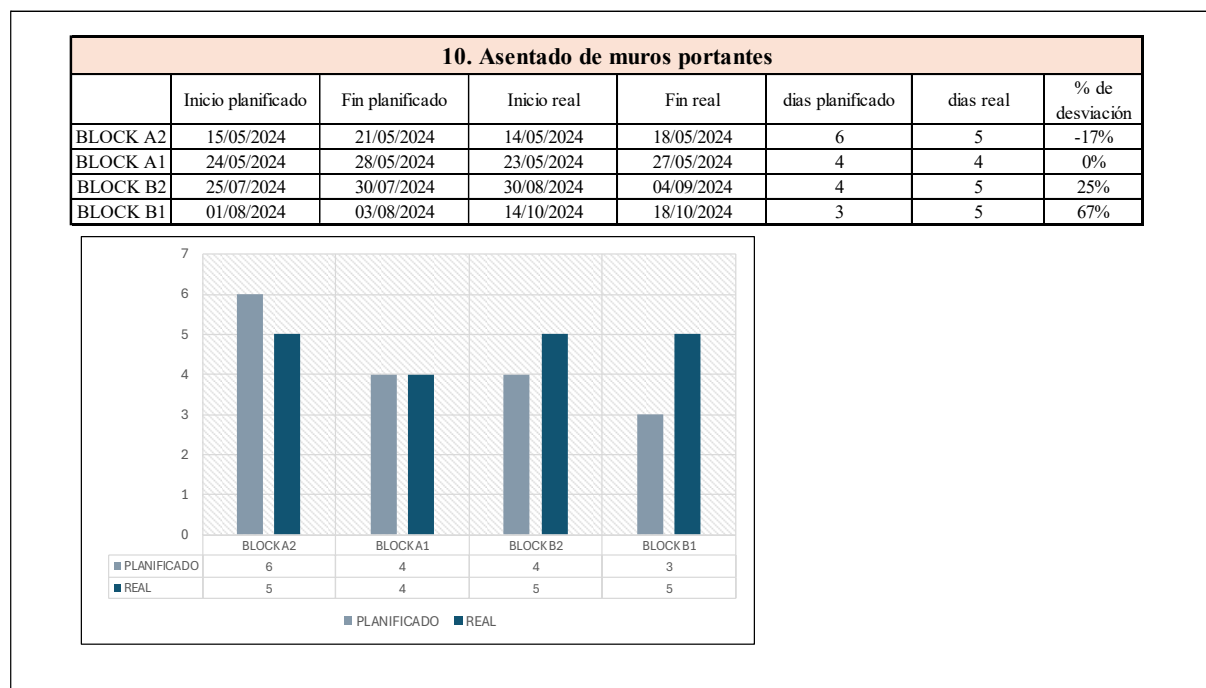
En el **Block A2**, la actividad estaba planificada para completarse en 6 días, pero se realizó en 5 días, lo que representa una reducción de tiempo del 17%. Esta desviación negativa indica que la ejecución fue más eficiente de lo planeado, reduciendo la duración prevista.

En el **Block A1**, tanto los días planificados como los días reales fueron 4, lo que resulta en una desviación del 0%. Esto sugiere que la ejecución fue perfectamente ajustada al cronograma, lo cual es ideal y muestra una buena planificación y control de la actividad.

Para el **Block B2**, resultó una en una desviación del 25% lo cual indica que la actividad tuvo problemas o retrasos, lo que puede deberse a factores imprevistos que afectaron el ritmo de trabajo.

En el **Block B1**, el porcentaje de desviación fue del 67%. Este elevado porcentaje de desviación sugiere una planificación inadecuada o la aparición de dificultades significativas durante la ejecución de la actividad, lo que provocó que el tiempo real excediera considerablemente el tiempo planificado.

Tabla 35. Resumen de días: Asentado de muros portantes



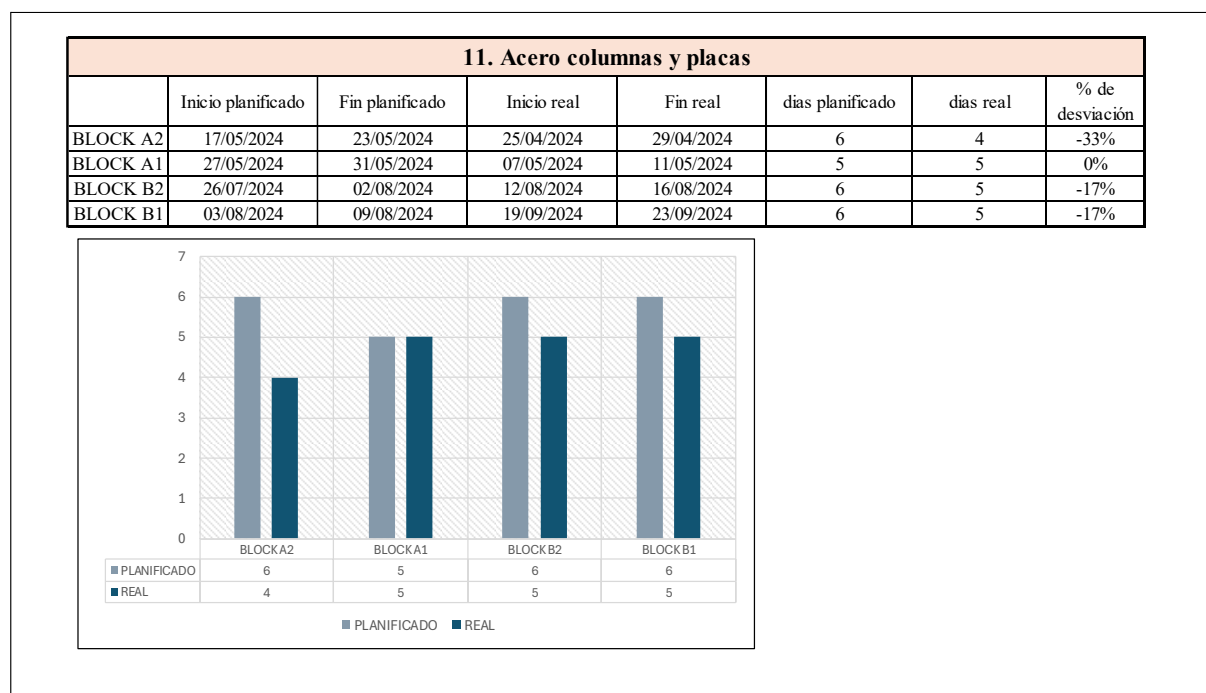
Durante la ejecución de la habilitación y colocación de acero de columnas y placas, en el **Block A2**, la actividad tenía una duración planificada de 6 días, pero se completó en 4 días, lo que representa una desviación del -33%. Esta reducción significativa en el tiempo de ejecución indica un desempeño eficiente, con un ahorro de 2 días frente a lo programado.

Por otro lado, **Block A1**, se planificaron 5 días para la ejecución y se completó exactamente en ese plazo, este resultado demuestra una perfecta adherencia al cronograma y una correcta planificación de la actividad.

Para el **Block B2**, el porcentaje de desviación fue de -17%. Este ahorro de tiempo sugiere una ejecución eficiente, aunque no tan marcada como en el caso del **Block A2**.

Por último, en el **Block B1**, la situación es similar a la de Block B2, con 6 días planificados y 5 días de ejecución, lo que también resulta en una desviación del -17%. Este patrón de ahorro en el tiempo de ejecución en ambos bloques indica un buen manejo de los recursos y de los procesos constructivos.

Tabla 36. Resumen de días: Acero de columnas y placas



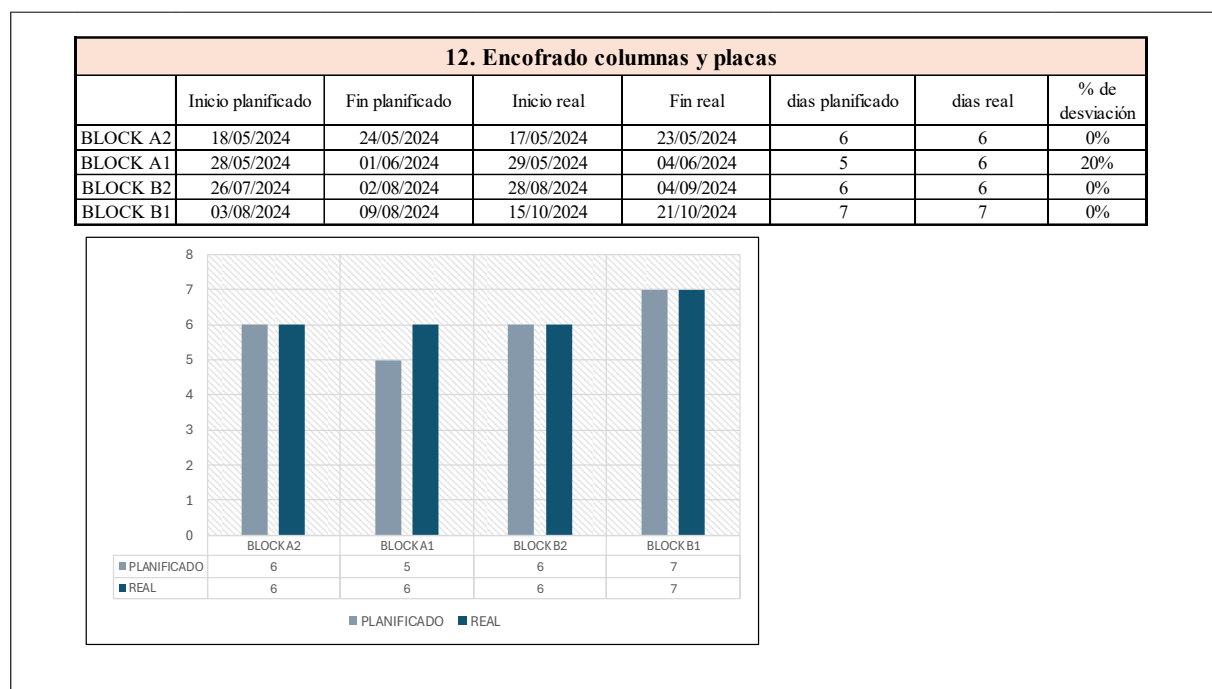
En la ejecución de la partida de encofrado de columnas y placas, el análisis muestra que la mayoría de los bloques se completaron dentro del tiempo estimado, a excepción del Block A1, que experimentó una leve desviación de 20%, lo cual representa un retraso menor en comparación con la planificación inicial.

Para el **Block A2** no presenta desviación, ya que la actividad se completó en el tiempo exacto de 6 días como se había planificado, con un 0% de desviación.

En el caso del **Block A1**: Se evidencia una desviación positiva del 20%, esto indica un pequeño retraso en la ejecución de la tarea.

Finalmente, tanto **Block B2** como en el B1 no hay desviación, ya que la actividad se completó en **6 días** según lo planificado, con un **0% de desviación**.

Tabla 37. Resumen de días: Encofrado de columnas y placas

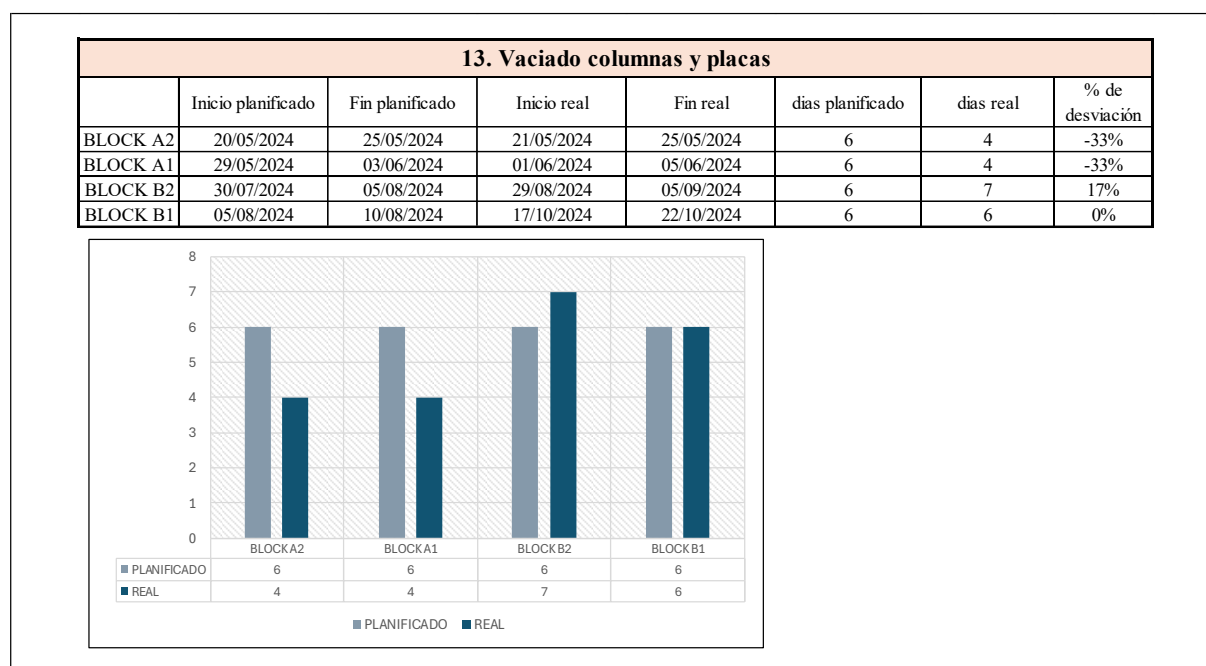


Para la partida de Vaciado de columnas y placas, la mayoría de los bloques (A2 y A1) muestran una notable eficiencia al reducir el tiempo de ejecución en un 33% en comparación con el plan, mientras que el **Block B2** experimentó un pequeño retraso del 17%. Por otro lado, el **Block B1** cumplió exactamente con el tiempo planificado.

Para el **Block A2** se presenta una desviación del -33%, ya que la actividad se completó en **4 días** en lugar de los **6 días** planificados, lo que indica un ahorro significativo de tiempo lo que significó lo mismo para el caso del **Block A1** donde la actividad se completó en **4 días** en vez de los **6 días** planificados, resultando también en una desviación del -33%, mostrando un desempeño eficiente en esta tarea.

Para el caso del **Block B2** se observó una desviación positiva del 17%, ya que la actividad tomó 7 días, superando los 6 días planificados. Esto sugiere un leve retraso en la ejecución. Sin embargo, para el **Block B1** se superó esta dificultad ya que no se presentó desviación en este caso.

Tabla 38. Resumen de días: Vaciado de columnas y placas

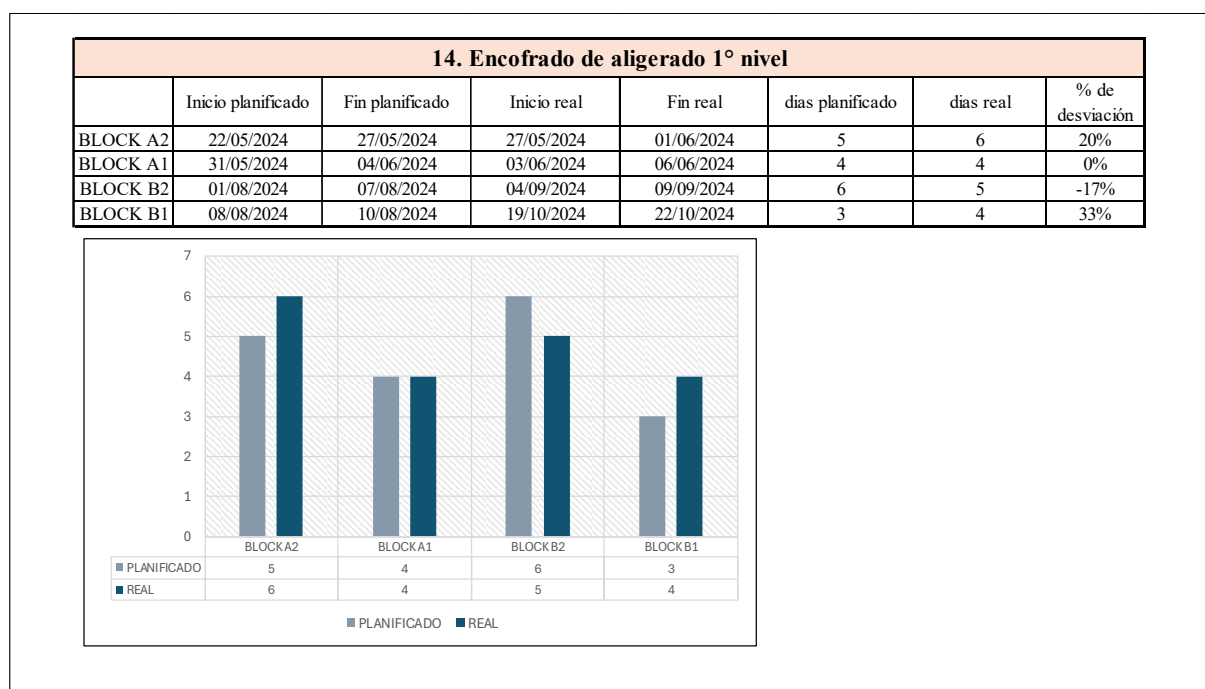


Para la actividad del encofrado del aligerado del primer nivel, se puede observar que mientras los bloques B2 y A1 lograron adherirse al plan o mejorarlo, los bloques A2 y B1 experimentaron pequeños retrasos, con aumentos en el tiempo de ejecución del 20% y 33%, respectivamente.

Para el **Block A2** se muestra una desviación positiva del 20%, ya que la actividad tardó 6 días en completarse, en comparación con los 5 días planificados. Esto indica un leve retraso en la ejecución. Sin embargo, en el **Block A1** se pudo superar el retraso al no presentar ninguna desviación, lo que muestra un cumplimiento exacto del cronograma.

En la segunda fase del proyecto, el **Block B2** presenta una mejora significativa con una desviación del -17%, ya que la actividad se completó en **5 días** en lugar de los **6 días** planificados, lo que refleja un ahorro de tiempo, pero al ejecutarse el **Block B1** se muestra una desviación positiva del 33%, debido a que la actividad tomó 4 días en lugar de los 3 días planificados, indicando un leve retraso.

Tabla 39. Resumen de días: Encofrado de aligerado 1° nivel

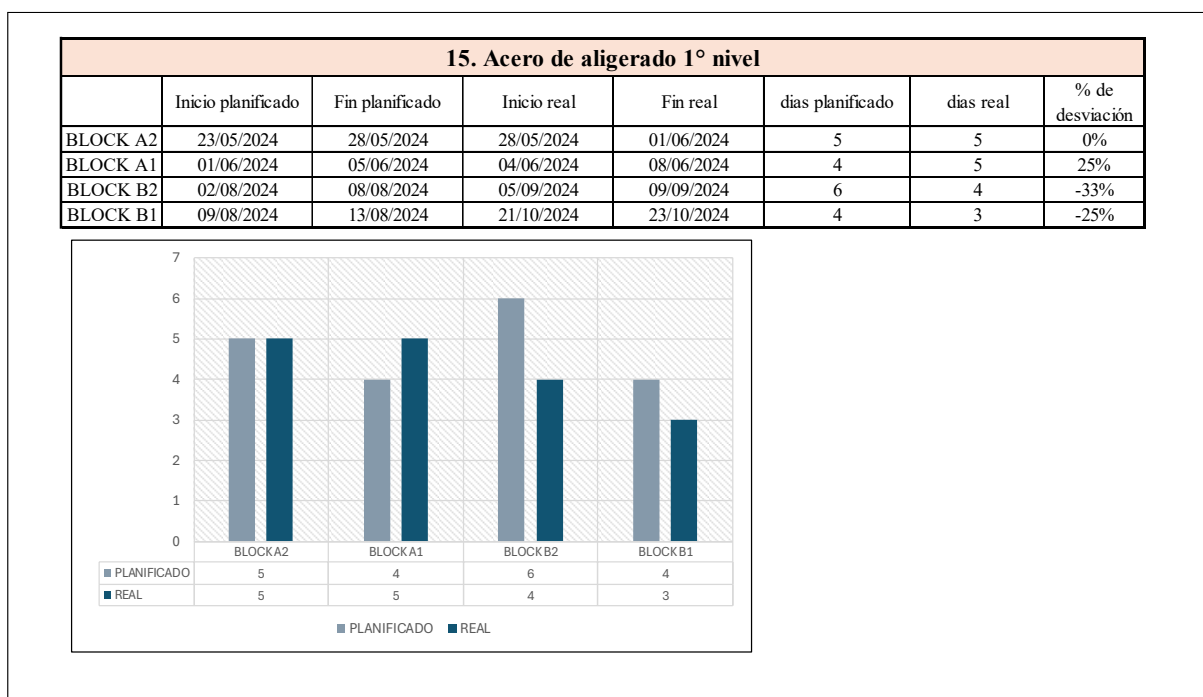


Para la habilitación y colocación del acero en el aligerado del primer nivel, los bloques A2 y A1 lograron cumplir con el cronograma previsto, mientras que los bloques B2 y B1 lograron incluso mejorar los tiempos, con reducciones del 33% y 25% respectivamente, lo que refleja una optimización en el manejo del tiempo y los recursos.

En la primera fase, el **Block A2** no presenta ninguna desviación, ya que la actividad fue completada en **5 días** indicando un cumplimiento adecuado del cronograma. Al igual que el bloque 2, el **Block A1** no muestra desviaciones.

Para la segunda parte del **Block B2** se observa una mejora significativa con una desviación del -33%, ya que la actividad se completó en 4 días en lugar de los 6 días planificados, lo que muestra una optimización en los tiempos de ejecución. Y, para el **Block B1**: Presenta una mejora con una desviación del -25%, dado que la actividad fue completada en 3 días en lugar de los 4 días planificados, lo cual también refleja una eficiencia en el proceso.

Tabla 40. Resumen de días: Acero aligerado 1° nivel

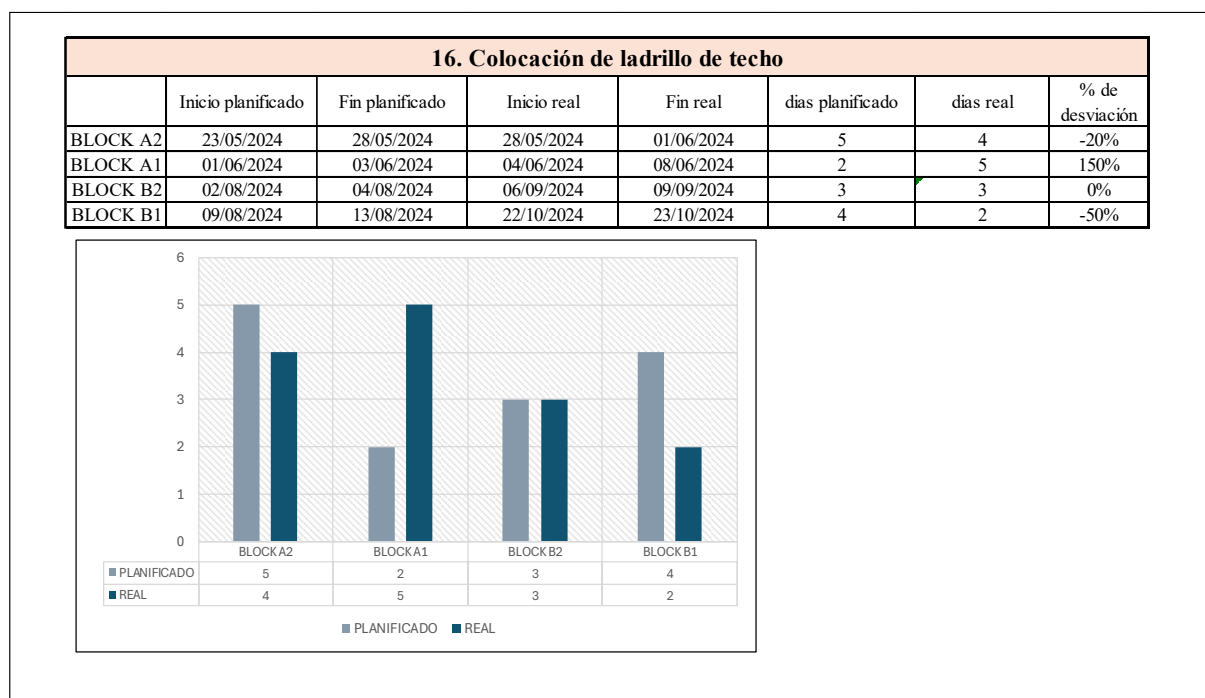


Para la colocación, los bloques A2 y B1 lograron mejorar sus tiempos planificados, mientras que el bloque A1 presentó una desviación considerable, lo que podría señalar la necesidad de investigar las causas de este retraso. El bloque B2 cumplió con el tiempo programado, mostrando una buena adherencia al cronograma.

Durante la ejecución del **Block A2** se completó en 4 días frente a los 5 días planificados, lo que representa una desviación del -20%, indicando una mejora en el tiempo de ejecución. Por otro lado, en el **Block A1** sí hubo un retraso significativo, con una ejecución de 3 días más de lo previsto.

Para el **Block B2** la actividad fue completada en 3 días, mientras que el plan indicaba 3 días, por lo tanto, no hubo desviación en este bloque, manteniéndose en un 0% y para el **Block B1** también se evidencian mejoras ya que la tarea fue completada en 2 días en lugar de los 4 días planificados, lo que representa una desviación del -50%.

Tabla 41. Resumen de días: Colocación de ladrillo de techo

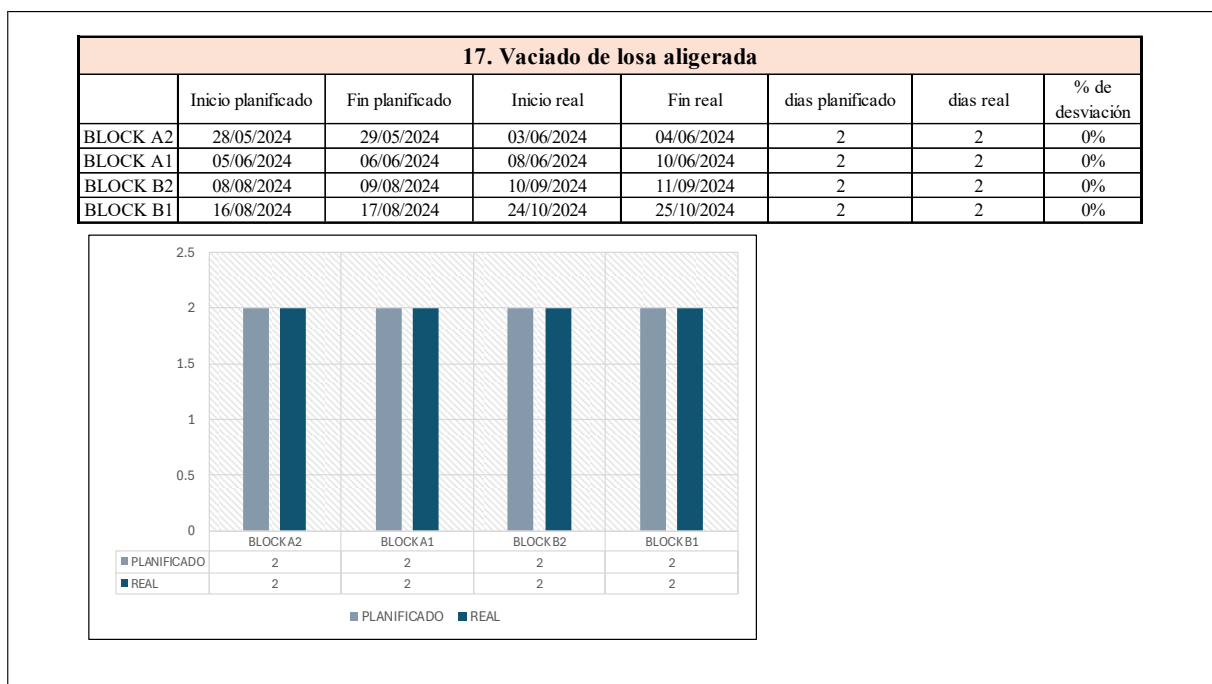


En resumen, el vaciado de losa aligerada no presenta ninguna desviación en los cuatro bloques analizados, lo que indica una adherencia total al cronograma establecido, lo que es positivo para el control de tiempos del proyecto y su finalización.

Para la ejecución del **Block A2**, esta actividad se realizó en los 2 días planificados, sin presentar desviación, con un 0% de diferencia entre lo planificado y lo real al igual que el **Block A1**.

Para el **Block B2**, se completó también en **2 días**, acorde a lo planificado, con una desviación de **0%**, mostrando adherencia al cronograma y, lo mismo para el **Block B1**.

Tabla 42. Resumen de días: Vaciado de losa aligerada



Plan Cumplido y Causas de no cumplimiento

En la presente investigación se analizó el porcentaje de plan cumplido en el proyecto Paseo Grau, tomando como base la comparación entre los días planificados y los días reales de ejecución de las actividades. El análisis busca determinar la eficiencia en el cumplimiento de las metas establecidas y las principales causas que han afectado dicho cumplimiento. Los resultados obtenidos muestran un panorama detallado del rendimiento del proyecto, identificando tanto los factores que permitieron optimizar los tiempos, como aquellos que generaron desviaciones, permitiendo así establecer estrategias de mejora para futuros proyectos aplicando la filosofía *Lean Construction*.

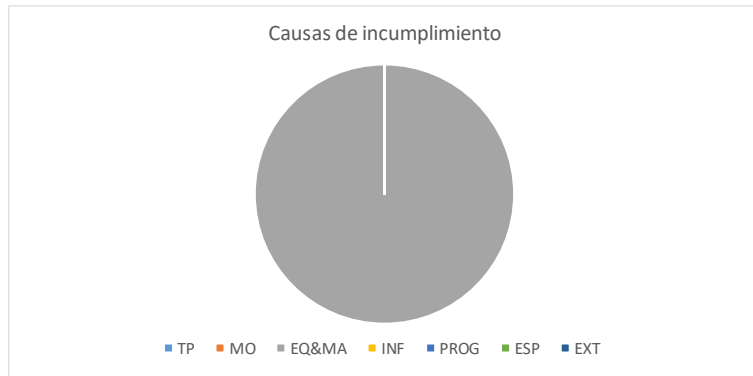
El porcentaje de plan cumplido es una herramienta del *Last Planner* donde se trabaja semana a semana para tener en consideración aquellos problemas incidentes en nuestra ejecución de obra. En total se desarrollaron durante las 21 semanas de duración de la ejecución para ambos bloques.

Dentro de los resultados más relevantes que se obtuvieron de la investigación acerca del porcentaje no cumplido y las causas de no cumplimiento, resaltan las semanas 1, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 18, 19 y 20. Así se presenta los resultados obtenidos de esas semanas y el de las otras no mencionadas se adjunta en los anexos para más detalles.

En los resultados del PPC de la primera semana, se incumplió una meta del plan en la actividad de acero de platea de cimentación en un 71%. La causa que llevó a ese retraso fue de tipo Equipos y Materiales con el acero donde se ajustó la cuadrilla de habilitación del acero. El porcentaje de cumplimiento de esa semana fue de 83%.

Tabla 43. Porcentaje de Cumplimiento Semana 01

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 1: BLOCK A																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 01							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				21/04	22/04	23/04	24/04	25/04	26/04	27/04						
BLOCK A2																
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'c = 210 KG/CM2	6367.46	kg	5093.97				x	x	x	x	3638.55	71%	NO	EQ&MA	Retraso en la colocación de acero para platea	Ajuste de cuadrilla
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	2358.26	kg	1414.96					x	x	x	1414.96	100%	SI			
ACERO SOBRECIMENTOS	1997.57	kg	1198.54					x	x	x	1198.54	100%	SI			
ACERO COLUMNAS	3358.2	kg	2014.92					x	x	x	2014.92	100%	SI			
ACERO MURO DE CORTE	2777.25	kg	1666.35					x	x	x	1666.35	100%	SI			
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'c = 210 KG/CM2	42.63	m ²	21.32							x	21.32	100%	SI			



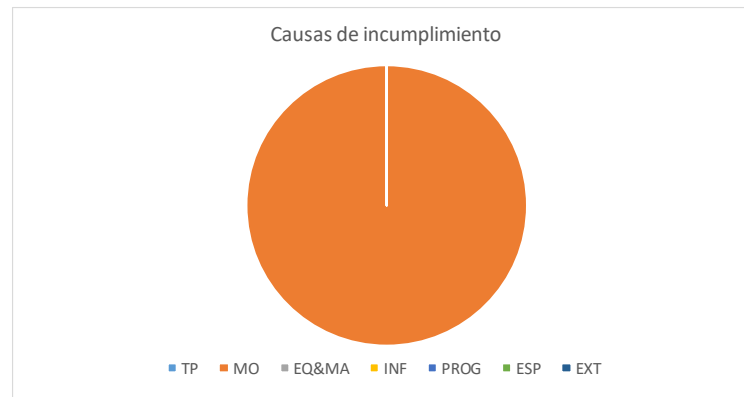
CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	5
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	1
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	6
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	83.33%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	1
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

Durante la semana 5, se incumplió una meta del plan en la actividad de falso piso en un 75%. La causa que llevó a ese retraso fue de tipo Mano de obra donde se observaron demoras en la ejecución de los trabajos. Para esa semana, el porcentaje de cumplimiento fue de un 90%

Tabla 44. Porcentaje de Cumplimiento Semana 05

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO															
ETAPA 1: BLOCK A															
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 05						Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V				S	TIPO	Observaciones
				19/05	20/05	21/05	22/05	23/05	24/05	25/05					
BLOCK A2															
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	395.05	m ²	263.37		x	x	x	x			263.37	100%	SI		
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	401.06	m ²	267.37		x	x	x	x			267.37	100%	SI		
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	20.87	m ³	26.09			x	x	x	x	x	26.09	100%	SI		
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	29.71	m ³	37.14			x	x	x	x	x	37.14	100%	SI		
BLOCK A1															
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	3.59	m ³	0.90		x						0.90	100%	SI		
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	4.35	m ³	1.09		x						1.09	100%	SI		
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	20.43	m ³	5.11		x						5.11	100%	SI		
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	185.91	m ³	185.91		x	x	x	x			185.91	100%	SI		
FALSO PISO	169.01	m²	126.76			x	x	x	x		126.76	75%	NO	MO	Demoras en la ejecución de trabajos
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	150.32	m ²	112.74					x	x	x	112.74	100%	SI		



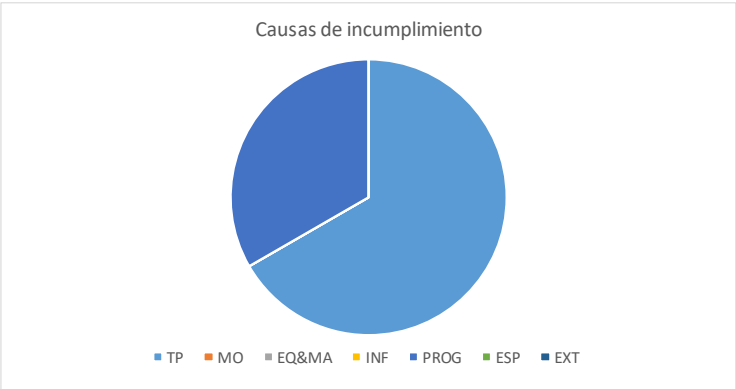
CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	9
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	1
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	10
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	90.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	1
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

En la semana 6, se incumplió el 83% de una meta planificada en las actividades de encofrado de aligerado en el block A2 y encofrado de columnas y muros de corte en el block B1. Las causas del retraso fueron atribuibles a problemas en la programación y trabajos previos, donde se evidenciaron demoras en la ejecución. El porcentaje de cumplimiento alcanzado esa semana fue del 55%.

Tabla 45. Porcentaje de Cumplimiento Semana 06

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 1: BLOCK A																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 06							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				26/05	27/05	28/05	29/05	30/05	31/05	1/06						
BLOCK A2																
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	313.95	m ²	261.63		x	x	x	x	x	x	261.63	83%	NO	PROG		
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2615.00	und	2615.00			x	x	x	x	x	2615.00	100%	SI	PROG		
BLOCK A1																
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	150.32	m ²	37.58		x						37.58	100%	SI			
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	160.74	m ²	133.95			x	x	x	x	x	133.95	83%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	46.80	m ²	39.00			x	x	x	x	x	39.00	83%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	8.59	m ³	2.15							x	2.15	100%	SI			
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	4.01	m ³	1.00							x	1.00	100%	SI			
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	262.79	m ²	218.99			x	x	x	x	x	218.99	83%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	80.06	m ²	66.72			x	x	x	x	x	66.72	83%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	19.71	m ³	4.93							x	4.93	100%	SI			
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	7.04	m ³	1.76							x	1.76	100%	SI			



CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	6
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	5
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	11
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	54.55%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	4
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	2
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

Durante la semana 7, se registró un incumplimiento del 67% en la meta planificada para las actividades de encofrado de columnas y muros de corte y de 80% en el aligerado del block B1. Las demoras se debieron a problemas de programación y trabajos previos, lo que afectó la ejecución. El cumplimiento total de la semana fue del 54%.

Tabla 46. Porcentaje de Cumplimiento Semana 07

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA I: BLOCK A																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	Semana 07							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D 2/06	L 3/06	M 4/06	X 5/06	J 6/06	V 7/06	S 8/06				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva	
BLOCK A2																	
CONCRETO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	26.45	m³	26.45		x	x						26.45	100%	SI			
BLOCK A1																	
ENCOFRADO COLUMNAS FC= 175 KG/CM2	160.74	m²	53.58		x	x						53.58	67%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	Alternar pares de cuadrillas para B2
ENCOFRADO COLUMNAS FC= 210 KG/CM2	46.80	m²	15.60		x	x						15.60	67%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	Alternar pares de cuadrillas para B2
CONCRETO COLUMNAS FC= 175 KG/CM2	8.59	m³	6.44		x	x	x					6.44	100%	SI			
CONCRETO COLUMNAS FC= 210 KG/CM2	4.01	m³	3.01		x	x	x					3.01	100%	SI			
ENCOFRADO MURO DE CORTE FC= 175 KG/CM2	262.79	m²	87.60		x	x						87.60	67%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	Alternar pares de cuadrillas para B2
ENCOFRADO MURO DE CORTE FC= 210 KG/CM2	80.06	m²	26.69		x	x						26.69	67%	NO	TP	Cuadrilla trabajando en el aligerado A2	Alternar pares de cuadrillas para B2
CONCRETO MURO DE CORTE FC= 175 KG/CM2	19.71	m³	14.78		x	x	x					14.78	100%	SI			
CONCRETO MURO DE CORTE FC= 210 KG/CM2	7.04	m³	5.28		x	x	x					5.28	100%	SI			
ACERO ALIGERADO	646.92	kg	517.54			x	x	x	x	x	x	517.54	80%	NO	PROG	Desfase de actividades	Se corre un día, adelanto de trabajo posterior
ENCOFRADO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	194.51	m²	194.51		x	x	x	x				194.51	100%	SI			
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	1620.00	und	1296.00			x	x	x	x	x	x	1296.00	80%	NO	PROG	Desfase de actividades	Se corre un día, adelanto de trabajo posterior
CONCRETO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	16.39	m³	8.20								x	8.20	100%	SI			

Causas de incumplimiento

COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	4
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	2
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

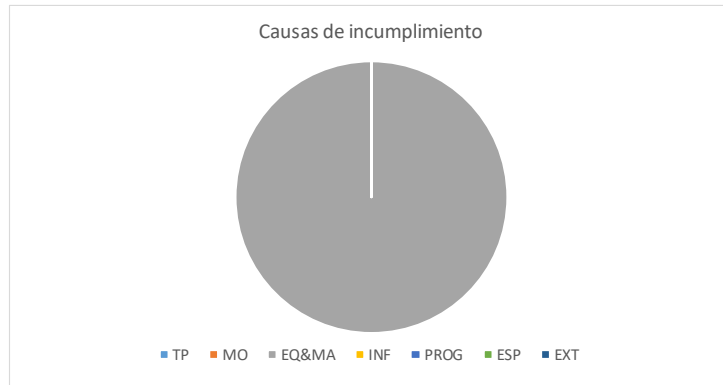
CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	7
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	6
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	13
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	53.85%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	4
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	2
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

En la semana 9, se dejó de cumplir el 63% de las metas previstas para las excavaciones de platea en el block B2. Las demoras fueron causadas por problemas equipo de retroexcavadora, resultando en un incumplimiento total de la meta planteada para la semana.

Tabla 47. Porcentaje de Cumplimiento Semana 09

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 2: BLOCK B																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 09							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D	L	M	X	J	V	S				SI/NO	TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				21/07	22/07	23/07	24/07	25/07	26/07	27/07							
BLOCK B2																	
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	856.15	m³	535.09		x	x	x	x	x	x	x	535.09	63%	NO	EQ&MA	Daño de retroexcavadora	Reparar y continuar con actividades de otros módulos



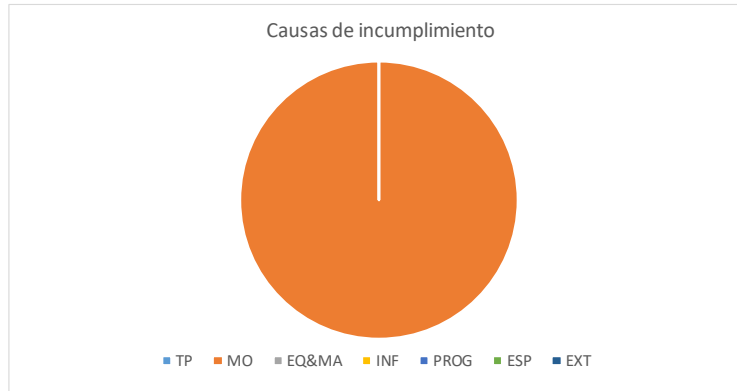
CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	0
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	1
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	1
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	0.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	1
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

Se cumplió un 80% de los objetivos planificados en la semana 12 para las actividades del vaciado de vigas de cimentación y sobrecimientos en el block A2. Esto se debió a retrasos en los trabajos de mano de obra, logrando un cumplimiento del 57% esa semana.

Tabla 48. Porcentaje de Cumplimiento Semana 12

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 2: BLOCK B																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 12							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D	L	M	X	J	V	S				SI/NO	TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				18/08	19/08	20/08	21/08	22/08	23/08	24/08							
BLOCK B2																	
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	37.00	m²	12.33		x						12.33	100%	SI				
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	94.76	m²	31.59		x						31.59	100%	SI				
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	2.78	m³	2.22			x	x	x	x	x	2.22	80%	NO	MO	El rendimiento de los trabajadores es menor al estimado	Tiempo extra para llegar a la meta	
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	12.25	m³	9.80			x	x	x	x	x	9.80	80%	NO	MO	El rendimiento de los trabajadores es menor al estimado	Tiempo extra para llegar a la meta	
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	234.02	m²	58.51		x						58.51	100%	SI				
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	17.55	m³	14.04			x	x	x	x	x	14.04	80%	NO	MO	El rendimiento de los trabajadores es menor al estimado	Tiempo extra para llegar a la meta	
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	126.85	m³	36.24						x	x	36.24	100%	SI				

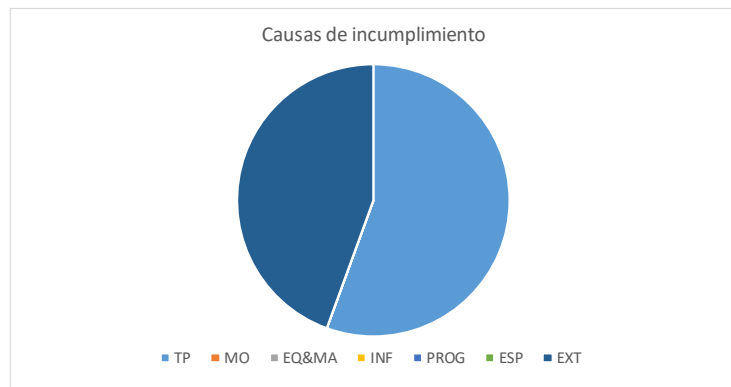


CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	4
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	3
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	7
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	57.14%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	3
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

En la décimo tercera semana, las actividades de relleno y compactado, encofrado de columnas y muros de corte, y vaciado de estos mismos elementos para el block A2 tuvieron un cumplimiento del 71%, 75% y 67% respectivamente debido a problemas en la programación y externos. El cumplimiento total alcanzó un 19%

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 2: BLOCK B																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 13							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				25/08	26/08	27/08	28/08	29/08	30/08	31/08						
BLOCK B2																
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	126.85	m³	90.61		x	x	x	x	x		90.61	71%	NO	TP		
FALSO PISO	115.32	m²	86.49					x	x	x	86.49	100%	SI			
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	120.52	m²	60.26						x	x	60.26	100%	SI			
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	132.57	m²	99.43				x	x	x	x	99.43	75%	NO	EXT	Inspección de SUNAFIL	Se corre la programación
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	77.75	m²	58.31				x	x	x	x	58.31	75%	NO	EXT	Inspección de SUNAFIL	Se corre la programación
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	6.34	m³	4.23					x	x	x	4.23	67%	NO	TP	Demoras en el término de encofrado	Tiempo extra para llegar a la meta
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	7.58	m³	5.05					x	x	x	5.05	67%	NO	TP	Demoras en el término de encofrado	Tiempo extra para llegar a la meta
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	77.39	m²	58.04				x	x	x	x	58.04	75%	NO	EXT	Inspección de SUNAFIL	Se corre la programación
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	335.65	m²	251.74				x	x	x	x	251.74	75%	NO	EXT	Inspección de SUNAFIL	Se corre la programación
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	5.57	m³	3.71					x	x	x	3.71	67%	NO	TP	Demoras en el término de encofrado	Tiempo extra para llegar a la meta
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	39.08	m³	26.05					x	x	x	26.05	67%	NO	TP	Demoras en el término de encofrado	Tiempo extra para llegar a la meta



CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	2
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	9
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	11
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	18.18%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	5
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	4

En resumen, de las 21 semanas analizadas, el proyecto alcanzó un promedio de cumplimiento del 78%. Estos resultados reflejan el porcentaje de plan cumplido en función de las metas establecidas semanalmente. Asimismo, se identificaron diversas causas que contribuyeron al incumplimiento de ciertos objetivos, las cuales se detallan más adelante en el informe.

Para una mejor comprensión de los resultados, se presenta el histórico de semanalmente analizado, acompañado de un gráfico de barras que muestra visualmente la evolución del cumplimiento de las metas en el proyecto. Este gráfico permite observar las tendencias generales, identificar los picos de rendimiento y los momentos en los que se registraron las principales desviaciones respecto a lo planificado.

Además, se obtuvo el promedio de porcentaje cumplido para esta investigación del 78% donde la mayor causa de incumplimiento se reflejan en el Trabajo Previo de para empezar alguna actividad.

En el gráfico de barras se observa el desarrollo del porcentaje de plan cumplido durante las 21 semanas de investigación de la ejecución del proyecto de construcción. Al principio, costó llegar a la meta de cumplimiento presentando algunos problemas de logística al empezar las semanas de trabajo. Sin embargo, el ritmo fue acelerándose y el cumplimiento se iba logrando en la mayoría de las semanas. A mitad del proyecto y mientras se daba dando paso a iniciar la segunda etapa de este, el porcentaje fue cayendo ya que todo el proyecto se iba adaptando al nuevo espacio disponible, sin embargo, se pudo concluir la primera etapa del proyecto con el 100% de cumplimiento.

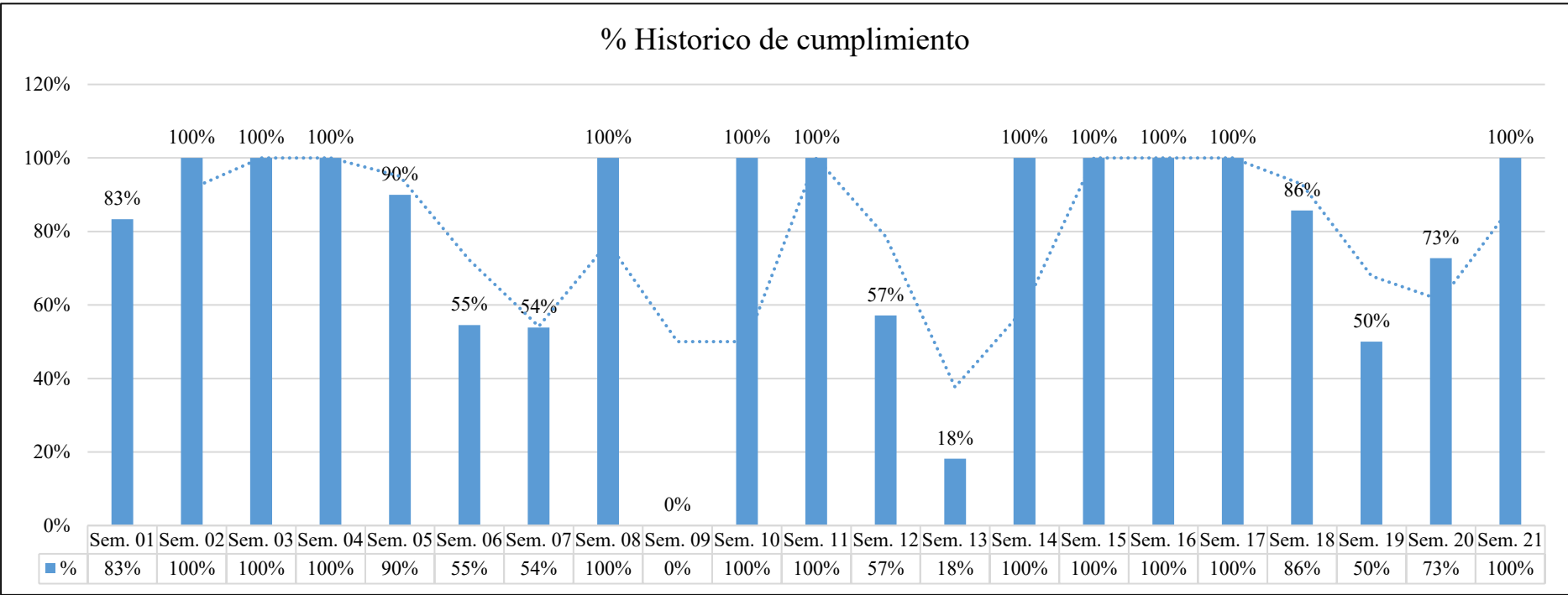
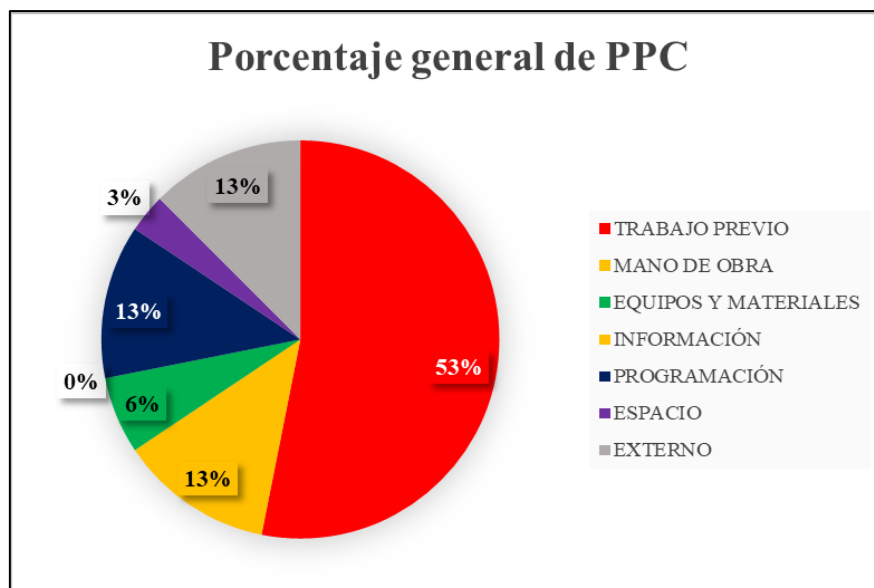


Ilustración 22. Porcentaje Histórico de Cumplimiento

Así, junto al resumen del porcentaje de cumplimiento, se presenta las causas no cumplimiento que gobernaron en la investigación. Como principal están los trabajos previos con un 53%, es decir 17 casos de 34 del total. Y, como mínima, está la causa de espacio y, equipos y materiales.

Tabla 49. Causas de incumplimiento histórico

COD	DESCRIPCION	CANTIDAD
TP	TRABAJO PREVIO	17
MO	MANO DE OBRA	4
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	2
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	4
ESP	ESPACIO	1
EXT	EXTERNO	4
	TOTAL	32



Análisis económico

Para definir un análisis económico y comparar el monto ahorrado, se debe en primer lugar estimar el costo inicial presupuestado para las actividades propuestas. Para este análisis se consideran el costo unitario de las partidas, donde en cada una de ellas intrínsecamente están detallados toda la mano de obra, materiales y equipos a usar para la puesta en marcha de la partida.

A continuación, se presenta un listado de los precios unitarios de las partidas que han sido objeto de estudio, considerando a todas las partidas de encofrado y acero como subcontratos.

Tabla 50. Costo unitario de las partidas de estudio

Actividad	uni dad	Costo unitario
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	m ³	S/. 7.53
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m ³	S/. 400.82
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	m ²	S/. 32.05
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m ³	S/. 408.08
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m ³	S/. 427.64
ACERO SOBRECIMIENTOS	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
CONCRETO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m ³	S/. 408.08
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	m ³	S/. 48.81
FALSO PISO	m ²	S/. 39.64
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	m ²	S/. 95.81
ACERO COLUMNAS	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m ³	S/. 393.73
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m ³	S/. 468.23
ACERO MURO DE CORTE	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m ³	S/. 469.62
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m ³	S/. 468.23
ACERO ALIGERADO	kg	S/. 5.51
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m ²	S/. 32.05
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m ³	S/. 411.53
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	und	S/. 3.60

El primer análisis será una comparación general entre el costo presupuestado para los días planificados y el costo real según los días ejecutados, destacando el ahorro o sobrecosto resultante. Si el porcentaje de ahorro/sobrecosto es positivo, indica un ahorro; si es negativo, señala un sobrecosto. Para calcular el costo real, se emplea una operación básica que relaciona los días reales, el costo y los días planificados.

Para el caso del bloque A2, la actividad con mayor ahorro se obtuvo en el encofrado de platea, concreto de vigas de cimentación y concreto de sobrecimientos con un 50% de ahorro para todos los casos. Mientras que, la actividad que causó un sobrecosto del 20% fue la de encofrado de aligerado con alrededor de S/. 1500 de sobrecosto.

Tabla 51. Comparativo de Ahorro/Sobrecosto por Actividad Block A2

Actividad	unidad	Costo unitario	Metrado	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $\frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Ahorro/Sobrecosto $\frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificados	días reales ejecutados		
BLOCK A2								
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	m³	S/. 7.53	938.39	S/. 7066.04	6	5	S/. 5888.37	17%
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	kg	S/. 5.51	6367.46	S/. 35084.70	6	5	S/. 29237.25	17%
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	42.63	S/. 1366.29	4	2	S/. 683.15	50%
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 400.82	156.40	S/. 62688.25	3	3	S/. 62688.25	0%
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	S/. 5.51	2358.26	S/. 12994.01	6	4	S/. 8662.68	33%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	113.66	S/. 3642.80	7	5	S/. 2602.00	29%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	m²	S/. 32.05	-	S/. 0.00	7	5	S/. 0.00	
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	8.52	S/. 3476.84	8	4	S/. 1738.42	50%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 427.64	-	S/. 0.00	8	4	S/. 0.00	
ACERO SOBRECIMENTOS	kg	S/. 5.51	1997.57	S/. 11006.61	6	4	S/. 7337.74	33%
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	517.00	S/. 16569.85	7	5	S/. 11835.61	29%
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	38.77	S/. 15821.26	8	4	S/. 7910.63	50%
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	m³	S/. 48.81	385.02	S/. 18792.83	8	5	S/. 11745.52	38%
FALSO PISO	m²	S/. 39.64	350.02	S/. 13874.79	5	5	S/. 13874.79	0%
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	m²	S/. 95.81	353.91	S/. 33908.12	6	5	S/. 28256.76	17%
ACERO COLUMNAS	kg	S/. 5.51	3358.20	S/. 18503.68	6	4	S/. 12335.79	33%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	395.05	S/. 12661.35	6	6	S/. 12661.35	0%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	-	S/. 0.00	6	6	S/. 0.00	
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 393.73	20.87	S/. 8217.15	6	4	S/. 5478.10	33%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	-	S/. 0.00	6	4	S/. 0.00	
ACERO MURO DE CORTE	kg	S/. 5.51	2777.25	S/. 15302.65	6	4	S/. 10201.77	33%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	401.06	S/. 12853.97	6	6	S/. 12853.97	0%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	-	S/. 0.00	6	6	S/. 0.00	
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 469.62	29.71	S/. 13952.41	6	4	S/. 9301.61	33%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	-	S/. 0.00	6	4	S/. 0.00	
ACERO ALIGERADO	kg	S/. 5.51	1029.01	S/. 5669.85	5	5	S/. 5669.85	0%
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	313.95	S/. 10062.10	5	6	S/. 12074.52	-20%
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 411.53	26.45	S/. 10884.97	2	2	S/. 10884.97	0%
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	und	S/. 3.60	2615.00	S/. 9414.00	5	4	S/. 7531.20	20%

En la ejecución del Block A1, las actividades con mayor ahorro se registraron el concreto de muros de corte con un ahorro del 33%, la mayoría de las actividades mantuvieron el costo al no hallar variaciones en su programación, mientras que, la actividad con más pérdida se encontró en la parte del aligerado causando más del 25% de sobre costo.

Tabla 52. Comparativo de Ahorro/Sobre costo por Actividad Block A1

Actividad	unidad	Costo unitario	Metrado	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Ahorro/Sobre costo $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificados	días reales ejecutados		
BLOCK A1								
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	m³	S/. 7.53	634.12	S/. 4774.89	5	4	S/. 3819.91	20%
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	kg	S/. 5.51	4311.10	S/. 23754.16	6	5	S/. 19795.13	17%
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	27.74	S/. 889.07	1	1	S/. 889.07	0%
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 400.82	105.69	S/. 42362.67	2	2	S/. 42362.67	0%
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	S/. 5.51	1915.54	S/. 10554.63	5	4	S/. 8443.70	20%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	47.93	S/. 1536.16	4	4	S/. 1536.16	0%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	m²	S/. 32.05	34.77	S/. 1114.38	4	4	S/. 1114.38	0%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	3.59	S/. 1465.01	4	4	S/. 1465.01	0%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 427.64	4.35	S/. 1860.23	4	4	S/. 1860.23	0%
ACERO SOBRECIMIENTOS	kg	S/. 5.51	938.22	S/. 5169.59	5	4	S/. 4135.67	20%
ENCOFRADO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	272.44	S/. 8731.70	4	4	S/. 8731.70	0%
CONCRETO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	20.43	S/. 8337.07	4	4	S/. 8337.07	0%
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	m³	S/. 48.81	185.91	S/. 9074.27	5	4	S/. 7259.41	20%
FALSO PISO	m²	S/. 39.64	169.01	S/. 6699.56	3	4	S/. 8932.74	-33%
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	m²	S/. 95.81	150.32	S/. 14402.16	4	4	S/. 14402.16	0%
ACERO COLUMNAS	kg	S/. 5.51	2285.22	S/. 12591.56	5	5	S/. 12591.56	0%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	160.74	S/. 5151.72	5	6	S/. 6182.06	-20%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	46.80	S/. 1499.94	5	6	S/. 1799.93	-20%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 393.73	8.59	S/. 3382.14	6	4	S/. 2254.76	33%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	4.01	S/. 1877.60	6	4	S/. 1251.73	33%
ACERO MURO DE CORTE	kg	S/. 5.51	2582.70	S/. 14230.68	5	5	S/. 14230.68	0%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	262.79	S/. 8422.42	5	6	S/. 10106.90	-20%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	80.06	S/. 2565.92	5	6	S/. 3079.11	-20%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 469.62	19.71	S/. 9256.21	6	4	S/. 6170.81	33%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	7.04	S/. 3296.34	6	4	S/. 2197.56	33%
ACERO ALIGERADO	kg	S/. 5.51	646.92	S/. 3564.53	4	5	S/. 4455.66	-25%
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	194.51	S/. 6234.05	4	4	S/. 6234.05	0%
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 411.53	16.39	S/. 6744.98	2	2	S/. 6744.98	0%
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	und	S/. 3.60	1620.00	S/. 5832.00	2	5	S/. 14580.00	-150%

Durante la ejecución del block B2, el mayor sobre costo que se obtuvo se registró en la actividad de excavaciones con más del 60% donde las causas de pérdida se analizan en el acápite de causas de incumplimiento. Sin embargo, dentro de los cuantiosos ahorros, se obtuvieron que el mayor porcentaje se obtuvo en las actividades de encofrado de vigas de cimentación tomando menos tiempo de lo estimado.

Tabla 53. Comparativo de Ahorro/Sobre costo por Actividad Block B2

Actividad	uni dad	Costo unitario	Metrado	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Ahorro/Sobre costo $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificado	días reales ejecutados		
BLOCK B2								
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	m³	S/. 7.53	856.15	S/. 6446.80	5	8	S/. 10314.88	-60%
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	kg	S/. 5.51	5918.38	S/. 32610.27	5	5	S/. 32610.27	0%
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	49.38	S/. 1582.63	3	2	S/. 1055.09	33%
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 400.82	159.06	S/. 63754.43	3	2	S/. 42502.95	33%
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	S/. 5.51	3197.15	S/. 17616.30	6	5	S/. 14680.25	17%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	37.00	S/. 1185.85	6	3	S/. 592.93	50%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	m²	S/. 32.05	94.76	S/. 3037.06	6	3	S/. 1518.53	50%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	2.78	S/. 1134.46	4	5	S/. 1418.08	-25%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 427.64	12.25	S/. 5238.59	4	5	S/. 6548.24	-25%
ACERO SOBRECIMENTOS	kg	S/. 5.51	830.58	S/. 4576.50	6	5	S/. 3813.75	17%
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	234.02	S/. 7500.34	6	3	S/. 3750.17	50%
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	17.55	S/. 7161.80	4	5	S/. 8952.26	-25%
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	m³	S/. 48.81	126.85	S/. 6191.55	5	7	S/. 8668.17	-40%
FALSO PISO	m²	S/. 39.64	115.32	S/. 4571.28	4	4	S/. 4571.28	0%
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	m²	S/. 95.81	120.52	S/. 11547.02	4	5	S/. 14433.78	-25%
ACERO COLUMNAS	kg	S/. 5.51	2875.97	S/. 15846.59	6	5	S/. 13205.50	17%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	132.57	S/. 4248.87	6	6	S/. 4248.87	0%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	77.75	S/. 2491.89	6	6	S/. 2491.89	0%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 393.73	6.34	S/. 2496.25	6	7	S/. 2912.29	-17%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	7.58	S/. 3549.18	6	7	S/. 4140.71	-17%
ACERO MURO DE CORTE	kg	S/. 5.51	4510.31	S/. 24851.81	6	5	S/. 20709.84	17%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	77.39	S/. 2480.35	6	6	S/. 2480.35	0%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	335.65	S/. 10757.58	6	6	S/. 10757.58	0%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 469.62	5.57	S/. 2615.78	6	7	S/. 3051.75	-17%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	39.08	S/. 18298.43	6	7	S/. 21348.17	-17%
ACERO ALIGERADO	kg	S/. 5.51	927.77	S/. 5112.01	6	4	S/. 3408.01	33%
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	270.33	S/. 8664.08	6	5	S/. 7220.06	17%
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 411.53	22.77	S/. 9370.54	2	2	S/. 9370.54	0%
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	und	S/. 3.60	2252.00	S/. 8107.20	3	3	S/. 8107.20	0%

Para esta última etapa de la investigación y la ejecución del último bloque, aplicando la filosofía *Lean Construction*, se registraron la mínima pérdida en la actividad de asentado de muros portantes en un 67% mientras que los ahorros se obtuvieron durante la colocación de ladrillo de techo en el ahorro de días.

Tabla 54. Comparativo de Ahorro/Sobrecosto por Actividad Block B1

Actividad	unidad	Costo unitario	Metrado	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Ahorro/Sobrecosto $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificado	días reales ejecutados		
BLOCK B1								
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	m³	S/. 7.53	867.55	S/. 6532.67	6	6	S/. 6532.67	0%
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	kg	S/. 5.51	5832.96	S/. 32139.61	4	4	S/. 32139.61	0%
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	39.57	S/. 1268.22	3	2	S/. 845.48	33%
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 400.82	155.50	S/. 62327.51	3	3	S/. 62327.51	0%
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	S/. 5.51	3070.23	S/. 16916.97	4	4	S/. 16916.97	0%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	38.56	S/. 1235.85	6	5	S/. 1029.87	17%
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	m²	S/. 32.05	93.97	S/. 3011.74	6	5	S/. 2509.78	17%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	2.89	S/. 1179.35	6	5	S/. 982.79	17%
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	m³	S/. 427.64	11.75	S/. 5024.77	6	5	S/. 4187.31	17%
ACERO SOBRECIMIENTOS	kg	S/. 5.51	819.49	S/. 4515.39	4	4	S/. 4515.39	0%
ENCOFRADO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	246.58	S/. 7902.89	6	5	S/. 6585.74	17%
CONCRETO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 408.08	18.50	S/. 7549.48	6	5	S/. 6291.23	17%
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	m³	S/. 48.81	162.45	S/. 7929.18	6	7	S/. 9250.72	-17%
FALSO PISO	m²	S/. 39.64	147.68	S/. 5854.04	4	3	S/. 4390.53	25%
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	m²	S/. 95.81	125.67	S/. 12040.44	3	5	S/. 20067.40	-67%
ACERO COLUMNAS	kg	S/. 5.51	3289.43	S/. 18124.76	6	5	S/. 15103.97	17%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	87.47	S/. 2803.41	7	7	S/. 2803.41	0%
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	111.24	S/. 3565.24	7	7	S/. 3565.24	0%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 393.73	4.04	S/. 1590.67	6	6	S/. 1590.67	0%
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	10.60	S/. 4963.24	6	6	S/. 4963.24	0%
ACERO MURO DE CORTE	kg	S/. 5.51	4508.90	S/. 24844.04	6	5	S/. 20703.37	17%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	118.26	S/. 3790.23	7	7	S/. 3790.23	0%
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m²	S/. 32.05	231.75	S/. 7427.59	7	7	S/. 7427.59	0%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	m³	S/. 469.62	8.27	S/. 3883.76	6	6	S/. 3883.76	0%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	m³	S/. 468.23	28.92	S/. 13541.21	6	6	S/. 13541.21	0%
ACERO ALIGERADO	kg	S/. 5.51	903.75	S/. 4979.66	4	3	S/. 3734.75	25%
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m²	S/. 32.05	264.35	S/. 8472.42	3	4	S/. 11296.56	-33%
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	m³	S/. 411.53	22.27	S/. 9164.77	2	2	S/. 9164.77	0%
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	und	S/. 3.60	2202.00	S/. 7927.20	4	2	S/. 3963.60	50%

El segundo análisis se realizó siguiendo los resultados de la programación semanal que se vino realizando en conjunto con el metrado planificado en el porcentaje de plan cumplido. Para este caso, también se trabajó en base a los costos unitarios de cada actividad por semana. En resumen, se obtuvo el siguiente gráfico de barras donde muestra el ahorro. El promedio de ahorro para esta etapa de la investigación del primer nivel de estructuras del proyecto fue la suma de S/. 11395.61. Con un costo real de obra de S/. 1045706.06 frente a un presupuesto inicial de S/. 1141678.23 lo que da como diferencia la suma de S/. 95,972.17

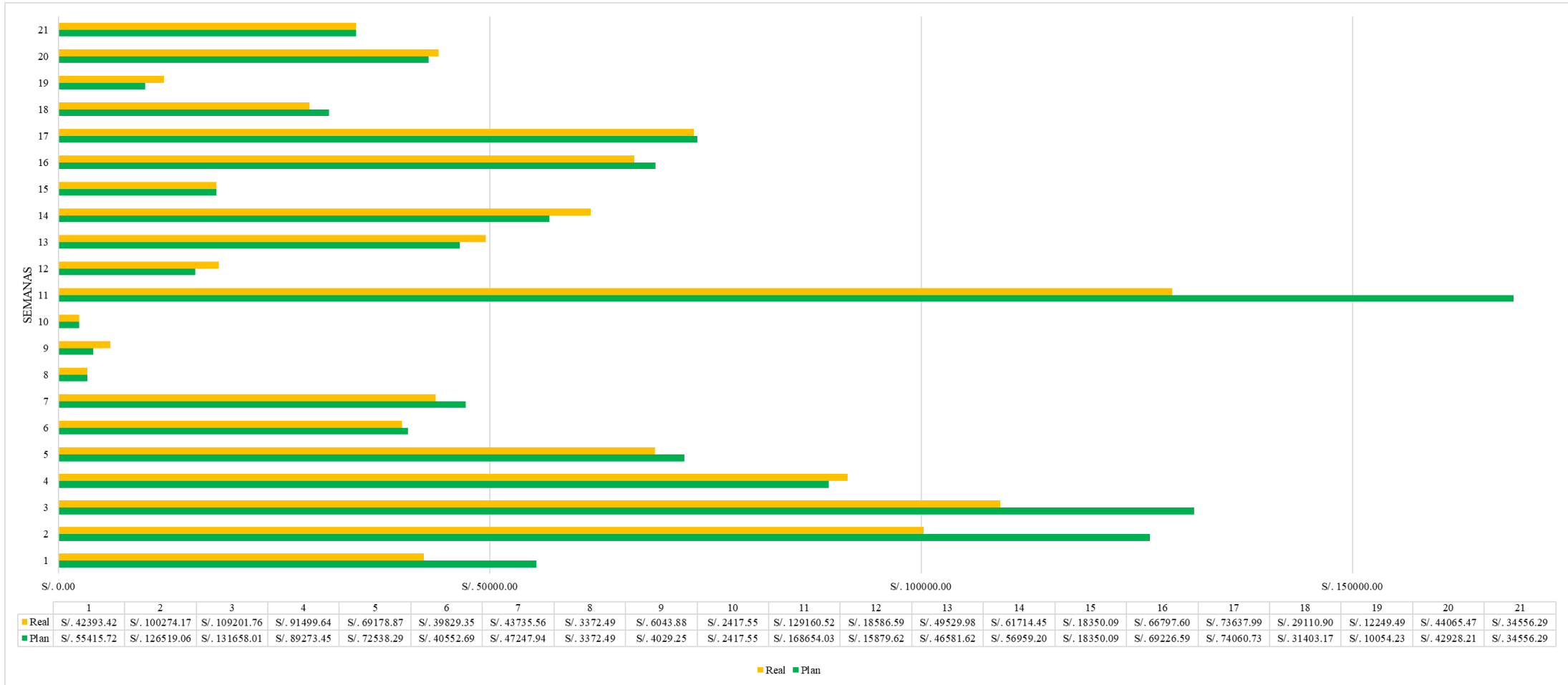


Ilustración 23. Análisis económico semanal

Propuesta de mejora

Dentro de las partidas con más incidencia y un hito importante en el rendimiento y productividad de esta investigación se analizó la producción del concreto in situ dado los grandes volúmenes que se metran especialmente para la cimentación (platea de cimentación) así como para las columnas y muros de corte.

El actual rendimiento que se maneja para las partidas de concreto es de 20m^3 por día, para esta propuesta de mejora se trabajó implementando trabajar a dos máquinas de producción (autohormigonera y mezcladora tipo tolva) considerando los beneficios en cuanto a ahorro de tiempo e incremento de la productividad con el rendimiento. Es importante aclarar que ambos recursos son propios de la empresa, dato que influye en el precio del equipo.

En primer lugar, se calcula el rendimiento de la autohormigonera teniendo como datos de entrada la duración de un ciclo medida en campo que en este caso fue de un promedio dando como resultado 40 minutos, la capacidad neta de esta es de 3m^3 y proyectada para una jornada laboral de 8 horas.

Tabla 55. Cálculo del rendimiento de autohormigonera

AUTOHORMIGONERA			
Tiempo 1 ciclo=	40 minutos	Capacidad=	3m^3
		Jornada=	8 hrs/día
a) Cálculo de ciclos x jornada			
	1 ciclo → 40 minutos	# ciclos x	
	x ciclos → 480 minutos	jorn=	12 ciclos
b) Cálculo de rendimiento x jornada			
	1 ciclo → 3m^3	rendimiento x	
	12 ciclos → $x\text{m}^3$	jorn=	$36\text{m}^3/\text{día}$
En conclusión:			
Capacidad= 3m^3		Rendimiento= $36\text{m}^3/\text{día}$	

Los resultados demuestran que el verdadero rendimiento de una hormigonera para el tiempo que emplean en el uso es de 36m^3 por día y tiene una operatividad de 12 ciclos por día.

Para el caso de la mezcladora tipo tolva de 12p^3 , también se realizó el cálculo del rendimiento para esta investigación en específico teniendo en cuenta el tiempo de demora por ciclo. En este caso, los datos de entrada fueron de 15 minutos por ciclo, una capacidad de 12p^3 equivalente a 0.34m^3 y una jornada de 8 hrs.

Tabla 56. Cálculo del rendimiento de mezcladora tipo tolva

MEZCLADORA TIPO TOLVA 12p ³					
Tiempo 1 ciclo=	15 minutos	Capacidad=	0.34 m ³	Jornada=	8 hrs/día
a) Cálculo de ciclos x jornada					
1 ciclo → 15 minutos				# ciclos x	32 ciclos
x ciclos → 480 minutos				jorn=	
b) Cálculo de rendimiento x jornada					
1 ciclo → 0.34m ³				rendimiento x	11 m ³ /día
12 ciclos → x m ³				jorn=	
En conclusión:					
Capacidad= 0.34m ³		Rendimiento= 11 m ³ /día			

Como conclusión de los cálculos, se obtuvo que el rendimiento de la mezcladora es de 11 m³ por día lo que equivale a un total de 32 ciclos en cada jornada de trabajo.

Ahora que se han obtenido los nuevos rendimientos, se evalúan mediante un análisis de costos unitarios desglosando todos los insumos que incurren en la ejecución de esta actividad como lo es el concreto.

Como primer análisis se utilizará solo el concreto haciendo uso de la autohormigonera trabajando, siguiendo la dosificación de concreto estimada según el diseño del proyecto resultando un costo unitario directo de S/. 347.45 por m³. Como datos de entradas extraídos de los resultados anteriores, el rendimiento se considera como 36 m³/día y la cuadrilla es considerada según los datos planteados en la ejecución del proyecto.

Tabla 57. Análisis de Costo Unitario con auto hormigonera

Partida		CONCRETO F'c=210 KG/CM2					Costo unitario directo por: m ³		347.45
Rendimiento	m ³ /DIA	8 hrs	MO. 36.00	EQ. 36.00					
Tiempo x m ³ según rendimiento=	13 min x m ³								
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.			
Mano de Obra									
	OPERARIO	hh	2.0000	0.4444	18.82	8.36			
	OFICIAL	hh	2.0000	0.4444	12.40	5.51			
	PEON	hh	3.0000	0.6667	10.49	6.99			
						20.87			
Materiales									
	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1000	18.20	1.82			
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m ³		0.7600	72.00	54.72			
	ARENA GRUESA	m ³		0.5100	44.00	22.44			
	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		8.5000	28.40	241.40			
						320.38			
Equipos									
	VIBRADOR DE CONCRETO	hm	1.0000	0.2222	6.00	1.33			
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	73.44	2.20			
	AUTOHORMIGONERA 3m ³	hm	1.0000	0.2222	12.00	2.67			
						6.20			

Por otra parte, se hizo el análisis de costos unitario considerando el uso de ambos equipos trabajando en simultáneo, es decir, la autohormigonera y la mezcladora tipo tolva, al igual que el caso anterior, se sigue la dosificación del diseño de mezcla y esto da como resultado un costo unitario de S/. 363.15 por m³.

Tabla 58. Análisis de Costo Unitario con auto hormigonera+mezcladora tipo tolva

Partida		PLATEA DE CIMENTACION.- CONCRETO F'c=210 KG/CM2						
Rendimiento	m3/DÍA	8 hrs	MO. 47.00	EQ. 47.00	Costo unitario directo por: m3		363.15	
Tiempo x m ³ según rendimiento=		10 min x m ³						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra								
	OPERARIO		hh	2.0000	0.4444	18.82	8.36	
	OFICIAL		hh	2.0000	0.4444	12.40	5.51	
	PEON		hh	10.0000	2.2222	10.49	23.31	
							37.19	
Materiales								
	GASOLINA 84 OCTANOS		gal		0.1000	18.20	1.82	
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"		m3		0.7600	72.00	54.72	
	ARENA GRUESA		m3		0.5100	44.00	22.44	
	CEMENTO PORTLAND TIPO MS		bol		8.5000	28.40	241.40	
							320.38	
Equipos								
	VIBRADOR DE CONCRETO		hm	1.0000	0.2222	6.00	1.33	
	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	73.44	2.20	
	AUTOHORMIGONERA 3m ³		hm	1.0000	0.1702	12.00	2.04	
	MEZCLADORA TIPO TOLVA 12p ³		hm	1.0000	0.1702	6.00	1.02	
							5.58	

Según los resultados de los rendimientos, se hallan los posibles tiempos de ejecución usando los rendimientos resultantes. Para el caso se usó como ejemplo la platea de cimentación del block A2 junto con su metrado de concreto. Los resultados muestran que trabajando con un rendimiento de 20m³/día, la ejecución de todo el metrado se contemplaría en 7.8 días, por otro lado, si se usa el rendimiento con la autohormigonera se concluye la actividad en 4.3 días mientras que haciendo uso de ambos equipos la actividad se concluye en 3 días.

TIEMPO DE VACIADO			
Metrado Block A2= 156.4 m ³	Rendimto.= 20 m ³ /día	Jornada= 8 hrs/día	
a) Cálculo de días x rendimiento			
20 m ³ → 1 día			
156.4 m ³ → x días			# días x jorn= 7.8 días
b) Nuevo rendimiento solo autohormigonera			
36 m ³ → 1 día			
156.4 m ³ → x días			# días x jorn= 4.3 días
c) Nuevo rendimiento solo autohormigonera + tolva			
47 m ³ → 1 día			
156.4 m ³ → x días			# días x jorn= 3 días

Es por eso que si comparamos los indicadores de costo, días y tiempo por m³, por mayoría conviene el uso del concreto trabajando en paralelo la autohormigonera y tolva a pesar que el costo unitario se eleve esto se compensa en el número de días que serán usados para completar la actividad dando paso así al tren de trabajo detrás de ello.

Tabla 59. Comparativo de propuestas de mejora

	Costo unitario	días	Tiempo x m ³
Autohormigonera	S/. 347.45	5	13 min x m ³
Autohormigonera + tolva	S/. 363.15	3	10 min x m ³
	✘	✔	✔

Discusiones de resultados

1. El objetivo de identificar los procesos y factores de riesgo en las partidas de cimentaciones y estructuras del primer nivel permitió evidenciar deficiencias en la ejecución, como la falta de control en la productividad de operarios y la avería de equipos. Este hallazgo coincide con estudios previos que resaltan las dificultades al implementar nuevos sistemas, aunque se observó una mejora gradual en el cumplimiento de los planes. Según Mattos & Valderrama [8], la simplificación en la ejecución es común, pero una planificación tradicional puede limitar el potencial de mejora. La metodología *Last Planner* ofrece un enfoque más estructurado para abordar estos desafíos.
2. La investigación tuvo como objetivo medir y evaluar la efectividad de la filosofía *Lean Construction* a través de los indicadores Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y Porcentaje de Causas de No Cumplimiento (CNC). Los resultados revelaron que el proyecto alcanzó un promedio de PPC del 78%, con un inicio del 83%, una caída al 73% en la penúltima semana, y un notable incremento al 100% en la semana final. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos en Medellín [4], donde se observó un aumento del cumplimiento del plan, desde un 65% en la primera semana de implementación hasta un 85% en la semana 25. Teóricamente, [9] el PPC es un indicador crucial para evaluar el rendimiento de la ejecución y la planificación en proyectos bajo el *Last Planner System* (LPS), que ha demostrado una fiabilidad del 85% en comparación con el 50% de proyectos tradicionales. Esto refuerza la efectividad del sistema Lean en mejorar la planificación y ejecución de proyectos.
Asimismo, estos resultados del porcentaje del plan cumplido se reflejan y van de la mano con las causas de incumplimiento identificadas durante el proceso de investigación. En el caso en concreto, la mayor causa la tuvo en la realización de trabajos previos con un 53% los cuales implicaban un retraso en cadena para las actividades donde también se relaciona este atraso con los rendimientos poco estimados en cada actividad. Estos resultados vienen respaldados en una investigación realizada [23] donde para ese caso, las mayores causas de incumplimiento se registraron en la mala estimación del rendimiento, falta de mano de obra y de equipos y materiales. Las consecuencias de estos causales se vieron reflejadas ocasionando un 80% de los defectos de la ejecución los cuales deberían ser mejorados a tiempo para alcanzar la meta.

3. El objetivo de la investigación fue aplicar la estrategia del *Last Planner System* (LPS) para mejorar la planificación y coordinación de actividades en el proyecto de construcción. Los resultados mostraron que la implementación de esta estrategia, mediante herramientas como el Plan Maestro y el LookAhead planning, permitió un mejor control de la programación y el avance semanal del proyecto. Las reuniones semanales y la proyección de actividades a cuatro semanas facilitaron una planificación a largo plazo, logrando avances progresivos y resultados positivos a medida que el equipo técnico adquiría experiencia en su aplicación. Estos hallazgos coinciden con estudios anteriores [5] y [6], que destacan la efectividad del LPS en mejorar la rentabilidad y la programación fiable de proyectos, incluso frente a los desafíos iniciales de implementación. El LPS [23] se basa en una planificación que no solo busca cumplir con los plazos, sino que también se centra en mejorar la eficiencia y reducir la variabilidad de los procesos, garantizando un flujo constante de recursos e información para asegurar el máximo cumplimiento de las actividades planificadas.
4. Siguiendo los objetivos, fue realizar un análisis económico para identificar ahorros en las partidas de estudio del proyecto. Los resultados obtenidos, a partir de la programación semanal y el metrado planificado en el porcentaje de plan cumplido, permitieron calcular los costos unitarios de cada actividad. Esto reveló un ahorro promedio de S/. 11,395.61 en la etapa del primer nivel de estructuras, con un costo real de obra de S/. 1,045,706.06 frente a un presupuesto inicial de S/. 1,141,678.23. Estos resultados coinciden con investigaciones previas [5] que demostraron la eficacia del sistema Last Planner en mejorar la rentabilidad y reducir costos, para este caso en concreto, el antecedente encontrado la reducción fue de un costo real de la obra de S/. 4'974,417.76, comparado con un presupuesto inicial de S/. 6'796,108.04, generando un beneficio total de S/. 1'821,690.28. logrando así un ahorro significativo al evitar gastos innecesarios y optimizar el tiempo de ejecución. Teóricamente [22], la filosofía Lean no se enfoca solo en la reducción de costos, sino en maximizar el valor entregado al cliente utilizando menos recursos, eliminando actividades que no aportan valor al proceso y promoviendo la colaboración entre todos los participantes. Esto refuerza la capacidad de Lean para entregar más valor con menos recursos, como se refleja en los ahorros obtenidos en este proyecto.
5. Con el objetivo de plantear sugerencias de mejora para futuros proyectos basadas en los rendimientos obtenidos, los resultados, usando la platea de cimentación del block A2 como ejemplo, muestran que la actividad puede completarse en 7.8 días con un

rendimiento de 20 m³/día. Sin embargo, al usar una autohormigonera, el tiempo se reduce a 4.3 días, y trabajando en paralelo con tolva, la actividad se concluye en 3 días. Aunque el costo unitario aumenta al usar ambos equipos, el ahorro en tiempo compensa esta inversión, permitiendo agilizar el tren de trabajo. Estudios previos [4] resaltan la importancia de no solo enfocarse en los costos unitarios, sino en el rendimiento global y el desempeño colaborativo, aspectos que también mejoran la eficiencia del proyecto. Teóricamente, [24] se reconoce que el enfoque tradicional de reducir costos unitarios no siempre garantiza ahorros en la obra, ya que ignora la interdependencia entre actividades. En lugar de optimizar partidas de forma aislada, es más efectivo adoptar una visión integral que considere tanto el tiempo como el rendimiento general para maximizar el valor en el proyecto.

Conclusiones

Para concluir, se muestra que la aplicación de la filosofía Lean Construction en el proyecto Paseo Grau resultó eficaz para mejorar tanto la productividad como la planificación. En primer lugar, se identificaron riesgos en las partidas de cimentaciones y estructuras, como la baja productividad y fallas en equipos, lo que destacó la importancia de un enfoque planificado para abordar estos problemas.

La medición de los indicadores Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y Porcentaje de Causas de No Cumplimiento (CNC) confirmó que, aunque al inicio hubo desafíos, el uso del Last Planner System (LPS) permitió alcanzar un 100% de cumplimiento al final del proyecto, mejorando significativamente la fiabilidad de la programación. Sin embargo, también se detectaron causas importantes de incumplimiento, principalmente relacionadas con la estimación de rendimientos y la falta de coordinación en actividades previas.

Por otro lado, el análisis económico mostró un ahorro considerable en la ejecución de las actividades, lo que refuerza que la metodología Lean no solo mejora el tiempo de ejecución, sino que también optimiza costos al reducir actividades innecesarias y aumentar la colaboración. Finalmente, las sugerencias para futuros proyectos destacan la importancia de una planificación integral que priorice tanto el tiempo como el rendimiento general, en lugar de enfocarse únicamente en los costos unitarios.

Es por esto que, se puede concluir que la implementación de *Lean Construction* permitió mejorar la eficiencia en el proyecto, aunque es necesario seguir afinando las estimaciones y la gestión de riesgos para obtener mejores resultados en futuras aplicaciones.

Recomendaciones

Para optimizar la productividad mediante la implementación de la filosofía *Lean Construction* en futuros proyectos de construcción, se proponen recomendaciones orientadas a mejorar la precisión en la planificación, la coordinación entre equipos y el uso eficiente de los recursos. Así, las recomendaciones buscan abordar las principales causas de incumplimiento detectadas en la investigación, fomentar una cultura de mejora continua como así lo propone *Lean Construction* y asegurar que cada actividad contribuya de manera efectiva al cumplimiento de los objetivos planteados, maximizando así el valor entregado al cliente y reduciendo tiempos y costos innecesarios en la ejecución del proyecto.

Con respecto al cambio de pasar de un sistema de planificación tradicional a uno Lean implica un esfuerzo evidente por lo que se recomienda la aplicación y su eficacia en un largo plazo donde se sugiere también aplicarlo en un proyecto piloto con la ayuda de expertos en el área.

Además, es importante capacitar al personal técnico de obra (ingenieros, maestro de obra, subcontratos) en el uso de nuevas herramientas y metodologías de trabajo que el equipo deberá aprender y con las que deberán acostumbrarse a trabajar. Y con ello, es recomendable no solo usar las herramientas Lean solas sino aplicarlas por ejemplo con la metodología BIM para unos mejores resultados.

Respecto a la productividad, es importante tener medidos los tiempos de rendimiento reales con los que se trabaja en nuestro proyecto para, de esa forma, afinar los tiempos de ejecución según lo real trabajado para evitar tiempos muertos o atrasos en el desarrollo.

Referencias

- [1] P. Orihuela and ; Karem Ulloa, “La planificación de las obras y el sistema Last Planner,” 2011, [Online]. Available: www.motiva.com.pe
- [2] J. F. Pons and I. Rubio, *LEAN CONSTRUCTION Y LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA*. 2019.
- [3] U. H. Issa, “Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, no. 4, pp. 697–704, 2013, doi: 10.1016/j.aej.2013.07.003.
- [4] L. Fernando, B. Botero, and M. Eugenia Álvarez Villa, “Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín,” *Ingeniería & Desarrollo*, vol. 17, pp. 148–159, 2005.
- [5] C. V. Ascue Morales, “OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO MULTIFAMILIAR ‘BAUMHAUS’ MEDIANTE EL SISTEMA LAST PLANNER EN BARRANCO, LIMA 2020,” 2021.
- [6] D. Miranda Casanova, “Implementación del sistema Last Planner®,” Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
- [7] J. Casas-Rico, L. Montalbán-Domingo, L. F. Alarcón, and E. Pellicer, “Implementación del Sistema del último planificador en vivienda unifamiliares,” *26 th International Congress on Project Management and Engineering Terrassa*, 2022.
- [8] A. D. Mattos and F. Valderrama, *Métodos de planificación y control de obras*. 2014.
- [9] J. F. Pons Achell, *Introducción a Lean Construction*, 1st ed. Madrid, 2014. [Online]. Available: www.fundacionlaboral.org
- [10] A. Idrogo Aguilar and M. Villacorta Uceda, “Análisis de la planificación tradicional y propuesta de un sistema mejorado de planificación aplicando principios generales del sistema Last Planner en las partidas de concreto armado de la construcción del edificio ‘Los Treboles’ en la ciudad de Trujillo,” Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2014.
- [11] H. G. Ballard, “The Last Planner System of Production Control,” 2000.
- [12] J. Letelier Osés, “Análisis en el tiempo de indicadores de control de avance utilizados en software computacional ‘IMPERA’ para pronosticar efectos futuros en proyectos de construcción,” 2014.
- [13] V. Ghio Castillo, *Productividad en obras de construcción*. 2001.
- [14] Universidad de las Américas, “Productividad en la construcción,” 2004.

- [15] C. Angeli Gutierrez, “Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora,” 2017.
- [16] D. Arbulú Dávila, “Aplicación de la herramienta de cartas balance bajo un enfoque Lean Construction para mejorar la productividad en obra de la edificación Paseo Pacasmayo en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque,” 2021.
- [17] D. Jones and J. Womack, *Lean Thinking*. 1996.
- [18] R. Ferreiro Gravié and N. Cummings, “MeProB: Metodología Para la Identificación del Problema de Investigación.”
- [19] O. L. Sotelo-Rosas Ramírez-Carrera, “Del método científico al diagnóstico de problemas de ingeniería en México,” vol. 2, pp. 139–146, 2005.
- [20] P. Orihuela and D. Estebes, “Aplicación del Método de la Línea de Balance a la Planificación Maestra,” in *V Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía en la Construcción*, 2013.
- [21] Soluciones e Ingeniería ELROY, *Metodología Last Planner System*. 2014.
- [22] J. F. Pons Achell and I. Rubio Pérez, *Lean Construction: Las 10 claves del éxito para su implantación*, vol. Primera Edición. 2021. [Online]. Available: www.juanfelipepons.com
- [23] R. Herrera Valencia and C. Reyes Pereira, “Los pros y contras al implementar el sistema Last Planner en un proyecto de edificación,” *Ingenium*, vol. 18, pp. 91–104, 2017.
- [24] A. D. Rodríguez Fernández, L. Alarcón Cárdenas, and E. Pellicer Armiñana, “La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador,” *Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil*, 2011.

Anexos

Anexo 1. Documento de constancia del desarrollo del proyecto de tesis


INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A.
Proyectos Especiales

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Chiclayo, octubre del 2024

Ing. José Huari Lázaro
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Presente.-

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que la tesis Ana Micaela Yong Bartolini, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de X ciclo identificada con código 191VP86539, viene realizando su proyecto de tesis denominado «Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction» que está siendo aplicado en el desarrollo de nuestro proyecto Edificio Multifamiliar Paseo Grau ubicado en la Av. Miguel Grau N° 1605, distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Aprovecho la oportunidad para celebrar la participación de sus alumnos en proyectos que mejoran la construcción.

Atentamente,



David Arbulú Dávila
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 296505

.....
Nombres y Apellidos
Representante de la empresa
Ingeniero Residente

Av. Salaverry 650 Piso 10
 Telefax (51-74) 27-3392
 Of. Comercial M. M. Izaga 740 - 101
 Teléfono (51-74) 43-5388
 Chiclayo - Perú
www.icm.pe

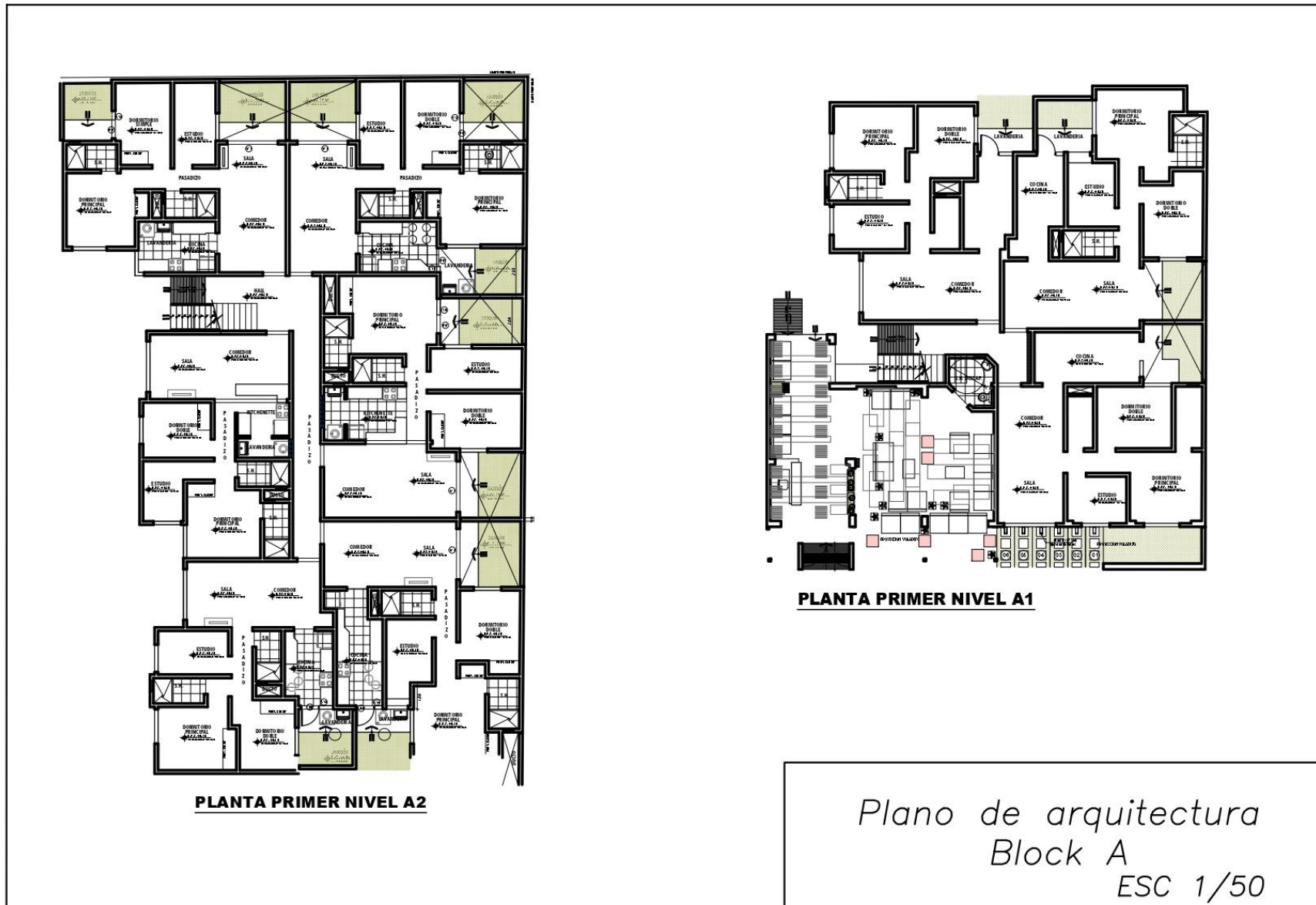


INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A. Proyectos Especiales INGENIERIA CIVIL MONTAJES S.A. Proyectos Especiales

Anexo 2 . Matriz de consistencia

Título: Optimización de la productividad en el proyecto Paseo Grau aplicando la filosofía Lean Construction							
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
¿Cómo puede la implementación de la filosofía Lean Construction optimizar la productividad en proyectos de construcción de gran escala, minimizando el tiempo y los costos de ejecución?	<p>TIPO: La investigación es aplicada, ya que se busca aplicar los principios de Lean Construction para abordar un problema específico en el contexto real de la construcción.</p>	<p>POBLACIÓN:Stakeholders o Partes involucradas en el proyecto (ingenieros, obreros, expediente)</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar la productividad en los procesos constructivos de la obra Paseo Grau mediante la implementación de estrategias de la filosofía Lean Construction</p>	El uso de herramientas de planificación Lean en el proyecto Paseo Grau resulta en una disminución de las desviaciones entre los tiempos planificados y los tiempos reales de ejecución.	<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad en el proyecto Paseo Grau</p>	<p>→ Porcentaje de Plan cumplido → Causas de no cumplimiento</p>	<p>→Reporte de avances de supervisión →Guías de reporte de plan semanal, PPC, CNC →Planificación semanal →Cronograma maestro</p>
	<p>NIVEL: El nivel de investigación se define de modo descriptiva ya que se centra en describir fenómenos, características o relaciones específicas, lo que podría ser relevante para evaluar la efectividad de las estrategias de Lean Construction en la mejora de la productividad en el proyecto de construcción.</p>	<p>MUESTRA: Ejecución del primer nivel del proyecto (cimentación y estructuras)</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: O1 Identificar los procesos y factores de riesgo asociados en las partidas de cimentaciones y estructuras del primer nivel del proyecto. O2 Medir y evaluar mediante los indicadores de Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y Porcentaje de Causas de No Cumplimiento (CNC) la efectividad de la aplicación de la filosofía Lean. O3 Aplicar la estrategia del Last Planner System para mejorar la planificación y coordinación de actividades en el proyecto de construcción. O4 Desarrollar un análisis económico en términos de ahorro sobre las partidas de estudio. O5 Plantear sugerencias de mejora para la aplicación en futuros proyectos</p>		<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Last Planner System como herramienta del Lean Construction</p>		

Anexo 3 . Plano de arquitectura



Plano de arquitectura
Block A
ESC 1/50

Ilustración 24. Plano de arquitectura Block B. Fuente ICM

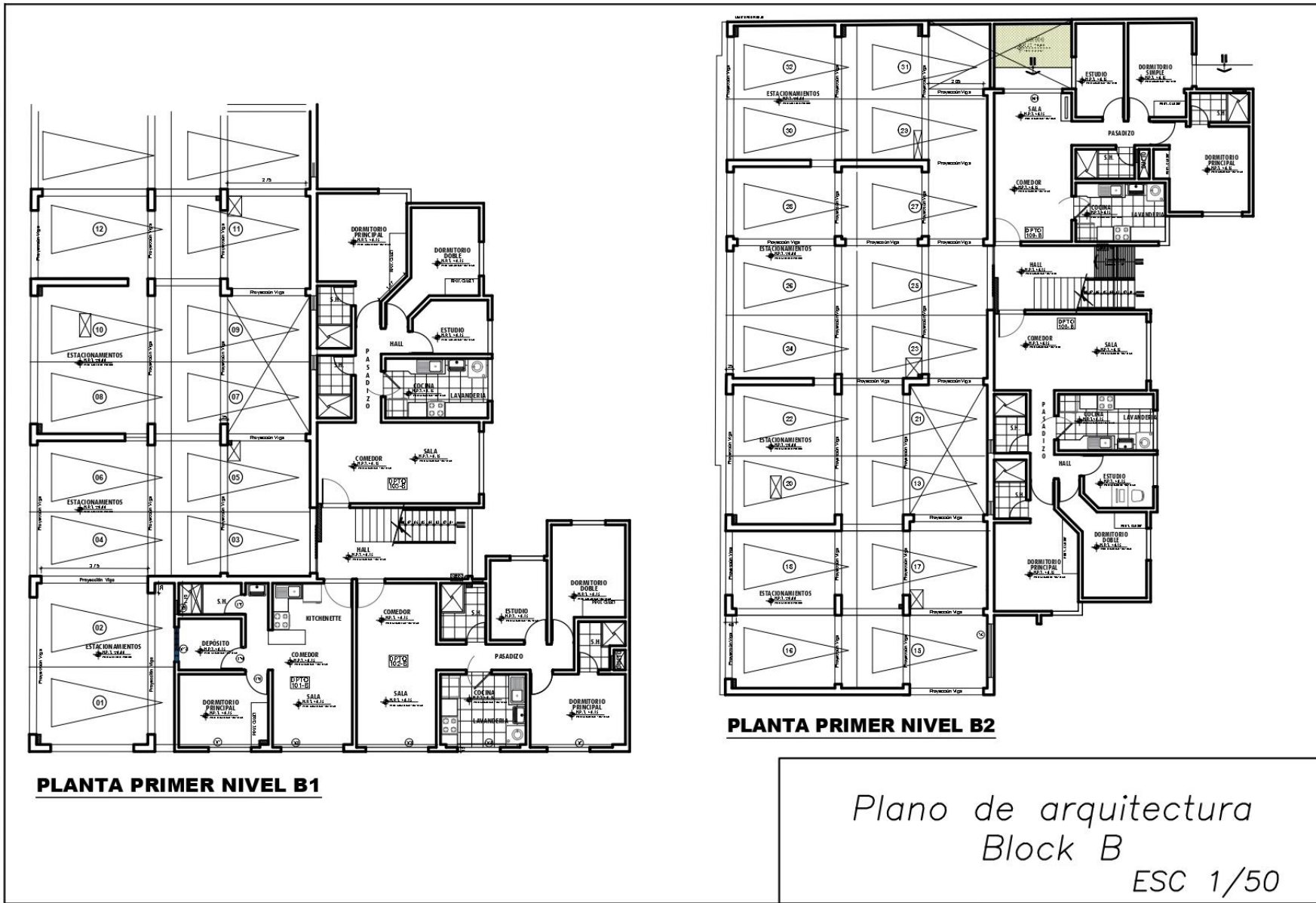


Ilustración 25. Plano de arquitectura Block B. Fuente ICM

Anexo 4. Plano de estructuras

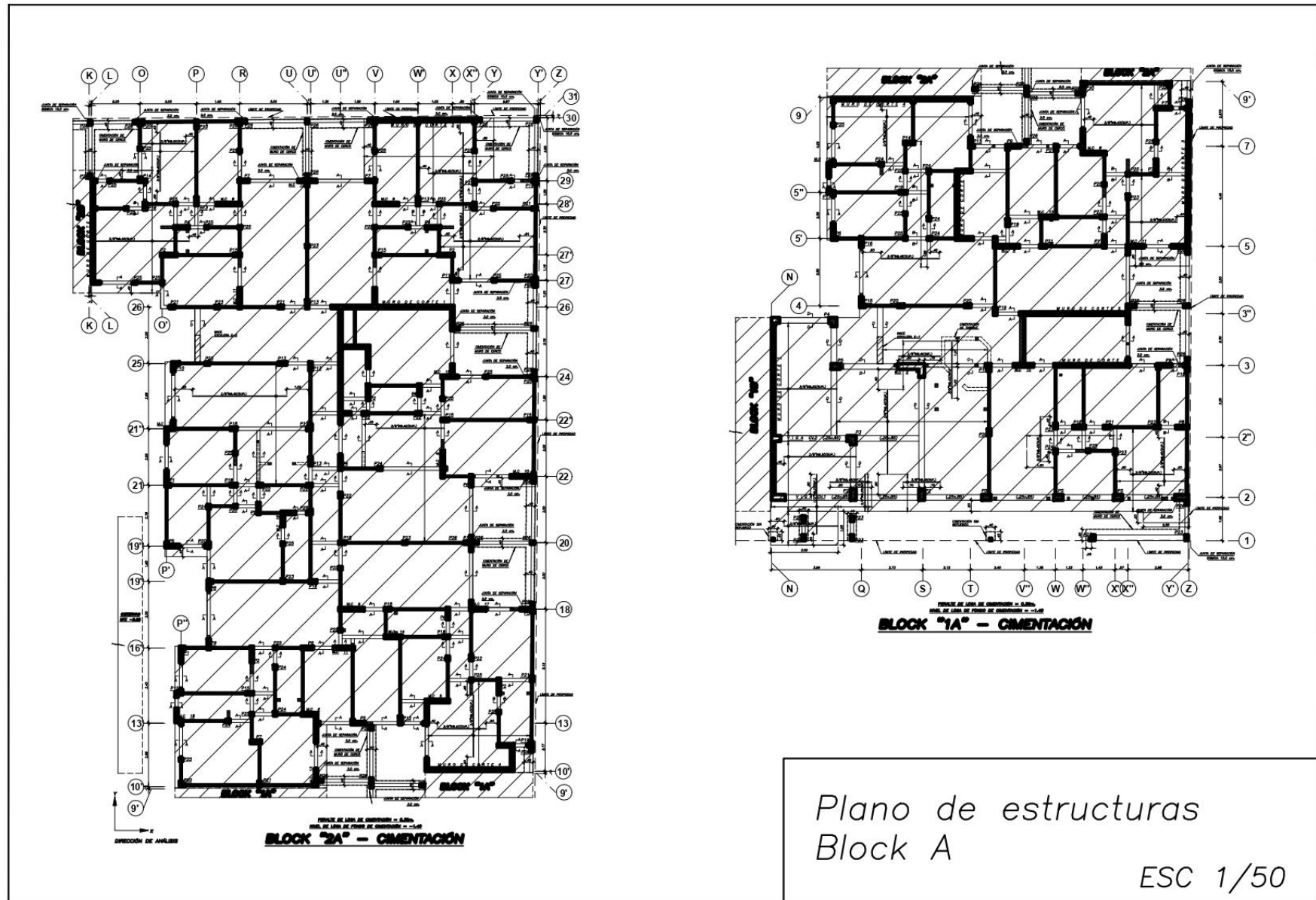


Ilustración 26. Plano de estructuras Block A. Fuente ICM

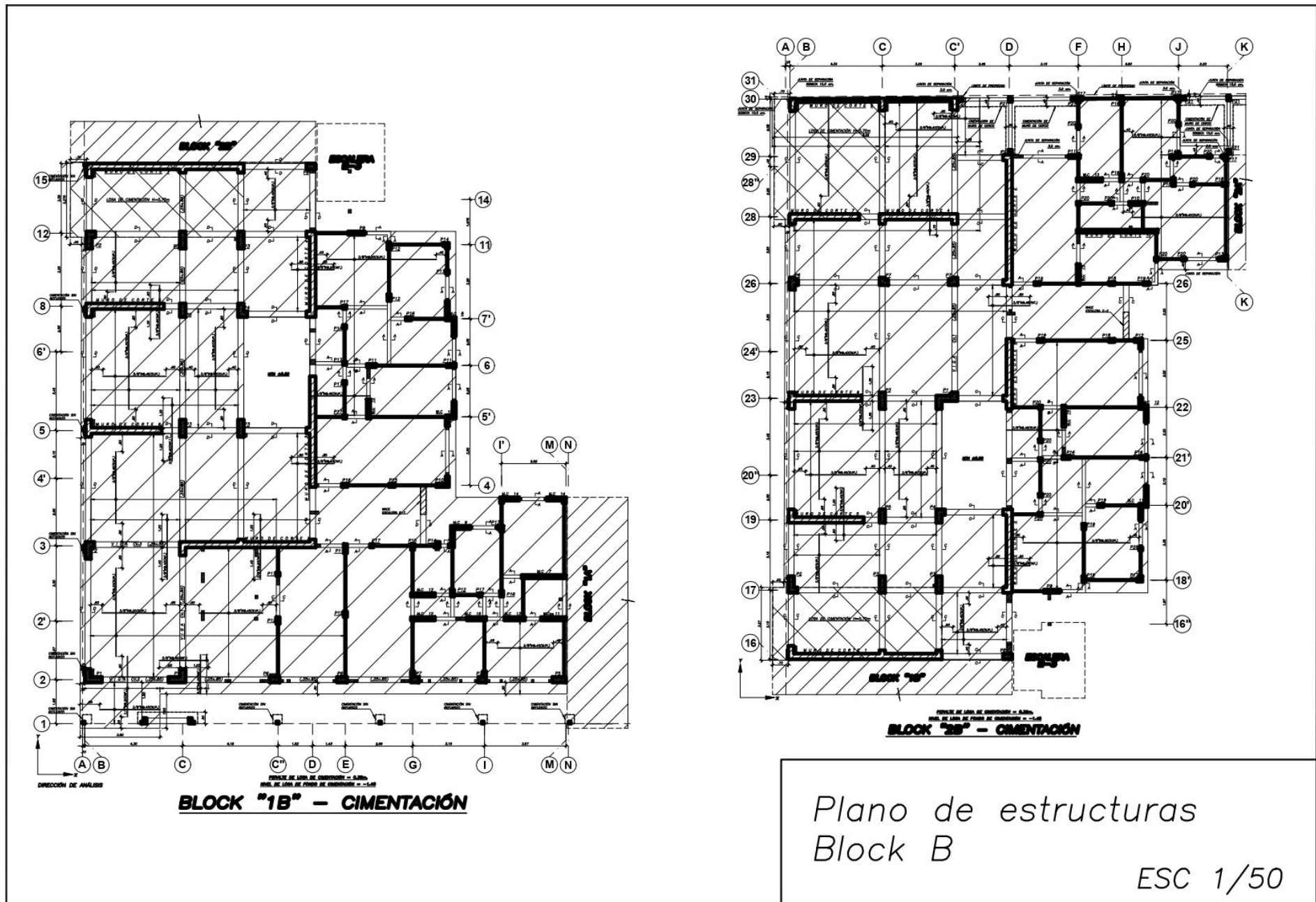
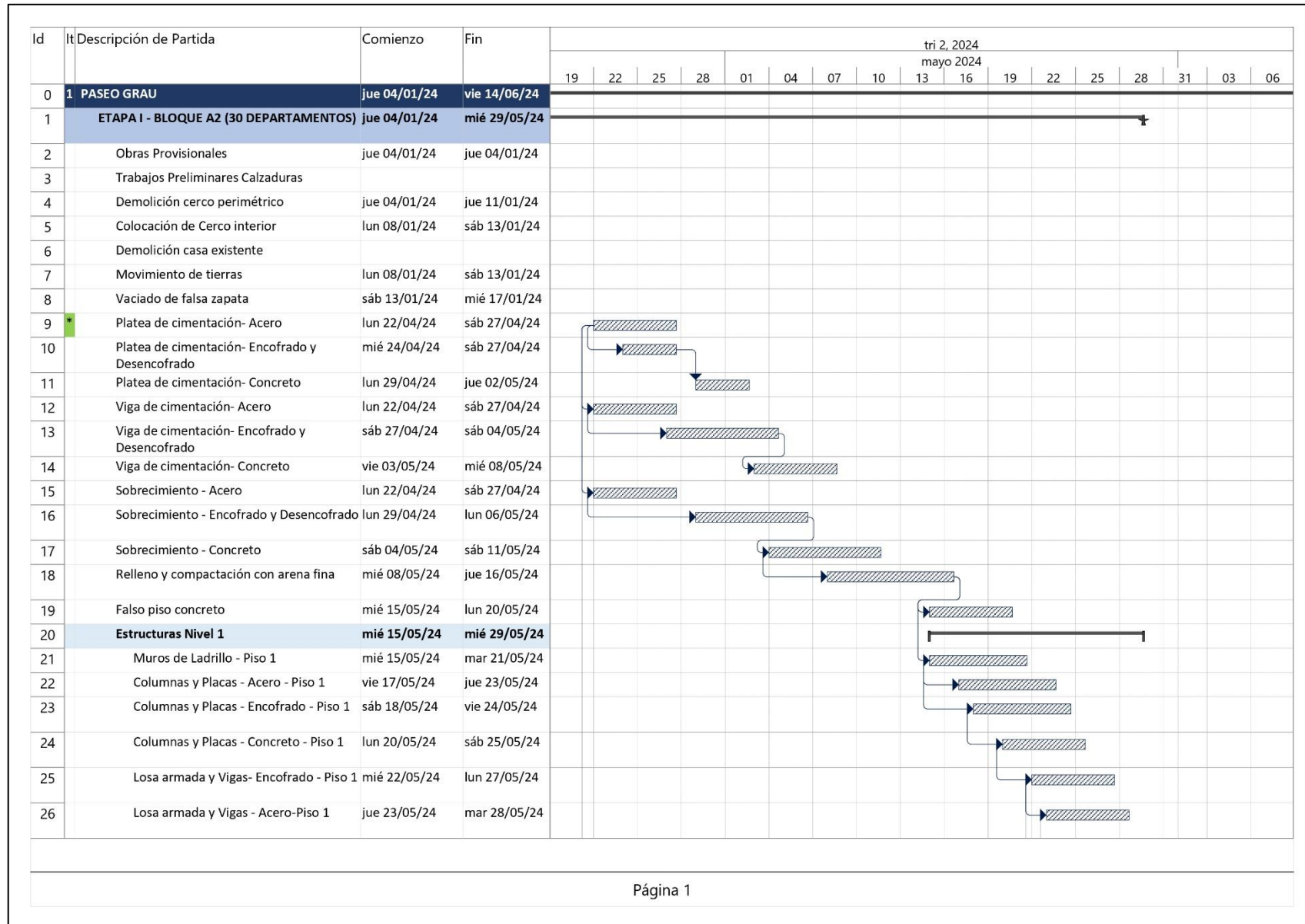


Ilustración 27. Plano de estructuras Block B. Fuente ICM

Anexo 5. Diagrama de Gantt-Cronograma de obra (FUENTE: ICM)



Anexo 6. Evidencias fotográficas



Ilustración 28. Reunión con el residente de obra



Ilustración 29. Primeras reuniones en campo

	SEMANA 01					SEMANA 02					SEMANA 03				SEMANA 04									
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
BLOCK B2																								
HABILITACIÓN FIERRO 1ºN	X																							
LADRILLO DE TECHO 1ºN	X																							
INSTALACIONES SANITARIAS	X	X																						
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	X	X																						
VACIADO 1ºN																								
MUROS PORTANTES 2ºN		X	X	X									X	X	X									
ENCOF. COL Y PLACAS 2ºN		X	X	X	X								X	X	X	X								
VACIADO COL Y PLACAS 2ºN			X	X	X								X	X	X	X								
ENCOF ALIBERADO 2ºN				X			X	X	X															
HABILITACIÓN FIERRO 2ºN							X	X	X	X														
LADRILLO TECHO 2ºN							X	X	X	X														
INSTALACIONES SANIT. 2ºN							X	X	X	X														
INSTALACIONES ELÉCT. 2ºN							X	X	X	X														
VACIADO 2ºN.																								
BLOCK B1																								
EXCAVACIÓN	X	X	X	X																				
SOLADO	X	X	X	X	X																			
TRAZO Y REPLANTEO	X	X	X	X			X																	
FIERRO EN EMENTACIÓN							X	X	X	X														
ENCOFRADO										X	X													
VACIADO DE PLATEA.																								
TRAZO																								
ENCOFRADO SOBRE													X	X	X	X								

Ilustración 30. Esquema de LookAhead en oficina

Actividades	Semanas del				
	01	02	03	04	05
A1					
Preparación de Columnas 1ºN	X	X	X		
Montaje de Columnas 1ºN	X	X	X		
Preparación de Vigas 1ºN	X	X	X		
Colocación de ladrillo de techo 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
Instalación de tuberías 1ºN	X	X	X		
A2					
Excavación de terreno 1ºN	X				
Montaje de vigas 1ºN	X				
Colocación de ladrillo de techo 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				
Instalación de tuberías 1ºN	X				

Ilustración 31. Implementación de Last Planner en trabajadores

Anexo 7. Ejecución de partidas



Ilustración 32. Vaciado de platea de cimentación Block A1



Ilustración 33. Vaciado de losa aligerada Block A1

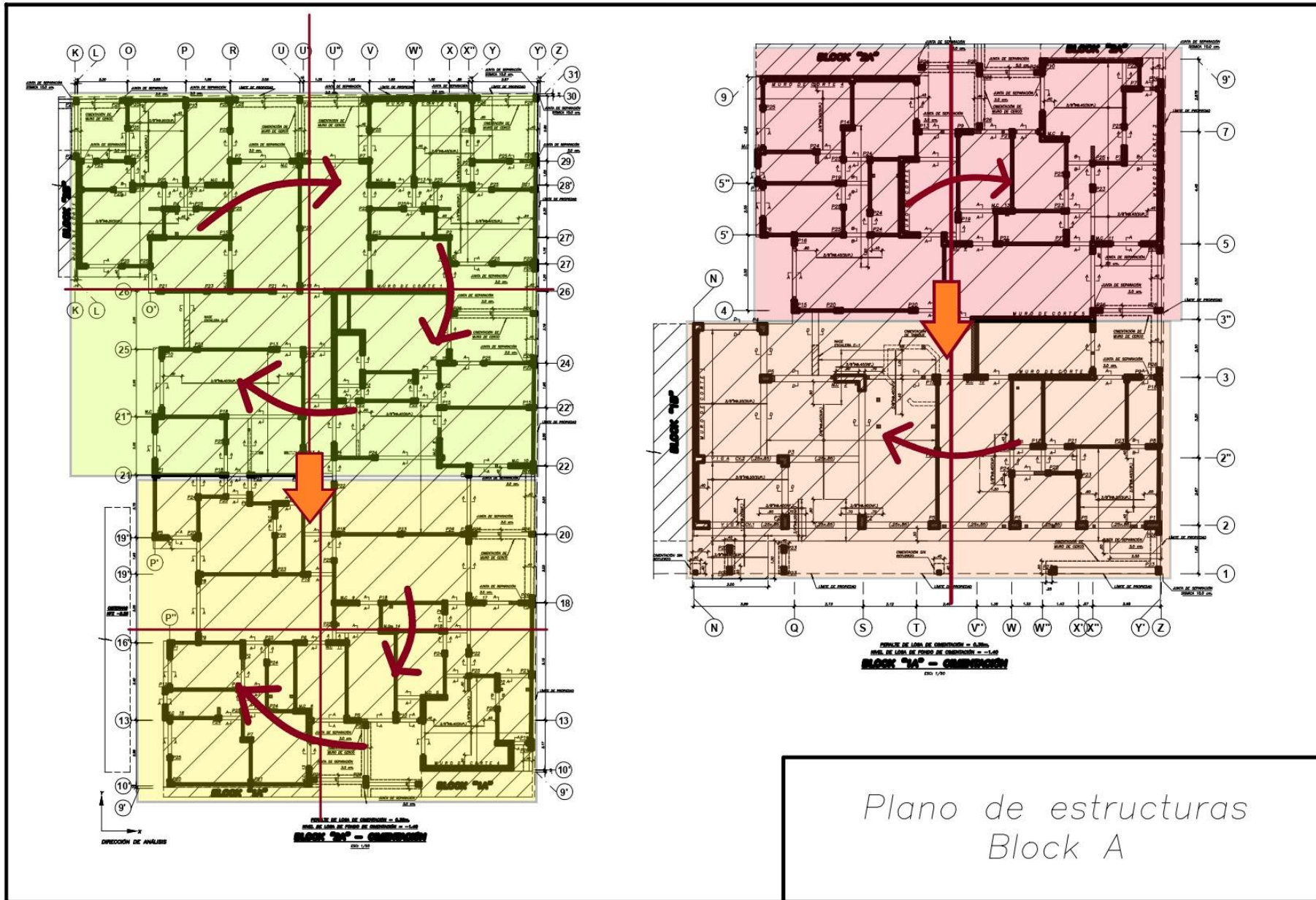


Ilustración 34. Cuadrilla de ejecución de acero en cimentación

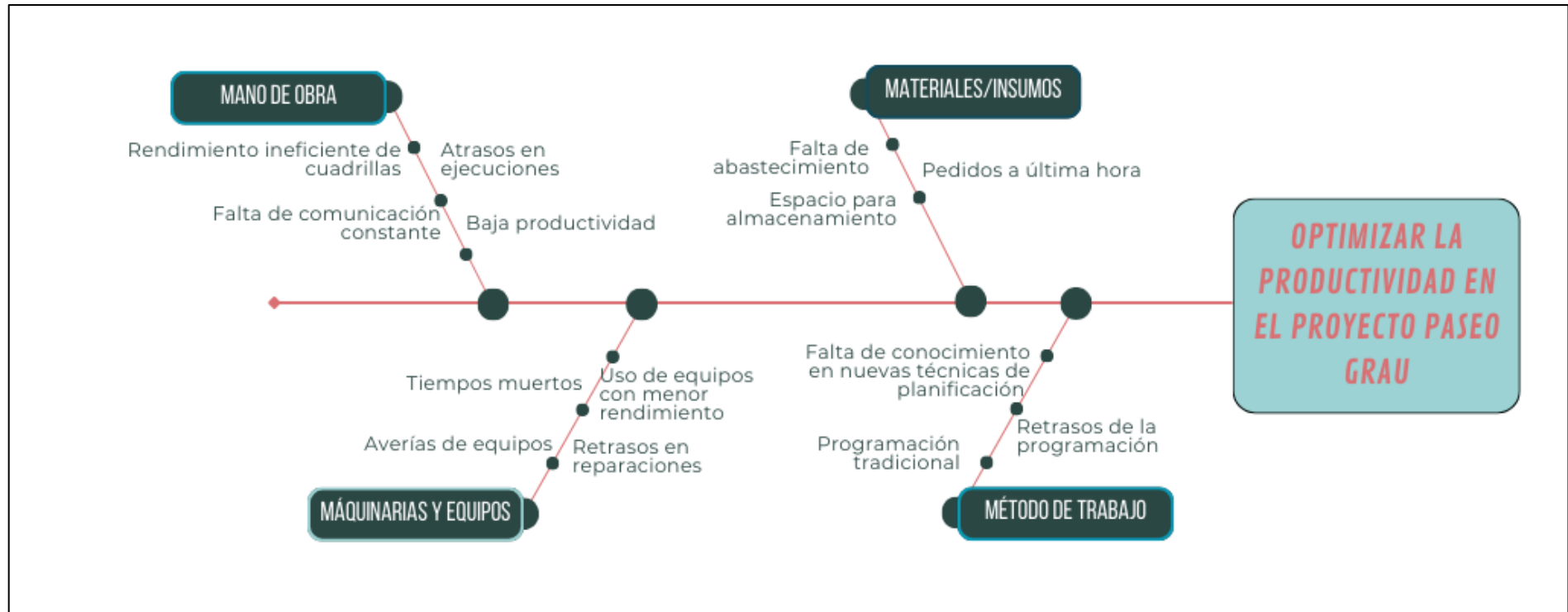


Ilustración 35. Ubicación de materiales

Anexo 8. Esquema general de tren de trabajo



Anexo 9. Diagrama de Caua-Efecto de factores de riesgo en obra analizados



Anexo 10. Porcentaje de Cumplimiento Semanal

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 1: BLOCK A																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 02							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				28/04	29/04	30/04	1/05	2/05	3/05	4/05						
BLOCK A2																
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	6367.46	kg	1273.49		x						1273.49	100%	SI			
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	2358.26	kg	943.30		x						943.30	100%	SI			
ACERO SOBRECIMENTOS	1997.57	kg	799.03		x						799.03	100%	SI			
ACERO COLUMNAS	3358.20	kg	1343.28		x						1343.28	100%	SI			
ACERO MURO DE CORTE	2777.25	kg	1110.90		x						1110.90	100%	SI			
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	42.63	m²	21.32		x						21.32	100%	SI			
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	156.40	m³	156.40		x	x	x				156.40	100%	SI			
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	113.66	m²	68.20					x	x	x	68.20	100%	SI			
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	8.52	m³	8.52						x	x	8.52	100%	SI			
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	517.00	m²	517.00					x	x	x	517.00	100%	SI			
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	38.77	m³	19.39						x	x	19.39	100%	SI			
BLOCK A1																
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	634.12	m³	380.47					x	x	x	380.47	100%	SI			

CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	12
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	0
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	12
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	100.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 1: BLOCK A																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 03							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D 5/05	L 6/05	M 7/05	X 8/05	J 9/05	V 10/05	S 11/05				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
BLOCK A2																
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	113.66	m ²	68.20	x	x	x					68.20	100%	SI			
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	8.52	m ³	4.26		x	x					4.26	100%	SI			
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	517.00	m ²	206.80		x	x					206.80	100%	SI			
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	38.77	m ³	15.51		x	x					15.51	100%	SI			
RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	385.02	m ³	385.02			x	x	x	x	x	385.02	100%	SI			
FALSO PISO	350.02	m ²	210.01					x	x	x	210.01	100%	SI			
BLOCK A1																
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	4311.10	kg	4311.10			x	x	x	x	x	4311.10	100%	SI			
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	1915.54	kg	1915.54			x	x	x	x		1915.54	100%	SI			
ACERO SOBRECIMENTOS	938.22	kg	938.22			x	x	x	x		938.22	100%	SI			
ACERO COLUMNAS	2285.22	kg	2285.22			x	x	x	x		2285.22	100%	SI			
ACERO MURO DE CORTE	2582.70	kg	2582.70			x	x	x	x		2582.70	100%	SI			
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	27.74	m ²	5.55							x	5.55	100%	SI			
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	105.69	m ³	52.85							x	52.85	100%	SI			

CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	13
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	0
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	13
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	100.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 1: BLOCK A																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 04							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva	
				12/05	13/05	14/05	15/05	16/05	17/05	18/05							
BLOCK A2																	
FALSO PISO	350.02	m ²	140.01		x	x						140.01	100%	SI			
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	353.91	m ²	353.91			x	x	x	x	x		353.91	100%	SI			
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	395.05	m ²	131.68						x	x		131.68	100%	SI			
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	401.06	m ²	133.69						x	x		133.69	100%	SI			
BLOCK A1																	
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	105.69	m ²	52.85		x							52.85	100%	SI			
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	47.93	m ²	47.93		x	x	x	x				47.93	100%	SI			
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	34.77	m ²	34.77		x	x	x	x				34.77	100%	SI			
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	3.59	m ³	2.69					x	x	x		2.69	100%	SI			
CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	4.35	m ³	3.26					x	x	x		3.26	100%	SI			
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	272.44	m ²	272.44		x	x	x	x				272.44	100%	SI			
CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	20.43	m ³	15.32					x	x	x		15.32	100%	SI			

CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	11
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	0
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	11
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	100.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 1: BLOCK A																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 08							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D 9/06	L 10/06	M 11/06	X 12/06	J 13/06	V 14/06	S 15/06				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva	
BLOCK A1																	
CONCRETO ALIGERADO F'c = 175 KG/CM2	16.39	m ³	8.20		x						8.20	100%	SI				

CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	1
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	0
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	1
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	100.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 2: BLOCK B																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 10							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D 28/07	L 29/07	M 30/07	X 31/07	J 1/08	V 2/08	S 3/08				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
BLOCK B2																
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	856.15	m ³	321.06			x					321.06	100%	SI			
CALCULO DE PPC																
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)												1				
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS												0				
ACTIVIDADES PROGRAMADAS												1				
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)												100.00%				
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO																
COD	DESCRIPCION										CANT					
TP	TRABAJO PREVIO										0					
MO	MANO DE OBRA										0					
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES										0					
INF	INFORMACIÓN										0					
PROG	PROGRAMACIÓN										0					
ESP	ESPACIO										0					
EXT	EXTERNO										0					

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 2: BLOCK B																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 11							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D	L	M	X	J	V	S				Observaciones	Medida Correctiva		
				11/08	12/08	13/08	14/08	15/08	16/08	17/08							
BLOCK B2																	
ACERO PLATEA DE CIMENTACION FC = 210 KG/CM2	5918.38	kg	5918.38		x	x	x	x	x		5918.38	100%	SI				
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION FC = 210 KG/CM2	49.38	m ²	49.38					x	x		49.38	100%	SI				
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION FC = 210 KG/CM2	159.06	m ³	159.06						x	x	159.06	100%	SI				
ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	3197.15	kg	3197.15		x	x	x	x	x		3197.15	100%	SI				
ACERO SOBRECIMENTOS	830.58	kg	830.58		x	x	x	x	x		830.58	100%	SI				
ACERO COLUMNAS	2875.97	kg	2875.97		x	x	x	x	x		2875.97	100%	SI				
ACERO MURO DE CORTE	4510.31	kg	4510.31		x	x	x	x	x		4510.31	100%	SI				
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN FC = 175 KG/CM2	37.00	m ²	24.67						x	x	24.67	100%	SI				
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN FC = 210 KG/CM3	94.76	m ²	63.17						x	x	63.17	100%	SI				
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS FC = 175 KG/CM2	234.02	m ²	156.01						x	x	156.01	100%	SI				

CALCULO DE PPC	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)	10
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS	0
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	10
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)	100.00%

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 2: BLOCK B																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 14							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D 1/09	L 2/09	M 3/09	X 4/09	J 5/09	V 6/09	S 7/09				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
BLOCK B2																
FALSO PISO	115.32	m ²	28.83		x						28.83	100%	SI			
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	120.52	m ²	72.31		x	x	x				72.31	100%	SI			
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	132.57	m ²	66.29		x	x	x				66.29	100%	SI			
ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	77.75	m ²	38.88		x	x	x				38.88	100%	SI			
CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	6.34	m ³	3.62		x	x	x	x			3.62	100%	SI			
CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	7.58	m ³	4.33		x	x	x	x			4.33	100%	SI			
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	77.39	m ²	38.70		x	x	x				38.70	100%	SI			
ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	335.65	m ²	167.83		x	x	x				167.83	100%	SI			
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	5.57	m ³	3.18		x	x	x	x			3.18	100%	SI			
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	39.08	m ³	22.33		x	x	x	x			22.33	100%	SI			
ACERO ALIGERADO	927.77	kg	695.83					x	x	x	695.83	100%	SI			
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	270.33	m ²	360.44					x	x	x	360.44	100%	SI			
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2252.00	und	2252.00						x	x	2252.00	100%	SI			
CALCULO DE PPC																
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)												13				
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS												0				
ACTIVIDADES PROGRAMADAS												13				
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)												100.00%				

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 2: BLOCK B																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 15							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D 8/09	L 9/09	M 10/09	X 11/09	J 12/09	V 13/09	S 14/09				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva	
BLOCK B2																	
ACERO ALIGERADO	927.77	kg	231.94		x						231.94	100%	SI				
ENCOFRADO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	270.33	m ²	54.07		x						54.07	100%	SI				
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2252.00	und	750.67		x						750.67	100%	SI				
CONCRETO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	22.77	m ³	22.77			x	x				22.77	100%	SI				
BLOCK B1																	
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	867.55	m ³	433.78					x	x	x	433.78	100%	SI				
CALCULO DE PPC																	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)														5			
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS														0			
ACTIVIDADES PROGRAMADAS														5			
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)														100.00%			

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACIÓN	0
PROG	PROGRAMACIÓN	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 2: BLOCK B																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 16							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D 15/09	L 16/09	M 17/09	X 18/09	J 19/09	V 20/09	S 21/09				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
BLOCK B1																
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	867.55	m ³	433.78		x	x	x				433.78	100%	SI			
ACERO PLATEA DE CIMENTACION FC = 210 KG/CM2	5832.96	kg	4374.72					x	x	x	4374.72	100%	SI			
ACERO VIGAS DE CIMENTACION	3070.23	kg	2302.67					x	x	x	2302.67	100%	SI			
ACERO SOBRECIMENTOS	819.49	kg	614.62					x	x	x	614.62	100%	SI			
ACERO COLUMNAS	3289.43	kg	1973.66					x	x	x	1973.66	100%	SI			
ACERO MURO DE CORTE	4508.90	kg	2705.34					x	x	x	2705.34	100%	SI			
CALCULO DE PPC																
												ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)		6		
												ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS		0		
												ACTIVIDADES PROGRAMADAS		6		
												% DE CUMPLIMIENTO (PPC)		100.00%		

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACION	0
PROG	PROGRAMACION	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																
ETAPA 2: BLOCK B																
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 17							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento SI/NO	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS		
				D	L	M	X	J	V	S				TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				22/09	23/09	24/09	25/09	26/09	27/09	28/09						
BLOCK B1																
ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	5832.96	kg	1458.24		x						1458.24	100%	SI			
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	39.57	m ²	39.57			x	x				39.57	100%	SI			
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	155.50	m ³	155.50					x	x	x	155.50	100%	SI			
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 175 KG/CM2	38.56	m ²	9.64							x	9.64	100%	SI			
ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM3	93.97	m ²	23.49							x	23.49	100%	SI			
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	246.58	m ²	61.65							x	61.65	100%	SI			
CALCULO DE PPC																
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)														6		
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS														0		
ACTIVIDADES PROGRAMADAS														6		
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)														100.00%		

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
COD	DESCRIPCION	CANT
TP	TRABAJO PREVIO	0
MO	MANO DE OBRA	0
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0
INF	INFORMACION	0
PROG	PROGRAMACION	0
ESP	ESPACIO	0
EXT	EXTERNO	0

PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
ETAPA 2: BLOCK B																	
Nombre de tarea	Metrado	Unidad	Metrado planificado	semana 21							Metrado real	% cumplimiento	Cumplimiento	ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO & MEDIDAS CORRECTIVAS			
				D	L	M	X	J	V	S				SI/NO	TIPO	Observaciones	Medida Correctiva
				20/10	21/10	22/10	23/10	24/10	25/10	26/10							
BLOCK B1																	
ENCOFRADO COLUMNAS FC= 175 KG/CM2	87.47	m²	12.50		x						12.50	100%	SI				
ENCOFRADO COLUMNAS FC= 210 KG/CM2	111.24	m²	15.89		x						15.89	100%	SI				
CONCRETO COLUMNAS FC= 175 KG/CM2	4.04	m³	1.35		x	x					1.35	100%	SI				
CONCRETO COLUMNAS FC= 210 KG/CM2	10.60	m³	3.53		x	x					3.53	100%	SI				
ENCOFRADO MURO DE CORTE FC= 175 KG/CM2	118.26	m²	16.89		x						16.89	100%	SI				
ENCOFRADO MURO DE CORTE FC= 210 KG/CM2	231.75	m²	33.11		x						33.11	100%	SI				
CONCRETO MURO DE CORTE FC= 175 KG/CM2	8.27	m³	2.76		x	x					2.76	100%	SI				
CONCRETO MURO DE CORTE FC= 210 KG/CM2	28.92	m³	4.82		x						4.82	100%	SI				
ENCOFRADO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	264.35	m²	132.18		x	x					132.18	100%	SI				
ACERO ALIGERADO	903.75	kg	903.75		x	x	x				903.75	100%	SI				
CONCRETO ALIGERADO FC = 175 KG/CM2	22.27	m³	22.27					x	x		22.27	100%	SI				
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2202.00	und	2202.00			x	x				2202.00	100%	SI				
CALCULO DE PPC																	
ACTIVIDADES CUMPLIDAS (100%)															12		
ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS															0		
ACTIVIDADES PROGRAMADAS															12		
% DE CUMPLIMIENTO (PPC)															100.00%		
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO																	
COD	DESCRIPCION	CANT															
TP	TRABAJO PREVIO	0															
MO	MANO DE OBRA	0															
EQ&MA	EQUIPOS Y MATERIALES	0															
INF	INFORMACIÓN	0															
PROG	PROGRAMACIÓN	0															
ESP	ESPACIO	0															
EXT	EXTERNO	0															

Anexo 11. Desarrollo del Análisis Económico

SEMANA	ACTIVIDADES	Metrado ejecutado	Costo Unitario	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Costo planificado	Costo TOTAL semanal real	Ahorro/Sobrecosto $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificados	días ejecutados sem				
1	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	3638.55	S/. 5.51	S/. 20048.40	5	4	S/. 16038.72	S/. 55415.72	S/. 42393.42	20%
	ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	1414.96	S/. 5.51	S/. 7796.41	4	3	S/. 5847.31			25%
	ACERO SOBRECIMIENTOS	1198.54	S/. 5.51	S/. 6603.97	4	3	S/. 4952.97			25%
	ACERO COLUMNAS	2014.92	S/. 5.51	S/. 11102.21	4	3	S/. 8326.66			25%
	ACERO MURO DE CORTE	1666.35	S/. 5.51	S/. 9181.59	4	3	S/. 6886.19			25%
	ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	21.32	S/. 32.05	S/. 683.15	2	1	S/. 341.57			50%
2	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	1273.49	S/. 5.51	S/. 7016.94	1	1	S/. 7016.94	S/. 126519.06	S/. 100274.17	0%
	ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	943.30	S/. 5.51	S/. 5197.61	2	1	S/. 2598.80			50%
	ACERO SOBRECIMIENTOS	799.03	S/. 5.51	S/. 4402.64	2	1	S/. 2201.32			50%
	ACERO COLUMNAS	1343.28	S/. 5.51	S/. 7401.47	2	1	S/. 3700.74			50%
	ACERO MURO DE CORTE	1110.90	S/. 5.51	S/. 6121.06	2	1	S/. 3060.53			50%
	ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	21.32	S/. 32.05	S/. 683.15	2	1	S/. 341.57			50%
	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	156.40	S/. 400.82	S/. 62688.25	3	3	S/. 62688.25			0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	68.20	S/. 32.05	S/. 2185.68	5	3	S/. 1311.41			40%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	8.52	S/. 408.08	S/. 3476.84	4	2	S/. 1738.42			50%
	ENCOFRADO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	517.00	S/. 32.05	S/. 16569.85	5	3	S/. 9941.91			40%
	CONCRETO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	19.39	S/. 408.08	S/. 7910.63	4	2	S/. 3955.32			50%
EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	380.47	S/. 7.53	S/. 2864.94	5	3	S/. 1718.96	40%			
3	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	68.20	S/. 32.05	S/. 2185.68	2	3	S/. 3278.52	S/. 131658.01	S/. 109201.76	-50%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	4.26	S/. 408.08	S/. 1738.42	4	2	S/. 869.21			50%
	ENCOFRADO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	206.80	S/. 32.05	S/. 6627.94	2	2	S/. 6627.94			0%
	CONCRETO SOBRECIMIENTOS F'C = 175 KG/CM2	15.51	S/. 408.08	S/. 6328.50	4	2	S/. 3164.25			50%
	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	385.02	S/. 48.81	S/. 18792.83	8	5	S/. 11745.52			38%
	FALSO PISO	210.01	S/. 39.64	S/. 8324.88	3	3	S/. 8324.88			0%
	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	4311.10	S/. 5.51	S/. 23754.16	6	5	S/. 19795.13			17%
	ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	1915.54	S/. 5.51	S/. 10554.63	5	4	S/. 8443.70			20%
	ACERO SOBRECIMIENTOS	938.22	S/. 5.51	S/. 5169.59	5	4	S/. 4135.67			20%
	ACERO COLUMNAS	2285.22	S/. 5.51	S/. 12591.56	5	4	S/. 10073.25			20%
	ACERO MURO DE CORTE	2582.70	S/. 5.51	S/. 14230.68	5	4	S/. 11384.54			20%
ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	5.55	S/. 32.05	S/. 177.81	1	1	S/. 177.81	0%			
CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	52.85	S/. 400.82	S/. 21181.33	1	1	S/. 21181.33	0%			

SEMANA	ACTIVIDADES	Metrado ejecutado	Costo Unitario	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Costo planificado	Costo TOTAL semanal real	Ahorro/Sobrecosto $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificados	días ejecutados sem				
4	FALSO PISO	140.01	S/. 39.64	S/. 5549.92	2	2	S/. 5549.92	S/. 89273.45	S/. 91499.64	0%
	ASENTADO DE MUROS PORTANTES	353.91	S/. 95.81	S/. 33908.12	4	5	S/. 42385.15			-25%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	131.68	S/. 32.05	S/. 4220.45	2	2	S/. 4220.45			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	133.69	S/. 32.05	S/. 4284.66	2	2	S/. 4284.66			0%
	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	52.85	S/. 400.82	S/. 21181.33	1	1	S/. 21181.33			0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	47.93	S/. 32.05	S/. 1536.16	5	4	S/. 1228.93			20%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	34.77	S/. 32.05	S/. 1114.38	5	4	S/. 891.50			20%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	2.69	S/. 408.08	S/. 1098.76	6	3	S/. 549.38			50%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	3.26	S/. 427.64	S/. 1395.18	6	3	S/. 697.59			50%
	ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	272.44	S/. 32.05	S/. 8731.70	6	4	S/. 5821.13			33%
	CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	15.32	S/. 408.08	S/. 6252.81	4	3	S/. 4689.60			25%
5	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	263.37	S/. 32.05	S/. 8440.90	4	4	S/. 8440.90	S/. 72538.29	S/. 69178.87	0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	267.37	S/. 32.05	S/. 8569.32	4	4	S/. 8569.32			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	26.09	S/. 393.73	S/. 10271.43	6	5	S/. 8559.53			17%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	37.14	S/. 469.62	S/. 17440.51	6	5	S/. 14533.76			17%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	0.90	S/. 408.08	S/. 366.25	2	1	S/. 183.13			50%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	1.09	S/. 427.64	S/. 465.06	2	1	S/. 232.53			50%
	CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	5.11	S/. 408.08	S/. 2084.27	1	1	S/. 2084.27			0%
	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	185.91	S/. 48.81	S/. 9074.27	4	4	S/. 9074.27			0%
	FALSO PISO	126.76	S/. 39.64	S/. 5024.67	3	4	S/. 6699.56			-33%
ASENTADO DE MUROS PORTANTES	112.74	S/. 95.81	S/. 10801.62	3	3	S/. 10801.62	0%			
6	ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	261.63	S/. 32.05	S/. 8385.08	5	6	S/. 10062.10	S/. 40552.69	S/. 39829.35	-20%
	COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2615.00	S/. 3.60	S/. 9414.00	5	5	S/. 9414.00			0%
	ASENTADO DE MUROS PORTANTES	37.58	S/. 95.81	S/. 3600.54	3	1	S/. 1200.18			67%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	133.95	S/. 32.05	S/. 4293.10	5	5	S/. 4293.10			0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	39.00	S/. 32.05	S/. 1249.95	5	5	S/. 1249.95			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	2.15	S/. 393.73	S/. 845.54	1	1	S/. 845.54			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	1.00	S/. 468.23	S/. 469.40	1	1	S/. 469.40			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	218.99	S/. 32.05	S/. 7018.68	5	5	S/. 7018.68			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	66.72	S/. 32.05	S/. 2138.27	5	5	S/. 2138.27			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	4.93	S/. 469.62	S/. 2314.05	1	1	S/. 2314.05			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	1.76	S/. 468.23	S/. 824.08	1	1	S/. 824.08			0%

SEMANA	ACTIVIDADES	Metrado ejecutado	Costo Unitario	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real = $\frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Costo planificado	Costo TOTAL semanal real	Ahorro/Sobrecosto = $\frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}}$ %
					días planificados	días ejecutados sem				
7	CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	26.45	S/. 411.53	S/. 10884.97	2	2	S/. 10884.97	S/. 47247.94	S/. 43735.56	0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	53.58	S/. 32.05	S/. 1717.24	0	1	S/. 0.00			100%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	15.60	S/. 32.05	S/. 499.98	0	1	S/. 0.00			100%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	6.44	S/. 393.73	S/. 2536.61	5	3	S/. 1521.96			40%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	3.01	S/. 468.23	S/. 1408.20	5	3	S/. 844.92			40%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	87.60	S/. 32.05	S/. 2807.47	0	1	S/. 0.00			100%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	26.69	S/. 32.05	S/. 855.31	0	1	S/. 0.00			100%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	14.78	S/. 469.62	S/. 6942.16	5	3	S/. 4165.29			40%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	5.28	S/. 468.23	S/. 2472.25	5	3	S/. 1483.35			40%
	ACERO ALIGERADO	517.54	S/. 5.51	S/. 2851.62	4	5	S/. 3564.53			-25%
	ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	194.51	S/. 32.05	S/. 6234.05	4	4	S/. 6234.05			0%
	COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	1296.00	S/. 3.60	S/. 4665.60	2	5	S/. 11664.00			-150%
CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	8.20	S/. 411.53	S/. 3372.49	1	1	S/. 3372.49	0%			
8	CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM3	8.20	S/. 411.53	S/. 3372.49	1	1	S/. 3372.49	S/. 3372.49	S/. 3372.49	0%
9	EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	535.09	S/. 7.53	S/. 4029.25	4	6	S/. 6043.88	S/. 4029.25	S/. 6043.88	-50%
10	EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	321.06	S/. 7.53	S/. 2417.55	1	1	S/. 2417.55	S/. 2417.55	S/. 2417.55	0%
11	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	5918.38	S/. 5.51	S/. 32610.27	6	5	S/. 27175.23	S/. 168654.03	S/. 129160.52	17%
	ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	49.38	S/. 32.05	S/. 1582.63	1	2	S/. 3165.26			-100%
	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	159.06	S/. 400.82	S/. 63754.43	3	2	S/. 42502.95			33%
	ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	3197.15	S/. 5.51	S/. 17616.30	6	5	S/. 14680.25			17%
	ACERO SOBRECIMENTOS	830.58	S/. 5.51	S/. 4576.50	6	5	S/. 3813.75			17%
	ACERO COLUMNAS	2875.97	S/. 5.51	S/. 15846.59	6	5	S/. 13205.50			17%
	ACERO MURO DE CORTE	4510.31	S/. 5.51	S/. 24851.81	6	5	S/. 20709.84			17%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	24.67	S/. 32.05	S/. 790.57	4	2	S/. 395.28			50%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	63.17	S/. 32.05	S/. 2024.71	4	2	S/. 1012.35			50%
ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	156.01	S/. 32.05	S/. 5000.23	4	2	S/. 2500.11	50%			
12	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	12.33	S/. 32.05	S/. 395.28	1	1	S/. 395.28	S/. 15879.62	S/. 18586.59	0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM3	31.59	S/. 32.05	S/. 1012.35	1	1	S/. 1012.35			0%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 175 KG/CM2	2.22	S/. 408.08	S/. 907.57	4	5	S/. 1134.46			-25%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACIÓN F'C = 210 KG/CM2	9.80	S/. 427.64	S/. 4190.87	4	5	S/. 5238.59			-25%
	ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	58.51	S/. 32.05	S/. 1875.09	1	1	S/. 1875.09			0%
	CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	14.04	S/. 408.08	S/. 5729.44	4	5	S/. 7161.80			-25%
	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	36.24	S/. 48.81	S/. 1769.01	2	2	S/. 1769.01			0%

SEMANA	ACTIVIDADES	Metrado ejecutado	Costo Unitario	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real $= \frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Costo planificado	Costo TOTAL semanal real	Ahorro/Sobrecosto $= \frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}} \%$
					días planificados	días ejecutados sem				
13	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	90.61	S/. 48.81	S/. 4422.53	3	5	S/. 7370.89	S/. 46581.62	S/. 49529.98	-67%
	FALSO PISO	86.49	S/. 39.64	S/. 3428.46	3	3	S/. 3428.46			0%
	ASENTADO DE MUROS PORTANTES	60.26	S/. 95.81	S/. 5773.51	2	2	S/. 5773.51			0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	99.43	S/. 32.05	S/. 3186.65	4	4	S/. 3186.65			0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	58.31	S/. 32.05	S/. 1868.92	4	4	S/. 1868.92			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	4.23	S/. 393.73	S/. 1664.17	3	3	S/. 1664.17			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	5.05	S/. 468.23	S/. 2366.12	3	3	S/. 2366.12			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	58.04	S/. 32.05	S/. 1860.26	4	4	S/. 1860.26			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	251.74	S/. 32.05	S/. 8068.19	4	4	S/. 8068.19			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	3.71	S/. 469.62	S/. 1743.86	3	3	S/. 1743.86			0%
CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	26.05	S/. 468.23	S/. 12198.95	3	3	S/. 12198.95	0%			
14	FALSO PISO	28.83	S/. 39.64	S/. 1142.82	1	1	S/. 1142.82	S/. 56959.20	S/. 61714.45	0%
	ASENTADO DE MUROS PORTANTES	72.31	S/. 95.81	S/. 6928.21	2	3	S/. 10392.32			-50%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	66.29	S/. 32.05	S/. 2124.43	2	2	S/. 2124.43			0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	38.88	S/. 32.05	S/. 1245.94	2	2	S/. 1245.94			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	3.62	S/. 393.73	S/. 1426.43	3	4	S/. 1901.90			-33%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	4.33	S/. 468.23	S/. 2028.10	3	4	S/. 2704.14			-33%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	38.70	S/. 32.05	S/. 1240.17	2	2	S/. 1240.17			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	167.83	S/. 32.05	S/. 5378.79	2	2	S/. 5378.79			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	3.18	S/. 469.62	S/. 1494.73	3	4	S/. 1992.98			-33%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	22.33	S/. 468.23	S/. 10456.24	3	4	S/. 13941.66			-33%
ACERO ALIGERADO	695.83	S/. 5.51	S/. 3834.01	5	3	S/. 2300.41	40%			
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	360.44	S/. 32.05	S/. 11552.10	5	4	S/. 9241.68	20%			
COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	2252.00	S/. 3.60	S/. 8107.20	2	2	S/. 8107.20	0%			
15	ACERO ALIGERADO	231.94	S/. 5.51	S/. 1278.00	1	1	S/. 1278.00	S/. 18350.09	S/. 18350.09	0%
	ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	54.07	S/. 32.05	S/. 1732.82	1	1	S/. 1732.82			0%
	COLOCACIÓN DE LADRILLO DE TECHO	750.67	S/. 3.60	S/. 2702.40	1	1	S/. 2702.40			0%
	CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	22.77	S/. 411.53	S/. 9370.54	2	2	S/. 9370.54			0%
	EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	433.78	S/. 7.53	S/. 3266.33	3	3	S/. 3266.33			0%
16	EXCAVACIONES PLATEA DE CIMENTACION	433.78	S/. 7.53	S/. 3266.33	3	3	S/. 3266.33	S/. 69226.59	S/. 66797.60	0%
	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	4374.72	S/. 5.51	S/. 24104.71	3	4	S/. 32139.61			-33%
	ACERO VIGAS DE CIMENTACIÓN	2302.67	S/. 5.51	S/. 12687.73	4	3	S/. 9515.79			25%
	ACERO SOBRECIMENTOS	614.62	S/. 5.51	S/. 3386.54	4	3	S/. 2539.91			25%
	ACERO COLUMNAS	1973.66	S/. 5.51	S/. 10874.86	4	3	S/. 8156.14			25%
	ACERO MURO DE CORTE	2705.34	S/. 5.51	S/. 14906.42	4	3	S/. 11179.82			25%

SEMANA	ACTIVIDADES	Metrado ejecutado	Costo Unitario	Costo	PROGRAMACIÓN		Costo real = $\frac{\text{días reales} \times \text{costo}}{\text{días planificados}}$	Costo planificado	Costo TOTAL semanal real	Ahorro/Sobrecosto = $\frac{\text{costo} - \text{costo real}}{\text{costo}}$ %
					días planificados	días ejecutados sem				
17	ACERO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	1458.24	S/. 5.51	S/. 8034.90	1	1	S/. 8034.90	S/. 74060.73	S/. 73637.99	0%
	ENCOFRADO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	39.57	S/. 32.05	S/. 1268.22	3	2	S/. 845.48			33%
	CONCRETO PLATEA DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	155.50	S/. 400.82	S/. 62327.51	3	3	S/. 62327.51			0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 175 KG/CM2	7.71	S/. 32.05	S/. 247.17	1	1	S/. 247.17			0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM3	18.79	S/. 32.05	S/. 602.35	1	1	S/. 602.35			0%
	ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	49.32	S/. 32.05	S/. 1580.58	1	1	S/. 1580.58			0%
18	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 175 KG/CM2	30.85	S/. 32.05	S/. 988.68	4	4	S/. 988.68	S/. 31403.17	S/. 29110.90	0%
	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM3	75.18	S/. 32.05	S/. 2409.39	4	4	S/. 2409.39			0%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 175 KG/CM2	2.89	S/. 408.08	S/. 1179.35	6	5	S/. 982.79			17%
	CONCRETO VIGAS DE CIMENTACION F'C = 210 KG/CM2	11.75	S/. 427.64	S/. 5024.77	6	5	S/. 4187.31			17%
	ENCOFRADO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	197.26	S/. 32.05	S/. 6322.31	4	4	S/. 6322.31			0%
	CONCRETO SOBRECIMENTOS F'C = 175 KG/CM2	18.50	S/. 408.08	S/. 7549.48	6	5	S/. 6291.23			17%
	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	162.45	S/. 48.81	S/. 7929.18	1	1	S/. 7929.18			0%
19	RELLENO Y COMPACTADO CON ARENA FINA	116.04	S/. 48.81	S/. 5663.70	5	5	S/. 5663.70	S/. 10054.23	S/. 12249.49	0%
	FALSO PISO	110.76	S/. 39.64	S/. 4390.53	2	3	S/. 6585.79			-50%
20	FALSO PISO	88.61	S/. 39.64	S/. 3512.42	3	3	S/. 3512.42	S/. 42928.21	S/. 44065.47	0%
	ASENTADO DE MUROS PORTANTES	125.67	S/. 95.81	S/. 12040.44	5	5	S/. 12040.44			0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	62.48	S/. 32.05	S/. 2002.44	4	5	S/. 2503.05			-25%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	79.46	S/. 32.05	S/. 2546.60	4	5	S/. 3183.25			-25%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	2.02	S/. 393.73	S/. 795.33	3	3	S/. 795.33			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	5.30	S/. 468.23	S/. 2481.62	3	3	S/. 2481.62			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	84.47	S/. 32.05	S/. 2707.31	5	5	S/. 2707.31			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	165.54	S/. 32.05	S/. 5305.42	5	5	S/. 5305.42			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	4.14	S/. 469.62	S/. 1941.88	3	3	S/. 1941.88			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	14.46	S/. 468.23	S/. 6770.61	3	3	S/. 6770.61			0%
ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	88.12	S/. 32.05	S/. 2824.14	1	1	S/. 2824.14	0%			
21	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	12.50	S/. 32.05	S/. 400.49	1	1	S/. 400.49	S/. 34556.29	S/. 34556.29	0%
	ENCOFRADO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	15.89	S/. 32.05	S/. 509.32	1	1	S/. 509.32			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 175 KG/CM2	1.35	S/. 393.73	S/. 530.22	2	2	S/. 530.22			0%
	CONCRETO COLUMNAS F'C= 210 KG/CM2	3.53	S/. 468.23	S/. 1654.41	2	2	S/. 1654.41			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	16.89	S/. 32.05	S/. 541.46	1	1	S/. 541.46			0%
	ENCOFRADO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	33.11	S/. 32.05	S/. 1061.08	1	1	S/. 1061.08			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 175 KG/CM2	2.76	S/. 469.62	S/. 1294.59	2	2	S/. 1294.59			0%
	CONCRETO MURO DE CORTE F'C= 210 KG/CM2	4.82	S/. 468.23	S/. 2256.87	1	1	S/. 2256.87			0%
	ENCOFRADO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	132.18	S/. 32.05	S/. 4236.21	2	2	S/. 4236.21			0%
	ACERO ALIGERADO	903.75	S/. 5.51	S/. 4979.66	3	3	S/. 4979.66			0%
	CONCRETO ALIGERADO F'C = 175 KG/CM2	22.27	S/. 411.53	S/. 9164.77	2	2	S/. 9164.77			0%
	COLOCACION DE LADRILLO DE TECHO	2202.00	S/. 3.60	S/. 7927.20	2	2	S/. 7927.20			0%

Anexo 12. Análisis de Precios Unitarios de la investigación

EXCAVACIÓN MASIVA PARA PLATEA DE CIMENTACION							
Rendimiento	m3/DIA	8 hrs	MO. 200.00	EQ. 200.00	Costo unitario directo	pc	7.53
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0040	36.06	0.14	
	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	12.40	0.50	
	PEON	hh	3.0000	0.1200	10.49	1.26	
	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	hh	1.0000	0.0400	18.82	0.75	
						2.65	
Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.65	0.08	
	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	1.0000	0.0400	120.00	4.8	
						4.88	

Partida PLATEA DE CIMENTACION.- CONCRETO F'C=210 KG/CM2							
Rendimiento	m3/DIA	8 hrs	MO. 20.00	EQ. 20.00	Costo unitario directo	pc	400.82
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0400	36.06	1.44	
	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	18.82	7.53	
	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	12.40	9.92	
	PEON	hh	13.0000	5.2000	10.49	54.55	
						73.44	
Materiales							
	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1000	18.20	1.82	
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m3		0.7600	72.00	54.72	
	ARENA GRUESA	m3		0.5100	44.00	22.44	
	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		8.5000	28.40	241.40	
						320.38	
Equipos							
	VIBRADOR DE CONCRETO	hm	1.0000	0.4000	6.00	2.40	
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	73.44	2.20	
	MEZCLADORA DE CONCRETO (TAMBOR) 7	hm	1.0000	0.4000	6.00	2.40	
						7.00	

Partida PLATEA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO							
Rendimiento	m2/DIA	8 hrs	MO. 12.00	EQ. 12.00	Costo unitario directo	pc	32.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales							
	PETROLEO D-2	gal		0.0350	18.20	0.64	
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2000	5.59	1.12	
	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg		0.1500	6.16	0.92	
	MADERA TORNILLO	p2		0.8333	7.60	6.33	
						9.01	
Subcontratos							
	SC. MO. DE ENCOFRADO DE LOSA DE CIMI	m2		1.0000	23.04	23.04	
						23.04	

Partida		VIGAS DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					
Rendimiento	8 hrs	MO. 12.00	EQ. 12.00	Costo unitario directo		pc	32.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales							
	PETROLEO D-2	gal		0.0350	18.20	0.64	
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2000	5.59	1.12	
	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg		0.1500	6.16	0.92	
	MADERA TORNILLO	p2		0.8333	7.60	6.33	
						9.01	
Subcontratos							
	SC. MO. ENCOFRADO DE ELEMENTOS EST	m2		1.0000	23.04	23.04	
						23.04	

Partida		VIGAS DE CIMENTACION.- ACERO FY=4200 KG/CM2					
Rendimiento	8 hrs	MO. 225.00	EQ. 225.00	Costo unitario directo		pc	5.51
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales							
	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0200	5.59	0.11	
	ACERO	kg		1.0700	3.87	4.14	
						4.25	
Subcontratos							
	SC. MO. HABILITACIÓN Y COLOCACION D	m2		1.0000	1.26	1.26	
						1.26	

Partida		SOBRECIMIENTO.- CONCRETO F'C= 175 KG/CM2					
Rendimiento	8 hrs	MO. 12.00	EQ. 12.00	Costo unitario directo		pc	408.08
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	36.06	2.40	
	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	18.82	12.55	
	OFICIAL	hh	2.0000	1.3333	12.40	16.53	
	PEON	hh	10.0000	6.6667	10.49	69.93	
						101.42	
Materiales							
	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1000	18.20	1.82	
	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"	m3		0.7800	72.00	56.16	
	ARENA GRUESA	m3		0.5600	44.00	24.64	
	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		7.5000	28.40	213.00	
						295.62	
Equipos							
	VIBRADOR DE CONCRETO	hm	1.0000	0.6667	6.00	4.00	
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	101.42	3.04	
	MEZCLADORA DE CONCRETO (TAMBOR) 7	hm	1.0000	0.6667	6.00	4.00	
						11.04	

Anexo 13. Certificado de participación del Programa de Especialización en Lean Construction







CERTIFICADO

OTORGADO A:

ANA MICAELA YONG BARTOLINI

Por haber participado y aprobado el programa de especialización:

“LEAN CONSTRUCTION”

El programa de especialización se cursó del 10 de septiembre al 05 de octubre del 2024, con una duración de **150 horas académicas.**



QR de Certificado
Código Único: LEANI24CT29

 
Leonardo R. Arias Limaylla
Gerente General
Netram Consultores

 
Ambar Y. Lazaro Artica
Director Académico
Netram Consultores

Programa: Lean Construction

Ponente: Ing. Hazel Estremadoyro Sifuentes **CIP:** 137698

Identificación del alumno: 71850849

Nota del programa: 19/20

Horas académicas: 150

TEMARIO

- Introducción y fundamentos de la filosofía lean construction.
- Principios de la filosofía lean construction.
- Planificación y control de proyectos tradicionales.
- Mapas de procesos.
- Sistema last planner (LPS).
- Herramientas lean básicas.
- Otras herramientas lean.
- Building information modeling.



QR de Certificado
Código Único: LEANI24CT29